



01059  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO 2

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

CAPTURA DE CARBONO: UN ESTUDIO EN  
EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE,  
TLAXCALA-PUEBLA

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN GEOGRAFÍA  
PRESENTA:  
ANA ELISA PEÑA DEL VALLE ISLA

DIRECTOR DE TESIS: DRA. MARÍA DE LOURDES VILLERS RUÍZ

MÉXICO, D.F.

2003

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

Para Ana

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Ana Elisa Peña del Valle Tola

FECHA: 18 nov 2003

FIRMA: Ana Elisa Peña del Valle

TEXIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El periodo durante la cual realicé mis estudios de maestría y elaboré esta tesis, ha sido uno de los más fructíferos y alegres de mi vida. En el conocí a mucha gente valiosa y tuve acceso a información que amplió y enriqueció mi punto de vista. Ahora, que considero en retrospectiva todo el esfuerzo realizado, deseo agradecer a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado compartiendo esfuerzos y apoyándose en la realización del presente trabajo.

En primer lugar doy las gracias a la Dra. Ma. de Lourdes Villers, mi directora de tesis, en quien encontré a una guía comprometida, entusiasta y comprensiva hacia mis ideas e iniciativas. A ella le agradezco su gran disposición y empeño por mejorar mi formación académica y concretar mi esfuerzo en un trabajo riguroso y completo. De igual manera, la cotutoría recibida por el Dr. Raúl García Barrios fue muy acertada y enriquecedora. A través de las lecturas sugeridas y de sus comentarios me ayudó a conformar un enfoque crítico para discutir y concluir los resultados de mi trabajo. Así mismo agradezco el esfuerzo y tiempo dedicado por mis revisores de tesis: El Dr. Omar Masera quien hizo valiosas correcciones y observaciones sobre los cálculos de carbono; la Dra. Eliane Ceccon que realizó una revisión de la tesis oportuna y propositiva, y la Dra. Isabel Ramírez a quien aprecio mucho y que gracias a la dedicación con la que revisó mi trabajo, pude integrar los cálculos de carbono realizados en mi trabajo con el contexto social de la zona. También le agradezco su interés en mejorar los mapas.

Al mismo tiempo reconozco el esfuerzo y ayuda del Biol. Antonio Benjamin Ordóñez, quien me dejó impresionada por su hospitalidad y disposición para proporcionarme, en todo momento, una guía técnica sobre las estimaciones de biomasa y carbono; igualmente, del Dr. Jorge López Blanco, a quien deseo agradecer todas aquellas veces que nos acompañó al campo y por su asesoría en el manejo de las fotografías aéreas y en el uso del SIG.

El apoyo recibido por parte de la Coordinación de Ecología del estado de Tlaxcala y por la Delegación de la SEMARNAT en Tlaxcala fue invaluable. El Biol. Roberto Acosta, el Ing. Miguel Salinas y el Biol. Juan Carlos López, nos proporcionaron todo su apoyo en las visitas a la Malinche y nos facilitaron información sobre las actividades de extracción realizadas en el Parque y el Programa Integral de Manejo del Parque Nacional la Malinche, como de todo el personal trabajando en las casetas forestales. De mismo modo lo fue el apoyo recibido por el Lic Miguel Angel Ocampo Hernández, Delegado Federal en Tlaxcala SEMARNAT y de la Lic. Laura García Monsreal, quienes no escatimaron esfuerzos en proporcionarnos su ayuda y apoyo para conseguir gente y transporte durante los muestreos de campo. Agradezco a SECODUVI-Tlaxcala por facilitarnos las fotografías aéreas para realizar la fotointerpretación.

El trabajo de campo requirió de un esfuerzo sostenido por muchos meses. Creo necesario mencionar agradecer a todas aquellas personas que, haciendo a un lado las molestias de trabajar en el campo, me acompañaron en alguna de las salidas realizadas y me ayudaron en el registro de datos, ellos son; José Antonio Santiago, Miguel Hernández, Armando Baltazar, Adolfo Vital, Itzia Calixto, Pere Sunyer, Gustavo Guzmán, Ivette Galicia, Luguí Sortibrand, Fernanda Higareda, Cesar Higareda, Andrea López, Alejandra Solórsano, Oscar Bravo, Pedro Montes, Efraín García, Bernardo Soto, Gonzalo Madero, Fabiola Rojas, Julio Wong, Ariadna Flores, Mónica Espinosa, Genaro, Silvia Zúñiga, Amparo García. De igual manera a los chicos del ITA y a los chicos de la Escuela de Agrobiología de la UAT que hicieron su servicio social con nosotros, en especial a Osvaldo, Gandhi, Ubaldo, Moisés, Juan Carlos, y Kari.

En una ocasión leí que la elaboración de una tesis es un trabajo solitario, lo cual podría ser totalmente cierto sino se contara con aquellas personas que nos hacen recordar las cosas realmente sustanciales de la vida. Entre ellos está mi familia en donde siempre encuentro refugio y sostén en momentos de desaliento: mi papá y Sydna a quienes quiero enormemente, a mi abuelita quien

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

merece una mención especial por su espera en tantos momentos en los que no pude estar con ella y mi hermana Beatriz a quien quiero mucho y le reconozco su solidaridad y cariño. De igual forma mis amigos fueron una parte importante en hacer tan agradable este período de estudio. Gracias a ellos mantuve una actitud fuerte y animosa. Las pláticas interminables con mis compañeros y amigos de la maestría, las fiestas, el viaje a Nayarit; todos esos recuerdos se los debo a: Oscar, José Antonio, Edith, Feliza, Flor, David y Rafa, en lugar especial están Oscarito, Maritza y Marcochi, amigos comprometidos, en quienes encontré a insuperables confidentes y consejeros; a mis amigos del Instituto de Geografía: Verónica, Pedro, Isabel, Efraín, Hugo, Bernardo, Gonzalo, Jean Francois, Agustín, Irma, Toño y Pere, quien no trabaja en el IGg, pero no importa, muchas gracias. Entre ellos una persona muy importante fue Héctor Mendoza, que me introdujo a un mundo precioso de mapas y lecturas, y que a pesar de su extraña manera de quererme, indudablemente hizo de mí una mejor persona. Igual de agradables y restauradoras fueron las comidas, el cine y el cafecito con mis queridos amigos de siempre: José Antonio "Bulletman", Ivette, Lugui, Fernanda, Charly y Rocío.

Por último, gracias al Ladrón de orquídeas y a George Romero y sus pequeñas historias de terror, también muchas gracias a Lugui por haber llegado tarde a la Cineteca; por ellos, encontré a un amigo muy especial, mi querido novio Emilio, ser inexplicablemente maravilloso y gore, quien continuamente me inspira a sobrepasar mis propias limitaciones y con quien he comprendido la belleza íntima de las cosas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1.- EL MERCADO DE COMPENSACIONES DE CARBONO</b> .....	<b>9</b>
1.1 LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	9
1.2 CAPITALIZACIÓN DE LA NATURALEZA .....	11
1.3 EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO.....	14
1.4 LA PROMOCIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE .....	16
<b>CAPÍTULO 2.- BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 POLÍTICA AMBIENTAL EN MÉXICO PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	18
2.2 EL USO DE LOS RECURSOS FORESTALES.....	19
2.3 POLÍTICAS FORESTALES EN MÉXICO .....	21
2.4 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LOS PROYECTOS DE CAPTURA DE CARBONO .....	24
<b>CAPÍTULO 3.- EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE</b> .....	<b>26</b>
3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS .....	26
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIO FÍSICO Y DE LA VEGETACIÓN .....	28
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS COMUNIDADES. ....	30
3.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS .....	34
3.4.1 <i>El Aprovechamiento agropecuario</i> .....	36
3.4.2 <i>El Aprovechamiento forestal</i> .....	37
3.5 TENENCIA DE LA TIERRA Y USO DEL SUELO EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE .....	39
<b>CAPÍTULO 4.- CAPTURA DE CARBONO EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE</b> .....	<b>41</b>
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA FOTOINTERPRETACIÓN .....	41
4.2 METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y LA ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO.....	43
4.2.1 <i>Diseño del muestreo y trabajo de campo</i> .....	43
4.2.2 <i>Empleo de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa aérea</i> .....	45
4.3 COMPOSICIÓN, DENSIDAD Y ESTRUCTURA DEL ÁREA FORESTAL DE LA MALINCHE .....	46
4.3 CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO .....	51
4.4 LÍNEA BASE Y ALMACENAMIENTO ACTUAL DE CARBONO EN LA MALINCHE .....	56
4.5 LA EXTENSIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS FORESTALES EN LA MALINCHE.....	59
4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	64
4.6.1 <i>Estimación de la biomasa y del contenido de carbono en el Parque Nacional la Malinche</i> .....	64
4.6.2 <i>Viabilidad para proyectos MDL en áreas forestales de México</i> .....	67

4.6.3 Oportunidad para proyectos MDL en el Parque Nacional la Malinche.....	69
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN

Los bosques del volcán la Malinche, según se narra en las crónicas del siglo XVI, eran una majestuosa cubierta homogénea compuesta por especies de pino, oyamel y encino que inspiraron entre los habitantes de los alrededores el nombre de Matlalcueye, “la de las faldas azules”. Desde entonces han pasado más de 500 años, durante los cuales la forma de aprovechar los recursos del bosque ha evolucionado de acuerdo a diferentes valoraciones culturales, sociales, económicas y políticas. En la actualidad, los recursos forestales de la Malinche continúan siendo un complemento substancial para el ingreso económico de la mayoría de los 39.162 habitantes de esa región (INEGI, 2000). De los bosques de la Malinche se extrae leña, carbón, madera para fabricar vigas, tablas y morillos, ocoxal, tierra de monte, hongos comestibles, forraje, plantas medicinales, aromáticas y de ornato. Aunado a estos bienes, los bosques de la Malinche tienen el potencial de proporcionar a sus usuarios, poseedores y demás población, ciertos servicios ambientales esenciales, como son la captación de agua, la conservación del suelo y de la biodiversidad, entre muchos otros. De todos ellos, resulta de interés para este estudio la regulación del ciclo del carbono por los bosques y su capacidad para almacenar carbono atmosférico en la biomasa vegetal.

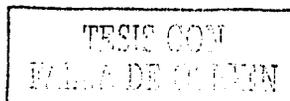
La promoción de los bienes y servicios ambientales que produce un bosque ha sido el punto clave para relacionar la conservación y el manejo de áreas forestales naturales, como las que posee la Malinche. El mercado ambiental internacional se ha fortalecido a partir del acuerdo de reducción de emisiones de carbono, propuesto en el Protocolo de Kioto en 1997, y de la creación de los mecanismos de mitigación al cambio climático bajo el auspicio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Esta situación tuvo su origen en la problemática ambiental global creada por las naciones industrializadas que, a lo largo de 250 años, han modificado los modos de producción y acelerado el cambio de uso de suelo para alcanzar lo que consideraban un estado de desarrollo y progreso. El resultado directo de un cambio inadecuado de uso de suelo fue el incremento de gases tipo invernadero y la reducción de los reservorios naturales de carbono, lo cual ha dado lugar a la situación que actualmente se conoce como cambio climático.

La compra-venta de compensaciones de carbono dentro del marco normativo del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) constituye uno de los mecanismos de mitigación al cambio climático propuestos en el Protocolo de Kioto que tiene mayor relevancia para los países en vías de

desarrollo. En el MDL se estipula que los agentes emisores de provenientes de los países industrializados podrán cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones financiando proyectos de manejo forestal certificados en países en vías de desarrollo (Goldemberg, 1998; Masera *et al.*, 2001). Para estos países, el principal atractivo del MDL se refiere al aprovechamiento de un servicio ambiental, como sería la captura de carbono atmosférico, para ofrecer opciones de mitigación a los efectos adversos del cambio climático y obtener, por parte de los países desarrollados, asistencia financiera, inversiones, transferencia de tecnología, entre otros beneficios y apoyos. En este caso, los dueños de los bosques recibirían una cuota de compensación por el servicio ambiental que generan al mantener el uso forestal del terreno, además de cuidar el bosque y aumentar su capacidad de captura de carbono. Para ello se incluyen en este caso sólo proyectos de aforestación y de reforestación de acuerdo a la séptima Conferencia de Partes (COP-7), reunión anual de los países miembros de la Convención, celebrada para el año de 2001 en Marrakesh. Sin embargo, la compra-venta de compensaciones de carbono dentro del MDL es un mecanismo complejo que involucra diversas condicionantes y requerimientos, desde metodologías claras y verificables para estimar el contenido y potencial de captura, hasta derechos de propiedad definidos, preparación técnica, capital, verificaciones y regulaciones nacionales y extranjeras, y certificaciones que aseguren una efectividad real.

México presenta condiciones naturales propicias para llevar a cabo acciones de mitigación bajo el enfoque del MDL. De las 197 millones de hectáreas que componen la superficie del país, el 25% (50 millones de ha) está cubierta por bosques y selvas (Masera, *et al.*, 1997) además de que el 72% del territorio tiene potencial forestal (PNAC, 1999). Dichas áreas boscosas se encuentran en su mayoría bajo un régimen de propiedad social y constituyen el sustento de millones de campesinos, muchos de los cuales poseen el conocimiento y experiencia acumulados a través de siglos de evolución cultural y biológica. Dentro de este contexto, el manejo forestal necesariamente responde a condiciones locales y por tanto, antes de implementar cualquier proyecto forestal, como aquellos propuestos en el MDL, habrá que incorporar los usos relacionados con el bosque, su gestión y las políticas locales para lograr una adecuada valoración del recurso.

El estudio realizado en este trabajo se llevó a cabo en el Parque Nacional La Malinche, un área natural protegida localizada en la parte central de México, cuya extensión abarca 45,117 hectáreas, correspondiendo 33,032 ha al estado de Tlaxcala (72%) y 12,679 ha (28%) al estado de Puebla. El Parque abarca el área montañosa del volcán de la Malinche, el cual tiene una elevación



de 4,641msnm y esta cubierto por más de 23,000 ha de bosques templados. Las comunidades vegetales predominantes son bosques de coníferas (*Pinus spp* y *Abies religiosa*), bosques de latifoliadas (*Quercus spp*), y bosques mixtos de coníferas y latifoliadas. En las laderas inferiores predominan superficies agrícolas de temporal con cultivos de maíz y frijol principalmente, y pequeñas superficies de riego con magueyes y frutales.

A pesar de que las áreas naturales protegidas se encuentran excluidas de las negociaciones de Kioto, el caso particular de las áreas naturales protegidas en México se caracteriza por que las comunidades locales llevan a cabo prácticas productivas que inciden de manera directa sobre el manejo de los recursos naturales. Esto hace necesario tomarlas en cuenta para el diseño de futuros planes y políticas enfocados a la conservación y promoción de bienes y servicios ambientales. Además, como en mucha otras áreas protegidas, en la región de La Malinche, las condiciones socioeconómicas imperantes entre las comunidades aledañas son la escasa preparación técnica, el subempleo y la falta de empleo.

Por otro lado, medir el contenido de carbono en áreas naturales ha tenido varias fuentes de incertidumbre debidas a discrepancias o ausencias de información sobre la cobertura vegetal. El Parque Nacional la Malinche posee características que lo colocan como una zona adecuada para realizar una estimación del contenido de carbono ya que, como área natural protegida, presenta poco cambio en el uso de suelo y una extracción controlada de recursos forestales. Actualmente cuenta con casetas forestales que vigilan durante todo el año, limitando las zonas de pastoreo y llevando registros de la leña utilizada como combustible. Los gobiernos estatales llevan a cabo programas de reforestación basados en las especies nativas y de vigilancia constante contra la posible presencia de incendios. Asimismo, ha sido una zona anteriormente estudiada desde el punto de vista físico-ambiental.

Partiendo de la necesidad de contar con estudios de caso a nivel local, dentro del ámbito de la captura de carbono como medio de mitigación para el cambio climático, el objetivo principal del presente trabajo es cuantificar la biomasa aérea presente en las extensiones forestales de la Malinche con el fin de conocer su capacidad de almacenaje de carbono. Aspecto que se considera como el punto de partida para la realización de futuras estimaciones sobre captura de carbono. En el presente trabajo se abordan brevemente algunos aspectos relacionados con el mercado ambiental de compensaciones de carbono, su origen y su relación con la problemática ambiental actual. También se mencionan las implicaciones que, según el Protocolo de Kioto, son necesarias

para la elegibilidad de los proyectos MDL. Por otro lado, en un contexto nacional también se aborda la situación de los bosques y de las actividades agrícolas como factores que influyen en la elección del uso del suelo y en la valoración de los recursos naturales. En este sentido se ha llevado acabo una revisión de las políticas que se han creado en los últimos años al respecto.

Posteriormente, se hace referencia al estudio de caso desarrollado en el Parque Nacional la Malinche, en donde se hace una caracterización del mismo con base en sus atributos físicos y biológicos, complementada por una revisión de la situación social y económica de los municipios que comparten el Parque. Los datos obtenidos en campo constituyen una parte esencial del proyecto. A partir de ellos contamos con una base real para evaluar los elementos que influyen en el almacenaje y la captura de carbono y de esa manera evaluar la capacidad de las masas forestales de la Malinche para proporcionar dicho servicio ambiental.

Por último, se realizó el análisis de la situación ambiental y social que rodea al bosque de la Malinche y a las localidades aledañas. Es conocido que los contextos económico y social condicionan en gran medida la integridad de los bosques. Por tanto, es necesario reconocer que al estimar la capacidad biológica de un sistema forestal para capturar carbono, en realidad lo que se estará estimando es el potencial que no se considera dentro de los proyectos calificables para el MDL como consecuencia de las fallas estructurales de los mercados y de las instituciones que dificultan la apropiación de dicho servicio ambiental.

TRABAJOS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Objetivo General**

El propósito principal de este trabajo es estimar el contenido de carbono en el área forestal del Parque Nacional la Malinche, Tlaxcala-Puebla, tomando en cuenta las actividades humanas que se realizan en el mismo. Esto con el fin de establecer un punto de partida para crear una línea base, evaluar su potencial como reservorio de carbono y las perspectivas futuras para ofrecer servicios ambientales.

### *Objetivos particulares*

- Identificar y evaluar las actividades forestales, agrícolas y pecuarias que se realizan en el interior del Parque.
- Establecer una regionalización del Parque de acuerdo a sus comunidades vegetales, su densidad de cobertura y su uso.
- Desarrollar una metodología de campo para estimar la cantidad de biomasa aérea de la parte arbórea de la vegetación
- Estimar el contenido de carbono en la vegetación arbórea del Parque, con base en los datos obtenidos en campo y en referentes de trabajos similares realizados en el ámbito internacional.
- Discutir las ventajas y la problemática del posible establecimiento de pagos por servicios ambientales en el área del Parque.

## Capítulo 1.- El Mercado de Compensaciones de Carbono

### 1.1 *La problemática ambiental*

Existe una aceptación general de que el planeta experimenta un deterioro ambiental creciente, y que tanto los sistemas productivos como los esquemas de consumo masivo están creando una presión ecológicamente insostenible sobre el ambiente (Bru, 1997). Esto ha modificado la percepción internacional sobre los aspectos globales. De igual manera, la designación de nuevas responsabilidades y obligaciones hacia los recursos de uso común (p.e. atmósfera, océanos y bosques) ha propiciado el establecimiento de nuevos valores, enfoques y acciones destinados a buscar soluciones a la problemática concebida como crisis ambiental.

Al respecto, uno de los ejemplos de mayor actualidad y relevancia son los compromisos internacionales concebidos en los últimos 10 años, para disminuir las emisiones de gases invernadero a la atmósfera. Los lineamientos de dichos compromisos están contenidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992), el Mandato de Berlín (1995), el Protocolo de Kioto (1997) y los Acuerdos de Marrakesh (2001). Esta circunstancia no excluye el hecho de que desde antes de la década de 1980 existiese ya una documentada evidencia científica sobre el aumento de gases tipo invernadero en la atmósfera y de que estos tendrían efectos sobre los sistemas naturales y sociales. Sin embargo, el reconocimiento de que tanto el calentamiento global como el cambio climático han tenido un origen antropogénico, imputado principalmente a los países industrializados, no fue señalado sino hasta mediados de la década de 1990 (IPCC, 1996).

Para entender el cambio climático y el calentamiento global, así como las causas que les dieron origen, es necesario considerar que los gases “de efecto invernadero” modifican en forma significativa la composición y la redistribución de la energía entre la atmósfera, la tierra y el océano, transformando el clima y afectando a los ecosistemas naturales y a las actividades humanas (Leggett, 1990; Hartmann, 1994). Estos gases son el metano (CH<sub>4</sub>), los clorofluorocarbonos, el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el ozono (O<sub>3</sub>), el bióxido de azufre (S<sub>2</sub>O) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En condiciones naturales, estos gases se agregan a la atmósfera a través de las erupciones y se reciclan a través de los ciclos biogeoquímicos de carbono, nitrógeno, hidrógeno, oxígeno.

Históricamente, la transformación de los modos de producción alentados por la Revolución Industrial en los siglos XVIII y XIX, intensificó tanto la utilización de combustibles fósiles (gasolina, gas, leña, carbón) como la explotación de los sistemas naturales (Goodland, 1997). Esto indujo cambios en el uso de suelo y la eliminación de la cubierta vegetal, así como el incremento en la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y la reducción y el deterioro de los reservorios naturales de carbono (Hartmann, 1994).

Las variaciones climáticas globales y las fluctuaciones en los distintos ciclos biogeoquímicos han estado presentes en la Tierra desde el inicio de su formación, así dan cuenta los registros estratigráficos que indican cambios severos en el clima a lo largo de las diferentes eras geológicas (Webb y Bartlein, 1992). Sin embargo, la relevancia que tiene el cambio climático de origen antropogénico sobre el de origen natural radica en la escala temporal en la cual el primero se está generando (Walker *et al.*, 1990). En aproximadamente 250 años, la concentración atmosférica de carbono ha pasado de 280 ppm a casi 360 ppm, incremento que en condiciones naturales hubiera ocurrido en un lapso de 20,000 años (Houghton, 1995). Para el momento actual, se ha calculado que anualmente se liberan a la atmósfera 5 GtC como consecuencia de la quema de combustibles fósiles, mientras que por la deforestación se liberan otras 2 GtC (Hartmann, 1994).

Esta situación ha obligado a los gobiernos y organismos internacionales a repensar las condiciones en que las sociedades humanas han aprovechado los bienes y servicios que proporcionan los sistemas naturales, y a proponer soluciones efectivas y equitativas para su uso y conservación. Uno de los pasos más decisivos al respecto fue la creación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático en 1992, cuyo objetivo fue el “lograr 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”. En la Convención se establece que ese nivel deberá alcanzarse 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 (CMNUCC, 1992).

Para llevar a cabo dicho objetivo se instrumentó el Protocolo de Kioto, documento que sienta las bases para la creación de convenios con el fin de lograr una futura reducción de las emisiones de carbono por parte de los países desarrollados. Dicho acuerdo se estableció durante la celebración de la tercera Conferencia de Partes de la Convención sobre Cambio Climático celebrada en Kioto

en 1997. En ella, bajo el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, se intentó instrumentar acuerdos equitativos de mitigación entre los actores involucrados. Esto es, que los países desarrollados deberán asumir una mayor responsabilidad sobre la cantidad de emisiones de gases con efecto invernadero que la de los países no industrializados. Los países desarrollados integran el anexo B del Protocolo de Kioto. En él están incluidos: Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Portugal, Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Suecia, Suiza y Turquía (CMNUCC, 1998).

Por ello, en los compromisos de Kioto se estipuló que los países industrializados reducirían, entre los años 2008 y 2012, un promedio de 5.2% sus emisiones (carbono principalmente) por debajo de los niveles registrados en 1990 (CMNUCC, 1998). Esta iniciativa incorpora en su estrategia la idea de que el control de las emisiones de carbono deberá llevarse a cabo de la manera más efectiva posible en una relación costo-efecto para las naciones involucradas (CESPEDES, 2000).

En las siguientes Conferencias de Partes, Buenos Aires (1998), Bonn (1999), La Haya (2000), Marrakesh (2001) y recientemente Johannesburgo (2002), se han instrumentado tres mecanismos de flexibilidad (o mecanismos de Kioto) para ayudar a los países del anexo B a cumplir sus compromisos de reducción. Estos mecanismos son: el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el Mercado Internacional de Derechos de Emisiones (MIDE) y la Implementación Conjunta (IC). La principal diferencia entre el MDL y el MIDE-IC, es que el primero está sujeto a un control multilateral entre países en vías de desarrollo y países desarrollados, por su parte, los otros dos, se llevarán a cabo entre países desarrollados (Avila, 2000).

## *1.2 Capitalización de la naturaleza*

En el Protocolo de Kioto se menciona que, para cumplir los compromisos adquiridos por las naciones desarrolladas, “las variaciones verificables del carbono almacenado que se deban a la actividad humana, relacionada con el uso del suelo y la silvicultura, serán utilizadas a efecto de cumplir los compromisos de cada parte (país o industria) incluida en el anexo I del presente artículo”(art 3). La idea básica de los mercados ambientales como lo propuesto en el Protocolo de Kioto, consiste en considerar que, de igual manera que se otorgan concesiones con fines extractivos, también se pueden crear incentivos para conservar y proteger los sistemas naturales. También plantea utilizar mecanismos económicos para impedir el abuso en el aprovechamiento

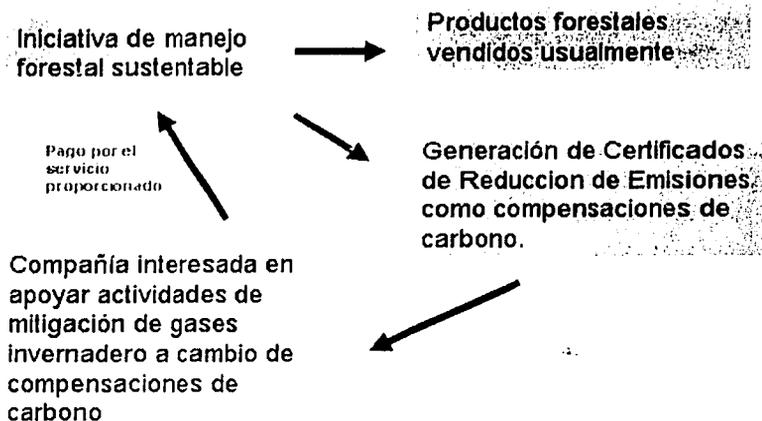
de los recursos naturales (de Camino, 2000). Al respecto, un ejemplo clásico que ha incitado la creación de nuevas compensaciones ambientales, es la regulación de contaminantes mediante el cobro de un impuesto a las entidades emisoras al estilo “el que contamina paga” (Martínez Alier y Roca, 2001). Un aspecto fundamental del Protocolo de Kioto es concretar la creación de un mercado ambiental internacional para negociar la compra-venta de compensaciones de carbono, también llamadas Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), entre países emisores de carbono y países poseedores de áreas naturales capaces de capturarlo (CMNUCC, 1992). Esto se refiere a establecer un mercado y un valor monetario por el servicio ambiental que prestan los bosques en relación al mantenimiento del ciclo de carbono y al balance de dióxido de carbono y oxígeno en la atmósfera.

Bajo la lógica propuesta en el Protocolo de Kioto, la creación de un mercado internacional de emisiones no sólo se refiere a concebir los bienes ambientales<sup>1</sup> como objetos comerciales, sino a emplear todas aquellas características y procesos que poseen los ecosistemas para crear flujos de recursos naturales y servicios ambientales que formen parte del proceso de producción (Spash y Clayton, 1998). Por ejemplo, de todos los ecosistemas terrestres, los bosques constituyen el mayor almacenaje de carbono, con una capacidad de captura aproximada del 46% del total de carbón terrestre (Winjum *et al*, 1992). El interés se enfoca en potenciar este proceso natural a través de un manejo adecuado de la cubierta y densidad vegetal e integrarlo a un mercado ambiental en donde se pondrán a la venta Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) (Figura 1). Retomando el ejemplo anterior, se puede talar el bosque y obtener madera y generar ganancias, pero conservar o incrementar parte de los árboles del bosque permite además la fijación de carbono, previene la erosión del suelo y ayuda a preservar la diversidad biótica. A la larga, los costos emanados de los problemas relacionados con la contaminación, la degradación del suelo y la incapacidad para captar agua, pueden resultar mucho más altos que los obtenidos por la simple utilización de la madera para fabricar muebles, vigas u otros bienes útiles para el hombre (Castro, 1999).

---

<sup>1</sup> Entre las definiciones encontradas en la literatura destacan las propuestas de Daily (1997) y de Costanza, et al (1997). La primera considera a los servicios ambientales como todas aquellas condiciones y procesos en los cuales intervienen complejas interacciones de los sistemas biológicos, geológicos y químicos, a través de los cuales, los ecosistemas naturales y las especies que los constituyen, sostienen la vida en el planeta, entre ellas, la vida humana. Por su parte, los segundos han incluido en el concepto una connotación social, señalando que los servicios ambientales consisten en flujos de materiales, energía e información desde los reservorios de capital natural en combinación con servicios provenientes de capital manufacturado para producir bienestar humano.

Figura 1: Sistema de compra-venta de compensaciones de carbono derivado del manejo forestal sustentable



Fuente: Totten, 1999

Los acuerdos elaborados en el Protocolo de Kioto tienen la capacidad de vincular el potencial que poseen los bosques como sumideros de carbono con los incentivos generados en el mercado ambiental de compensaciones de carbono. Para ello será necesaria una correcta implementación de los Mecanismos de Kioto mediante la creación de condiciones atractivas y equitativas tanto para el comprador como el vendedor. Teóricamente, el mercado tendría la capacidad de establecer un precio por la captura de carbono mediante la oferta y la demanda de los certificados de reducción de emisiones. Este precio, tendría que igualar o disminuir los costos por capturar carbono en un bosque (Heal, 2000). Sin embargo, el desenvolvimiento del mercado de compensaciones de carbono no se ha dado bajo una sola plataforma de negociación. Las transacciones se han llevado a cabo a diferentes niveles (p.e. local, nacional, regional e internacional) y a través de una variedad de mecanismos de negociación con diferentes grados de participación por parte de los gobiernos (Landell-Mills y Porras, 2002). Para iniciar adecuadamente un mecanismo de mitigación al cambio climático, se recomienda contar con los siguientes aspectos antes de realizar las negociaciones entre las partes interesadas: que se cuente con derechos de propiedad, privados o comunales; que sean legales y formalizados; que se definan apropiadamente los recursos y servicios ambientales a comerciar; y, que se conciban mecanismos de pago efectivos para fortalecer las instituciones cooperativas.

En los anteriores considerandos se reconoce que la conservación de los bosques y de sus servicios ambientales dependerá no sólo de incluir su valor dentro de un marco de referencia económico. También de lograr un equilibrio entre la extracción y la preservación de los recursos maderables y no maderables. Ello mediante la consideración de su valor y la manera en que es percibido por las personas que hacen uso directo de ellos. El secuestro de carbono en un sistema forestal genera un bien público que se produce de manera privada, es decir, a través de los propietarios de los bosques (Heal, 2000). Esta situación implica la necesaria consideración de dos factores: el precio que se establezca previamente para las emisiones de carbono capturadas y el costo que se genere por capturar carbono en un bosque. Este último aspecto dependerá del potencial de captura del sistema forestal por unidad de área (lo cual determinará la cantidad de tierra destinada a capturar una cierta cantidad de carbono) y del valor que se obtenga por dedicar la tierra a otros usos alternativos (p.e. agricultura, cafecultura, actividades pecuarias). De acuerdo con Heal (2000), cuando el costo por secuestrar carbono en un bosque sea menor que el valor establecido en el mercado para el carbono capturado, el Protocolo de Kioto originará incentivos para capturar carbono mediante un plan de protección-uso de los bosques. Sin embargo, como mencionan Costanza *et al.* (1997), la mayoría de los servicios ambientales no han podido integrarse totalmente en los mecanismos de mercado, debido a las fallas que presenta éste para integrar adecuadamente el valor de dichos servicios e incorporar las externalidades en un precio definido. Por esta razón, la inclusión del sector forestal dentro de las negociaciones de Kioto todavía tiene poco peso en las decisiones políticas (Victor, 2001).

### 1.3 *El Mecanismo de Desarrollo Limpio*

El Mecanismo de Desarrollo Limpio se define en el Protocolo de Kioto (artículo 12) como “un nuevo mecanismo de cooperación que involucra a los países en vías de desarrollo. El propósito del MDL es ayudar a los países no incluidos en el anexo B a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención. También ayudar a los países incluidos en el anexo B a dar cumplimiento a sus compromisos de limitación y reducción de las emisiones” (CMNUCC, 1992). En otras palabras, la lógica de los acuerdos generados dentro del MDL es la siguiente: a partir de la implementación de un proyecto forestal que promueva el desarrollo sostenible en un país en vías de desarrollo, se generarán certificados o compensaciones de carbono que podrán ser financiados por los países desarrollados para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones (Goldemberg, 1998). La razón principal de la compra de certificados de carbono (CRE) radica en que las oportunidades más baratas de reducción de

emisiones no se encuentran en los propios países del anexo B sino en las naciones en vías de desarrollo (CESPEDES, 2000).

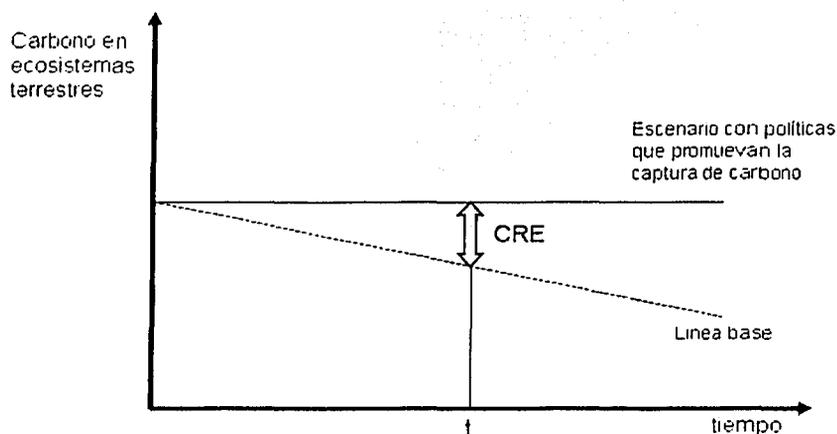
De acuerdo al Protocolo de Kioto, todo proyecto que pretenda calificar dentro del MDL para generar compensaciones de carbono, tendrá que cumplir con ciertos requerimientos que aseguren la transparencia y la efectividad del mismo. Entre los principales requerimientos están: 1) la participación y aprobación voluntaria del proyecto por las partes involucradas; 2) que la producción de compensaciones de carbono sea real, cuantificable y que produzca beneficios a largo plazo; y, 3) que las mediciones sean adicionales, es decir, que la reducción de emisiones lograda bajo el proyecto tengan un carácter anexo a las que se lograrían en ausencia del proyecto. Esto implica que, para que los proyectos califiquen, las áreas boscosas tiene que estar bajo amenaza de deforestación o bajo una presión constante de cambio de uso de suelo (Goldemberg, 1998).

Con excepción del primer punto, la medición de las compensaciones de carbono, la producción de beneficios y el concepto de adicionalidad, estarán sujetos a la delimitación de lo que se conoce como línea base. Este concepto hace referencia al contenido de carbono almacenado, fijado o emitido en un determinado sistema natural bajo las condiciones de manejo actuales, sin tomar en cuenta ningún otro plan de manejo forestal. Su utilidad se debe a que permite establecer un parámetro entre la cantidad de carbono almacenada por un bosque en un tiempo X y compararlo con la cantidad de carbono que se almacenaría o perdería en el mismo bosque, en un tiempo X1 bajo distintos escenarios de manejo forestal (IPCC, 1996). Sin la delimitación de una línea base no se contaría con un marco de referencia entre las partes negociadoras, ni se podría llevar a cabo el proceso de certificación del proyecto. Tampoco sería posible proyectar una estrategia confiable de utilización de los recursos forestales enfocada a la conservación y captura de carbono y, por lo tanto, sería difícil cumplir con lo establecido en el protocolo de Kioto.

De acuerdo a lo anterior, la oferta de carbono se mide en relación a la línea base (Figura 2). Sin embargo, no es la única condición existente, en los acuerdos de Marrakesh (2001) se estableció que los proyectos elegibles para el MDL debían involucrar acciones de aforestación y reforestación, con el límite del 1% de las emisiones del año base para cada parte del Anexo I (Chen, 2003). Aspectos como este limitan enormemente el potencial de los proyectos MDL, considerado como una entrada de capitales para apoyar la preservación y el manejo forestal sustentable. Al mismo tiempo, la complejidad de los requerimientos que conlleva la

implementación de un MDL podría resultar el más caro de los tres mecanismos de flexibilidad establecidos en Kioto, ya que su alto costo de transacción puede convertirse en un riesgo para los sectores más desprotegidos (Smith *et al.*, 2000). El MDL es un elemento importante dentro de las medidas de mitigación al cambio climático, ya que ayuda a ganar tiempo mientras se desarrollan innovaciones tecnológicas para aprovechar otras fuentes energéticas (Victor, 2001). Sin embargo la magnitud de las emisiones de carbono capturadas y del número de compensaciones de carbono vendidas no es el único aspecto al que debe enfocarse un proyecto del tipo MDL. Para los países en desarrollo sería relevante incluir actividades relacionadas con la reducción de las tasas de deforestación y degradación de los bosques nativos, restringir cambios en el uso de suelo y considerar los beneficios adicionales de conservar los bosques nativos en términos de biodiversidad y de usos y costumbres (Maser, 2002).

Figura 2: Establecimiento de la Línea base y su importancia para definir los CRE



Fuente: Pfaff *et al.*, 2000.

#### 1.4 La promoción del desarrollo sustentable

Dado que el MDL tiene su base en un mecanismo de mercadeo entre partes reales, es decir, entre países o entidades privadas, es importante no exacerbar las inequidades actuales entre los países desarrollados y en vías de desarrollo, o entre estos últimos. Las diferentes prioridades y preocupaciones entre países hacen que los criterios económico y ecológico no sean suficientes para calificar los proyectos dentro del MDL. Es por ello que se ha buscado incorporar en el marco de negociación los conceptos de sustentabilidad, equidad y solidaridad (Dessus, 1998).

Específicamente se expresó la intención de promover el desarrollo sustentable entre los países no señalados en el anexo B como condición necesaria para los proyectos que buscaran establecerse en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Sin embargo queda la impresión de que se está ante una crisis de percepción entre las diferentes regiones geográficas sobre la noción de desarrollo sustentable. Para los países industrializados con economías capitalistas, el desarrollo sustentable se refiere principalmente al cuidado y conservación de la naturaleza. Para los países no industrializados, el desarrollo sustentable es la oportunidad para extraer sus recursos naturales de una manera efectiva. Esto significa, crear mayor riqueza en el país y aliviar las carencias de la población, dejando la conservación "para las futuras generaciones" en segundo término (Wilbanks, 1994).

Por lo tanto, definir la noción de sustentabilidad y algunas de las condiciones que le dieron origen es importante, ya que son el sustento ideológico que dirige a las políticas macroeconómicas hacia un determinado diseño de legislaciones y programas institucionales. Estos consideran tanto el ámbito internacional como en el nacional y están destinados a promover políticas y/o proponer nuevas vías para el mantenimiento y uso de los recursos naturales. El discurso prevaleciente en el ámbito mundial para promover el desarrollo sustentable se ha dirigido a difundir la noción de que el manejo adecuado de los recursos naturales traerá un beneficio general al planeta. En ese sentido todos los países son considerados dentro de la "aldea global" y, por tanto, todos tienen responsabilidades, entre las cuales está el adoptar modelos de desarrollo que se ajusten a los patrones productivos designados internacionalmente como sustentables (ONU, 1993). Sin embargo, se ha dejado de lado el hecho de que los países menos beneficiados en lo económico tengan que soportar los costos derivados de las políticas sobre sustentabilidad (Grainger, 1997). Específicamente nos referimos tanto a la limitación en su desarrollo material y en el estado de bienestar por restringir el uso de los recursos naturales, como en el conflicto de intereses desatado en torno a la apropiación de la naturaleza (Leff, 1998).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Capítulo 2.- Bosques y Cambio Climático en México

### 2.1 *Política ambiental en México para el Cambio Climático*

La existencia de un mercado ambiental global, como respuesta a la crisis emergente entre los ámbitos social, biológico y económico, ha establecido como condicionante esencial para la solución de dicha crisis el definir una noción global de sustentabilidad reconsiderando el ámbito de lo local. Esto no sólo significa repensar los modelos de desarrollo económico y mantener el volumen de extracción y la capacidad regenerativa de la naturaleza en equilibrio, sino también crear el marco político y legislativo adecuado para el cumplimiento de dichos fines. Para que un gobierno pueda asumir la responsabilidad de cuidar el ambiente y legislar al respecto, forzosamente tendrá que expresarlo en territorios con comunidades específicas (Michelle, 2002). De esta manera, a consecuencia del deterioro ambiental progresivo y de las tendencias internacionales sobre cuidado de la naturaleza, en México se inició la construcción de una política ambiental a partir de la década de los setenta. La incorporación de este tópico en la agenda nacional ha significado una nueva etapa de reformas institucionales, mediante las cuales el Estado mexicano ha construido sus capacidades de gestión para efectuar una estrategia ambiental. Así, desde esa época se han creado instituciones, planeado instrumentos de administración pública y fortalecido la base jurídica para vincular las facultades sectoriales de desarrollo con el cuidado del medio ambiente (Tripp, 2001).

La existencia de este marco institucional ha facilitado, en cierta medida, el desarrollo de programas de estrategia para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por México desde la conformación de la Agenda 21 y la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro (1992) hasta la última Conferencia de Partes llevada a cabo en Johannesburgo (2002). En México, esta nueva etapa de participación internacional ha promovido la creación de diversos organismos y programas. Entre ellos, el Programa Nacional de Acción Climática (CICC, 2000) que contempla el control y la reducción de las tasas de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la consolidación de normas y programas en materia de energía, industria, recursos naturales, agricultura y ganadería, transporte y desarrollo urbano. Dicha acción tendría efecto a nivel nacional, estatal y municipal, así como a nivel empresas, organizaciones sociales, instituciones académicas y ciudadanía. Sin embargo, carece de objetivos tangibles, así como de fechas, metas, instrumentos específicos que permitan concretar y consolidar un conjunto de programas, programas y políticas. Por otro lado, se ha fortalecido la creación de agrupaciones y convenios

ambientales, lo cual ha beneficiado la realización de alianzas estratégicas, la búsqueda y la obtención de financiamientos, el intercambio de experiencias y conocimiento en la materia. La conjunción de los sectores público y privado pretende establecer la legislación apropiada para la construcción de normas y lineamientos que sienten las bases para la formación del mercado ambiental, en dónde se pondrá en marcha la compra-venta de compensaciones de carbono mediante la eficiencia energética y el manejo forestal (CESPEDES, 2000).

## 2.2 *El uso de los recursos forestales*

La mitigación de las emisiones de carbono se basa en aumentar y conservar los sumideros naturales de carbono mediante la preservación de la cubierta vegetal y del suelo (Totten, 1999). De esta manera, la producción de compensaciones de carbono se verá afectada por las diferentes actividades relacionadas con el cambio y uso del suelo en cada país. En México, entre 1970 y 1990 los terrenos agrícolas se incrementaron 39%, el área dedicada a la ganadería 15% y el área forestal se redujo 13% (SEMARNAP, 1998). Aunado a esto, los niveles de deforestación se sitúan entre los más altos del mundo. En estudios recientes, como el último Inventario Forestal Nacional (Palacio, *et al.*, 2000) se menciona que la tasa de deforestación se encuentra alrededor de las 800 millones de hectáreas anuales. Este aspecto ha sido una de las principales causas por las cuales países como México presentan emisiones tan altas de carbono.

La situación del sector forestal mexicano es muy compleja. Considerando únicamente la extensión potencial de sus bosques, México puede ser considerado como un país forestal (PNF, 2001). De acuerdo con Masera *et al.* (1997), 116 millones de hectáreas se encuentran cubiertas por vegetación natural, de ella 22.5 millones pertenecen a bosque templado, 24 millones a bosque tropical y 66 millones a vegetación semiárida. En los dos primeros tipos de vegetación se concentra el 10% de la biodiversidad mundial. Además, en estos bosques se ubica el 95% de la propiedad comunal (ejidos y comunidades agrarias) del país, con una población de 12 millones de personas, en donde funcionan 180 unidades de producción forestal y se aprovechan más de 950 productos no maderables (SEMARNAT, 2002). Sin embargo, la productividad de estos bosques y selvas es hasta cuatro veces menor al promedio mundial (Alvarez-Icaza y Viveros, 2002). Esta situación es reflejo de la adopción de diferentes estrategias de uso que han repercutido en la pérdida o conservación de la cubierta forestal (Toledo, 1997).

El aprovechamiento de los bosques en México ha estado relacionado tanto con la manera de percibir y valorar dicho ecosistema por los distintos grupos sociales con acceso a los recursos

forestales, como con las políticas gubernamentales que han alentado o restringido ciertos usos sobre otros. Las tendencias actuales señalan al uso adecuado de los recursos forestales como una valiosa opción de mitigación, en la medida en que contribuya a mantener la acumulación de carbono de un bosque. Como se mencionó en el capítulo anterior, esta idea propone ligar el cambio climático con el desarrollo sustentable, por lo que diversos autores han planteado estrategias para el uso de los recursos forestales que promuevan tanto la conservación de las zonas boscosas como el desarrollo de las comunidades rurales (Bass *et al.*, 2000; Klooster y Masera, 2000). El ingreso complementario derivado de la compra-venta de compensaciones de carbono serviría a las comunidades campesinas por conservar los bienes y servicios ambientales del bosque. También serviría para rehabilitar la calidad de la tierra, alentar el uso de manejos forestales basados en conocimientos locales y promover el desarrollo de instituciones locales. El objetivo sería disminuir el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola o pecuario para conservar la cubierta vegetal.

El planteamiento anterior implica la planeación y el diseño de políticas construidas a partir de las expectativas de la población (Tripp, 2001). Los campesinos no siempre están en la posibilidad de dedicar tiempo y recursos a dicha actividades. Ellos “deciden cómo, cuándo y cuáles prácticas agrícolas realizar en función de un conjunto de signos que perciben en su ambiente ecológico y socioeconómico y en la parcela misma” (Parra y Hernández, 1985). La influencia de factores socioeconómicos como son el nivel de educación, la preparación técnica, el contexto económico local y la situación demográfica, afectan sustancialmente el destino que se le dará al suelo y el manejo que se hará de los recursos. Las condiciones de marginalidad y desventaja económica que rodean a la mayoría de los productores rurales no permiten que éstos puedan aprovechar adecuadamente sus recursos, como tampoco acceder a los mercados especializados, desarrollar estrategias comerciales ni crear alianzas comerciales entre productores y la iniciativa privada (Merino y Segura, 2002). Aunado a ello, la falta de una cultura forestal local ligada a los grandes mercados de productos especializados provoca un aprovechamiento limitado de los recursos forestales. Thoms y Betters (1998) comentan que la mayoría de los usuarios no utilizan el bosque de acuerdo a su diversidad sino a la producción forestal, pues la obtención de madera se traduce como la obtención de dinero efectivo. Esto se debe a la alta dependencia que tienen estas sociedades hacia la madera, utilizada como combustible, carbón, construcción de casas y muebles, cercas, entre otros. Al mismo tiempo, las campesinos no tienen jurisdicción sobre otros recursos diferentes al maderero, como serían el suelo, agua, fauna, minerales, etcétera, ya que estos se encuentran bajo la autoridad del gobierno federal. Ambos aspectos han traído como

consecuencia, la falta de interés en las comunidades ejidales por crear algún plan de manejo integral que considere conjuntamente la producción forestal y a la conservación de otros recursos vitales. Lo cual es fundamental para que el bosque mantenga su biodiversidad y al mismo tiempo siga ofreciendo los bienes y servicios ambientales tales como: captación de agua, retención de suelo, purificación del aire, entre otros (Daily, 1998).

Esta situación ha obligado a las instancias institucionales del gobierno interesadas en los mecanismos de mitigación del cambio climático y en la conservación de la cobertura vegetal a buscar nuevas soluciones para conciliar los intereses de sectores privados con los intereses de los campesinos mediante diversas alternativas de uso de los recursos. Dicha tarea requerirá de procesos de valoración de riesgos y de costos-beneficios mediante la creación de instituciones que avalen la inclusión de los principios de sustentabilidad en las políticas generales, a fin de proyectar dichos principios en acciones concretas (Flanders, 1997). Sin embargo, en el proceso de asimilación e integración de la información necesaria para crear legislaciones y políticas adecuadas, los gobiernos tenderán a simplificar las características implícitas en una problemática dada con el fin de poderla introducir tanto en el aparato burocrático como en el económico. De esta manera, el estado necesita de una política clara en el uso y conocimiento de los recursos naturales para poderlo asimilar e integrar a la "red administrativa" (Scott, 1998). En este caso, la problemática a la que se enfrenta el gobierno es atraer nuevos mercados hacia el sector forestal para generar ingresos y elevar la calidad de vida de los habitantes rurales. Al mismo tiempo que se procure la conservación y mantenimiento del mayor número posible de áreas boscosas.

### 2.3 *Políticas forestales en México*

Durante gran parte del siglo XX, el rasgo que caracterizó al sector forestal mexicano fue el control centralizado de los bosques y la marginación campesina en el uso de los recursos forestales. Desde la aparición de la ley forestal de 1986, las comunidades campesinas fueron reconocidas legalmente para aprovechar de manera racional los recursos forestales que se encontraban bajo su propiedad (Merino 2001). Esto propició la formación de organizaciones forestales comunitarias y, al mismo tiempo reveló muchos de los problemas que, con el tiempo, se habían agravado en perjuicio del sector. Entre ellos se contaba la falta de asistencia técnica, de capacitación, y acceso a maquinaria adecuada para el procesamiento de la madera, así como un bajo valor comercial de los recursos forestales y el control de los mercados de la madera por transportistas y madereros. Para controlar estos problemas, se requieren grandes cantidades de

capital y asistencia técnica para el correcto funcionamiento del sector forestal como empresa y para su adecuada conservación como ecosistema. Las actuales directrices para revitalizar a este sector indican que se requiere, entre otras cosas, la apertura del mercado nacional a los mercados internacionales, la promoción de las exportaciones y la reducción del gasto público (PNF, 2001). Estas acciones que al igual que las realizadas en el siglo pasado pueden contraponerse con la propiedad social de los bosques. Sin embargo, actualmente el manejo forestal comunitario es valorado como una opción altamente viable para la conservación de las zonas boscosas, por su capacidad de asegurar el uso adecuado de los recursos forestales (Klooster y Masera, 2000). El última opción es reforzada por la concientización del sector gubernamental ante los problemas ambientales, entre ellos, considerar la conservación a los bosques como de prioridad nacional en materia de seguridad y medio ambiente, por su capacidad para captar el agua, retener el suelo y evitar la erosión (PNF, 2001). Para llevar a cabo dicha actividades de conservación, Kaimowitz y Andersen (1998) han enfatizado el papel que juegan las políticas no sólo forestales sino también aquellas relacionadas con el sector agrícola y pecuario, como los subsidios e incentivos, para influir en las decisiones que toman los campesinos y que afectan la dinámica del ciclo de carbono mediante las prácticas materiales que influyen en el uso del suelo.

Las acciones que desde hace pocos años esta llevando a cabo el gobierno mexicano para impulsar al sector forestal, incluyen la creación de programas destinados a incentivar las actividades económicas relacionadas con el bosque y de esta manera procurar su conservación. Entre estos se encuentra el Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR) y el Programa de Conservación y Manejo Forestal (PROCYMAF). Ambos están incluidos en el Programa Nacional Forestal 2001-2006 y en el Programa Estratégico Forestal para México 2025 con el fin de promover el desarrollo de empresas y cooperativas forestales. Al mismo tiempo, junto con el PRONARE, el PRODEPLAN y el Programa de Defensa de la Frontera Forestal, promueven actividades que se vinculan directamente con las acciones de mitigación al cambio climático (Tabla 1). Como serían el incremento de la captura de carbono mediante la restauración de áreas forestales o plantaciones; la conservación del carbono fijado en la vegetación forestal y suelo controlando la deforestación, estableciendo medidas de protección y manejo sustentable del bosques y selvas; y la sustitución de emisiones derivadas por el uso de combustibles fósiles, a través del uso de biocombustibles.

Tabla 1: Acciones gubernamentales para mitigar las emisiones de gases con efecto invernadero

ACCIONES	ACTIVIDADES
Incremento de la captura de carbono	Restauración de áreas forestales degradadas (PRONARE) Plantaciones forestales comerciales (PRODEPLAN) Reconversión de tierras agrícolas al uso forestal (Programa de Defensa de la Frontera Agrícola)
Conservación del carbono fijado en la vegetación forestal y el uso de suelo	Control de la Deforestación (PRODEFOR y Programa de Defensa de la Frontera Agrícola)  Protección de la Vegetación Natural en Áreas Naturales Protegidas de Conservación y Aprovechamiento Sustentable  Manejo sustentable de bosques y selvas y otras áreas naturales (PRODEFOR)  Protección y control de incendios forestales y de plagas y enfermedades  Incremento del uso de productos de madera duraderos provenientes de aprovechamientos sustentables (PRODEFOR)  Conservación y restauración de manglares (INE)
Sustitución de emisiones derivadas del uso de suelo de combustibles fósiles	Mejoramiento de dispositivos que utilizan biocombustible y ampliación de biomasa para energía (Programa de Dendroenergía)

Fuente: Sistema Nacional de Información Forestal, SEMARNAT.

Entre los instrumentos de política que son necesarios para respaldar estas actividades, destacan la asignación de derechos de propiedad, una delimitación clara de los parques naturales, la participación de las comunidades locales, crear un sistema de guardabosques, fomentar una autonomía local y nacional en la utilización de los recursos forestales y crear un fondo de financiación lo suficientemente grande como para asegurar un compromiso real. Por su parte, los mecanismos de financiamiento al sector pueden provenir del cobro de impuestos a los especuladores del uso de la tierra, dar apoyo a la industria procesadora de madera, establecer un impuesto temporal sobre la madera, otorgar una provisión de créditos a firmas pequeñas y medianas, cumplir con los derechos de propiedad y el cobro de la entrada en los parques nacionales, entre otros.

#### 2.4 *Áreas Naturales Protegidas en los proyectos de captura de carbono*

El carbono almacenado y fijado en las áreas naturales protegidas no se considera como elegible para ser vendido en un proyecto MDL. El hecho se basa en la concepción de que en las áreas dedicadas a conservación, resulta difícil determinar si algún grado de deforestación se llevaría cabo en caso de no existir el proyecto. Sin embargo, dentro de un contexto adecuado, los proyectos tipo MDL, enfocados en la conservación pueden resultar ser una vía confiable de reducción de carbono.

En México se encuentran 111 áreas naturales protegidas por el gobierno federal y 176 áreas naturales protegidas por los gobiernos estatales y municipales, lo que da una extensión total de 13,746,456.3 ha de bosques y selvas en las cuales el propósito principal es “mantener la estructura y los procesos ecológicos que permiten una calidad ambiental adecuada y, consecuentemente, un mejor nivel de vida de la población” (Ordoñez y Flores, 1995). La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente define a las áreas naturales protegidas como “las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su jurisdicción, en que los ambientes originales no ha sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas a régimen de protección”. Se estima que la vegetación que se encuentra dentro de las áreas naturales protegidas tiene el potencial de secuestrar entre 33 tC/ha y 173 tC/ha (Gay y Martínez, 1995).

La característica distintiva de las áreas naturales protegidas en México es que la mayoría de ellas se encuentran habitadas y constituyen el sostén fundamental para los habitantes que se encuentran en ellas. Se calcula que actualmente, cerca de diez millones de personas viven en dicha áreas (CCA, 2001), por lo que su conservación y sustentabilidad, de acuerdo con los preceptos del mercado ambiental, sólo se podrá garantizar si se generan beneficios tangibles para sus habitantes. Un proyecto bien diseñado dentro de un marco legislativo adecuado, podría no sólo asegurar la protección de los bosques sino también ser lo suficientemente productivo como para compensar los costos por pérdida de oportunidades que representa para los habitantes la realización de un proyecto MDL (CCA, 2001). Este tipo de proyectos podrían llevarse a cabo en las zonas de amortiguamiento de las Áreas Naturales Protegidas, en las cuales se permiten actividades productivas. La compra-venta de compensaciones de carbono dentro de los proyectos MDL permitiría generar un ingreso adicional para los habitantes de estas áreas, lo cual se consideraría como un valor agregado que haría más atractivas las actividades de cuidado y conservación del bosque y posiblemente más atractivas frente a otros usos del suelo.

Desde la década pasada, en países como Costa Rica, Bolivia, Paraguay, Tailandia e India se han llevado a cabo diversos proyectos enfocados en la compra-venta de compensaciones de carbono en áreas naturales protegidas. En ellos, las estrategias comprenden la valoración del bosque en términos recreativos y paisajísticos o de acuerdo a su valor existencial, como sería el caso de la conservación de un sistema natural con el propósito de mantener su biodiversidad. De manera práctica se ha recurrido al uso de incentivos para mantener la cubierta vegetal, e impuestos sobre el uso de los recursos forestales. Al respecto, Totten (2001) resalta la conservación de las áreas forestales y la situación altamente efectiva en términos de una relación costo-beneficio para las industrias que han invertido en dichos proyectos. Además de la participación activa de los pobladores como socios y actores. Como se discutió anteriormente, los proyectos MDL pueden y deben ser compatibles con las necesidades de conservación de la vegetación, almacenamiento de carbono, protección a la biodiversidad. Pero sobre todo, con las necesidades sociales de las comunidades que son dueñas de los bosques. Un proyecto MDL instrumentado correctamente podría beneficiar a las comunidades participantes, al mismo tiempo que incrementaría los recursos que el gobierno destina a la gestión y conservación de estas áreas.

## Capítulo 3- El Parque Nacional La Malinche

### 3.1 Aspectos Históricos

En la parte central-oriente de México, específicamente en el valle poblano-tlaxcalteca, se encuentra una estructura volcánica aislada que recibe el nombre de La Malinche, la cual históricamente ha sido un elemento importante para la vida y actividades realizadas en la región. En este capítulo, se hace referencia al área de la Malinche no restringiéndola a la extensión del Parque conforme al decreto de 1938. Esto es debido a que los recursos naturales presentes dentro del Parque son utilizados en una superficie mucho mayor que aquella que está decretada como oficial. La localización de la Malinche comprende el límite suroeste del estado de Tlaxcala y el límite noroeste del estado de Puebla, formando parte de un área comprendida entre las poblaciones de Apizaco, Puebla y San Martín Texmelúcan (Roñero, 2002). Junto con la Sierra de Las Cruces, la Sierra Nevada, el Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba, principalmente, el volcán de La Malinche forma parte de la región centro oriente del Cinturón Neovolcánico-Transversal (Werner, 1988).

Desde los tiempos prehispánicos, la importancia de la Montaña quedó manifiesta en diferentes relaciones históricas. Los antiguos tlaxcaltecas le dieron al volcán el nombre de Matlalcuéye, que en náhuatl se deriva de Matlalín, azul verdoso o red y Cuetitl, falda: “la de faldas azules” o la “diosa de la falda de jade”, que en su cosmología representaba una profunda unidad del agua con la tierra (Acuña, 1994; Espejel, 1996). La riqueza ambiental de la región y su cercanía con otros importantes centros humanos de la cuenca de México, propició el asentamiento de diversos pueblos indígenas predominando los Tlaxcaltecas de lengua náhuatl, los otomíes y los chichimecas (Gibson, 1967).

El uso de la tierra, fuertemente ligado a la cultura de los pobladores, estaba destinado a la producción de alimentos, principalmente maíz, bajo técnicas agrícolas de carácter intensivo (Abascal y García, 1975). Desde ese tiempo, Tlaxcala ya se había distinguido como un territorio maicero. La abundancia de este grano en la región contribuyó para que el lugar fuese conocido con el nombre de Tlaxcallan “lugar de pan” relacionándolo con la producción de tortillas (Macazaga, 1979). A partir de ello Werner (1986) dedujo que la gran mayoría de las tierras de la región se encontraban cultivadas para ese tiempo debido a la demanda de alimentos por la creciente población en el área. Sin embargo, en las relaciones geográficas del siglo XVII se relata

que a la llegada de los españoles, la Malinche y sus alrededores se encontraban cubiertos por "extensos y vigorosos bosques que surtían de madera a la región" (Acuña, 1984), estimándose la superficie de estas áreas en más de 75,000 hectáreas arboladas (INEA, 1995).

Con la llegada de los españoles a América y la instauración de un régimen colonial, la estructura social y la organización de la labor desarrolladas por los pueblos de la región fueron transformadas sustancialmente. Luna (1993) menciona que los tres elementos que mayormente contribuyeron a ello fueron: la disminución de la población indígena, la apropiación de las tierras planas y otros recursos naturales por parte de los españoles y la introducción de una nueva cultura agrícola. Estos elementos aceleraron el proceso de desmonte y la extracción irracional de madera para cubrir las demandas de combustibles y de construcción. La consecuencia inmediata fue un cambio drástico en el paisaje agrícola-forestal antiguamente predominante en la zona (González, 1992; García, 1997).

La disputa por la apropiación de recursos naturales de primera necesidad: agua, tierra y madera, fue la constante durante esta época. El trato preferencial que mereció Tlaxcala por haber apoyado a los españoles en la Conquista y que se tradujo en un respeto por las tierras comunales indígenas, no impidió que los españoles fueran apropiándose de las mejores tierras para sus extensos monocultivos de trigo, maíz y cebada, así como para la crianza de cabezas de ganado bovino (Luna, 1993). Durante la época independiente, la incorporación de pequeños terrenos, por parte de personas influyentes del gobierno, comercio y clero, dió lugar a grandes haciendas que llegaron a concentrar en manos de pocos propietarios una gran cantidad de terrenos y por tanto de recursos naturales. El uso y concesión de estos recursos generalmente se encontraba bajo la jurisdicción de los propietarios quienes podían decidir libremente sobre la cantidad de madera a extraer así como su precio (Rendón, 1993). Los pueblos indígenas para su subsistencia se vieron forzados a migrar y desmontar áreas montañas cubiertas por bosque (Luna, 1993).

Esta situación se vió modificada drásticamente por el proyecto modernizador Porfirista el cual indujo además otra serie de cambios en las actividades económicas que ocasionaron un detrimento en la integridad de los bosques. Estas fueron: la construcción de vías de comunicación, el impulso a los transportes ferroviarios y la promoción al proceso de industrialización con la instalación de fábricas textiles en la zona norte de la Malinche como las de San Bernabé, San Manuel y La Trinidad. en las cuales se utilizaron grandes cantidades de leña como combustible y de agua (Espejel, 1996). Estos aspectos propiciaron la aparición de una clase

campesina semiproletarizada y la migración laboral de fuerza de trabajo a centros urbanos. Aunado a esto, el reparto agrario durante los años postrevolucionarios, modificó el uso del suelo y la estructura de la propiedad de la tierra. El resultado de ambos procesos fue un abandono y descuido de las tierras agrícolas y de las prácticas de cultivo, actitud que sólo consiguió acelerar la degradación de los recursos naturales (Gottfried, 1965).

A principios de siglo pasado la región de la Malinche aún contaba con extensas zonas arboladas pero bajo una presión constante. Sosa (1939) hace una mención especial sobre los bosques de la Malinche alertando sobre la extracción intensiva de ocote de los pinos, carbón de los encinos, tejamanil de los oyameles, además de la presencia de incendios, vandalismo, pastoreo, plagas y enfermedades. Esta situación motivó en 1938 al entonces Presidente Lázaro Cárdenas para decretar como Parque Nacional el área correspondiente al volcán La Malinche (D.O.F., 1938). El decreto consideraba como tierras federales aquellas que estuvieran incluidas en un polígono marcado a partir de la cota de los 2,800 msnm. Sin embargo, dicho decreto no especificó acciones concretas de conservación ni los límites precisos del área de reserva. Esta situación contribuyó a que sólo algunas áreas poco extensas de bosque de pino, oyamel y pino-encino hayan sobrevivido, hasta hoy, en las partes altas de la Malinche y otras elevaciones aledañas. Se estima que desde la declaratoria del decreto hasta nuestros días, las áreas arboladas de la Malinche se han reducido de 63,000 hectáreas a menos de 18,000 ha (Espejel, 1998).

### 3.2 *Descripción general del medio físico y de la vegetación*

El volcán la Malinche se localiza entre los 137694 y 2138040 de latitud Norte y 603915 y 599528 de longitud Oeste, formando parte de la Cuenca Atoyac-Zahuapan (Sánchez, 1978). El volcán está constituido por una montaña relativamente corta seguida de un largo pie de monte producto de la depositación de cenizas y material piroclástico en el período Cuaternario (Moya y Zamorano, 1979). Por esta razón, los suelos que predominan en el área (litosoles, regosoles, andosoles) son en su mayoría de naturaleza volcánica, poco o nada útiles para el aprovechamiento agrícola y muy propensos a la erosión (Allende, 1968; Werner, 1986).

El rango altitudinal en el cual se encuentra la Malinche abarca de los 2,400 a los 4,641 msnm, con pendientes que varían desde 10° desde los 2,400 y 2,800 msnm hasta 35° en las partes superiores. La precipitación pluvial anual es de 800 a 1,200 mm. Esto junto con las condiciones del suelo y la pendiente dan lugar a que durante la época de lluvia, se formen pequeñas corrientes temporales

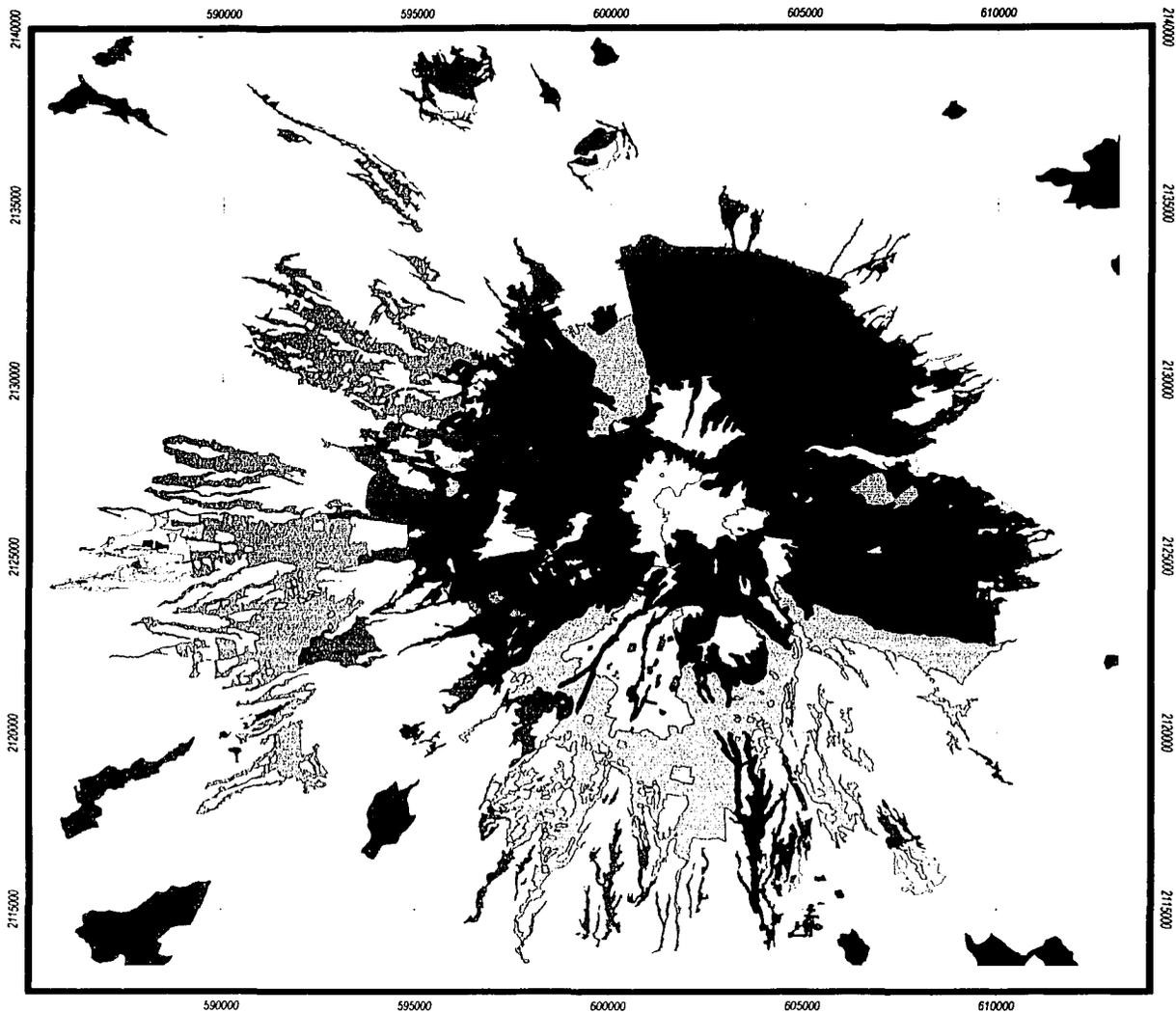
que arrastran material hasta la zona baja en donde la pendiente es mínima, ocasionando problemas de inundación en las áreas de cultivo (Vargas, 1984).

Considerando los diferentes niveles altitudinales, es posible encontrar variaciones significativas de temperatura y humedad. Hasta los 2,700 metros de altura, se establece una región de clima templado subhúmedo en donde aparecen las primeras heladas regulares, la temperatura media anual varía entre 13 °C y 17 °C. Por encima de los 2,700 y hasta los 3,300 msnm el clima pasa a semifrío y la temperatura media anual fluctúa de 9 °C a 11 °C. Por encima de los 3,900 msnm se encuentra un clima frío con temperaturas medias entre 2 °C y 5°C (García, 1964; Lauer, 1973).

Los cambios en la altitud y el clima determinan diferentes condiciones de suelo y vegetación que influye fundamentalmente en los usos de suelo encontrados en la Malinche. Diversos autores (Ern, 1976; Acosta, 1991; Sosa, 1997) han reportado que por encima del límite de vegetación, entre los 4,000 y 4,300 msnm se encuentra un área de zacatonal alpino, caracterizada principalmente por pastos amacollados como *Calamagrostis tolucensis* y *Festuca tolucensis*; el único elemento arbóreo del área es el cedrillo enano (*Juniperus monticola*). La zona de bosque se extiende desde la cota de los 2,500 msnm hasta los 3,900 msnm. En ella se encuentran poblaciones de coníferas principalmente pino (*Pinus spp.*) y oyamel (*Abies religiosa*), aunque también es posible encontrar poblaciones de junípero (*Juniperus deppeana*) y ciprés blanco (*Cupressus lindleyi*), producto de las consecutivas reforestaciones realizadas en el área. Por encima de los 3,200 m, la especie dominante es el *Pinus hartwegii*, la cual se mezcla en altitudes inferiores, con *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. ayacahuite*. En altitudes menores de los 2,500 msnm, los pinares son casi exclusivamente dominados por *Pinus leiophylla*. La distribución del oyamel depende en gran medida de la altitud y la exposición de la ladera, encontrándose más frecuentemente en barrancas y lugares sombreados y húmedos. Las poblaciones de árboles de hoja ancha o latifoliadas están representadas casi en su totalidad por el bosque de encino (*Quercus laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*), seguido por individuos aislados de madroño (*Arbutus xalapensis*) y aile (*Alnus jorullensis*).

En su totalidad, la zona boscosa conforma una corona de 22,468 hectáreas alrededor del cono (Figura 3). Por debajo de los 2,800 m de altitud, se encuentran bosques de pino y/o encino fraccionados, intercalados con campos agrícolas, los cuales empiezan a dominar conforme la pendiente y la altitud disminuyen.

TRUJOS CON  
FALLA DE ORIGEN



**COMUNIDADES VEGETALES**

-  Pino
-  Pino-oyamel
-  Pino-encino
-  Pino-encino / pastizal
-  Pino / pastizal
-  Encino-pino
-  Encino-pino / pastizal
-  Oyamel
-  Oyamel-pino
-  Pastizal alpino
-  Pastizal inducido

**OTROS**

-  Áreas quemadas
-  Agricultura de temporal
-  Áreas sin vegetación
-  Localidades



0 1 2 3 4 5 Kilómetros

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

AUTORA: Biol. Ana Elisa Peña del Valle Isla  
FUENTE: Fotografías aéreas, 1:25000 (Enero, 2001).  
SECODUVI, Tlaxcala, MEX.

Figura 3. Mapa de comunidades vegetales y usos del suelo de la Malinche

### 3.3 *Características de las Comunidades.*

El Parque Nacional La Malinche cuenta con una superficie de 45,711 hectáreas, correspondiendo 33,032 ha al estado de Tlaxcala (72%) y 12,679 ha (28%) al estado de Puebla. Paralelo a su categoría de Parque Nacional, la Malinche se encuentra bajo la jurisdicción de 13 municipios en el estado de Tlaxcala y 4 municipios en el estado de Puebla (Figura 4).

La región en dónde se localiza el volcán la Malinche tradicionalmente ha contado con una gran importancia humana y cultural (Werner, 1986; Luna, 1993). Actualmente, sobre las faldas del volcán la Malinche y su zona de influencia se encuentran 185 asentamientos humanos con una población de 393,420 habitantes (INEGI, 2000). Se ha designado como zona de influencia de la Malinche al área total de cada uno de los diecisiete municipios que tienen jurisdicción sobre el Parque, además del área de los municipios de Coaxomulco y Papalotla de Xicotencatl, considerando que sus actividades e ingresos están altamente influenciados por la extracción de recursos del Parque Nacional la Malinche. La importancia de considerar la zona de influencia del volcán la Malinche, se hace evidente cuando se comparan el número de localidades y la población incluidas.

En la Tabla 2 se muestra el número de comunidades asentadas dentro del área del Parque Nacional la Malinche y las comunidades ubicadas en su zona de influencia. Aunque la diferencia entre una condición y otra es de más del 100%, el impacto de ello se hace patente al comparar el número de habitantes que se adicionan al considerar el área de influencia. En la Tabla 3 se puede ver que población dentro del Parque es de 39,162 habitantes, mientras que en el área de influencia sobrepasa el millón de habitantes. Este hecho eleva considerablemente la concentración de población en el área, la cual rebasa la densidad promedio de 237 habitantes por km<sup>2</sup> registrada para la región Tlaxcala-Puebla (INEGI, 2000). Sin embargo, es necesario matizar estas cantidades, ya que los grandes centros urbanos que rodean al Parque, como el caso de Puebla, y que son considerados dentro del área de influencia, no necesariamente influyen en el uso directo de los recursos del Parque. En ellos se llevan a cabo actividades económicas de carácter terciario y secundario que ejercen presión para un cambio de uso de suelo en la zona.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**MUNICIPIOS TLAXCALA**

- Acuamanala
- Chiautempan
- Coaxomulco
- Contla de Juan Cuamatzi
- Huamantla
- Ixtenco
- Magdalena Tlatelulco
- Mazatecochco
- Papalotla de Xicotencatl
- San José Teacalco

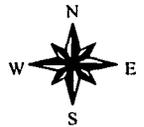
- San Pablo del Monte
- Santa Cruz Tlaxcala
- Teolochocho
- Tetlanohcan
- Zitlaltepec

**MUNICIPIOS PUEBLA**

- Acajete
- Amozoc
- Tepatlaxco\_de\_Hidalgo
- Puebla

LIMITE DEL PARQUE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



AUTORA: Biol. Ana Elisa Peña del Valle Isla  
FUENTE: Cartas topográficas,  
(E14B33, E14B34, E14B43, E14B44) INEGI.

Figura 4. Mapa de municipios de Tlaxcala y Puebla localizados dentro del Parque Nacional la Malinche

Tabla 2: número de comunidades por municipio dentro del Parque y en el área de influencia

ESTADO	MUNICIPIO	NUMERO DE COMUNIDADES		TOTAL
		Parque La Malinche	Área de Influencia	
TLAXCALA	Acuamanala de Miguel Hidalgo	0	5	5
	Chiautempan	3	15	18
	Coaxomulco	0	6	6
	Contla de Juan Cuamatzi	1	10	11
	Huamantla	8	16	24
	Ixtenco	1	1	2
	La Magdalena Tlaltelulco	0	1	1
	Mazatecocheo de J.M.M	0	11	11
	Papalotla de Xicotencatl	0	5	5
	San Francisco Tetlanohcan	4	0	4
	San José Teacalco	3	3	6
	San Pablo del Monte	3	13	16
	Santa Cruz Tlaxcala	0	12	12
	Teolocholeco	14	1	15
Zitlaltepec de T.S.S.	1	5	6	
PUEBLA	Acajete	10	9	19
	Amozoc	1	8	9
	Puebla	14	18	32
	Tepatlaxco de Hidalgo	7	2	9

Fuente: INEGI, Tlaxcala-Puebla, XII Censo General de Población y Vivienda (2000); Tabulados básicos. Tomo I Dirección General de Ecología del estado de Tlaxcala (2002)

Los municipios con mayor cantidad de población son: Chiautempan, San Pablo del Monte, Huamantla, Puebla y Acajete. Al mismo tiempo, estos municipios poseen una mayor cantidad de superficie dentro del Parque.

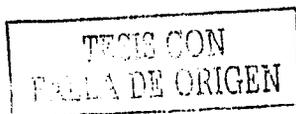


Tabla 3: Número de habitantes por municipio dentro del Parque y en el área de influencia.

ESTADO	MUNICIPIO	NUMERO DE HABITANTES		TOTAL
		Parque La Malinche	Área de influencia	
TLAXCALA	Acuamanala de Miguel Hidalgo	0	4,357	4,357
	Chiautempan	1,880	55,570	57,450
	Coaxomulco	0	4,255	4,255
	Contla de Juan Cuamatzi	504	28,338	28,842
	Humanatla	16,364	50,197	66,561
	Istenco	29	5,811	5,840
	Mazatecochco de José Ma. Morelos	0	8,357	8,357
	Papalotla de Xicoteneatl	0	3,153	3,153
	San Pablo del Monte	6,322	48,065	54,387
	Santa Cruz Tlaxcala	0	12,824	12,824
	San José Teacalco	53	4,534	4,587
	Teolochohco	2,605	14,462	17,067
	San Francisco Tetlanohcan	9,081	0	9,081
	La Magdalena Tlatelulco	0	13,697	13,697
	Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	666	7,293	7,959
PUEBLA	Acajete	6,242	43,220	49,462
	Amozoc	7	64,308	64,315
	Puebla	14,155	1,332,761	1,346,916
	Tepatlixco	46	14,009	14,055

Fuente: INEGI, Tlaxcala-Puebla, XII Censo General de Población y Vivienda (2000); Tabulados básicos. Tomo I Dirección General de Ecología del estado de Tlaxcala (2002)

Para conocer el patrón histórico de desarrollo de los municipios de la Malinche, se utilizó el índice de marginación, el cual es una medida que permite conocer las carencias que padece la población de una región. El índice considera cuatro dimensiones estructurales, como la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas (CONAPO, 2000). En la Tabla 4 se muestran los índices de marginación para cada uno de los municipios que poseen jurisdicción sobre el Parque Nacional la Malinche. En ella puede observarse que el 57.9% los municipios tienen un nivel de marginación bajo; el 26.3% un nivel medio y el 15.8% un nivel muy bajo. Estas cifras se relacionan con las condiciones de vida de los habitantes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4: índices de marginación y sus variables para los municipios que forman parte del Parque Nacional la Malinche

ESTADO	MUNICIPIO	Población total	% población analfabeta de 15 años o más	% población sin primaria completa de 15 años o más	% ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo	% ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% ocupantes en viviendas sin agua entubada	% viviendas con algún nivel de hacinamiento	% ocupantes en viviendas con piso de tierra	% población en localidades con menos de 5000 habitantes	% población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	índice de marginación	grado de marginación
TLAXCALA	Acuamanala de Miguel Hidalgo	1 357	5.8	22.25	6.29	1.13	0.14	63.6	3.96	100	69.51	-0.77702	bajo
	Chiautempan	57 512	4.59	16.67	5.79	1.1	0.35	50.99	5.27	22.52	58.11	-1.37323	muy bajo
	Coaxomulco	1 255	6.8	24.3	18.72	2.34	18.96	59.41	8.66	100	78.49	-0.46384	medio
	Contla de Juan Cuamatzi	28 842	9.48	24.46	17.45	1.44	0.78	69.88	15.77	21.48	73.11	-0.72052	bajo
	Humanita	66 561	9.69	29.19	7.78	3.44	1.22	62.36	10.85	30.6	73.33	-0.78478	bajo
	Ixtenco	5 840	10.64	30.99	4.89	2.77	0.69	54.45	13.25	0.5	77.69	-0.91584	bajo
	Mazatecocheo de José Ma Morelos	8 357	12.66	30.48	5.65	2.68	0.28	65.05	17.61	1.17	72.59	-0.079549	bajo
	Papaloitla de Xicotencatl	22 288	5.97	18.49	4.71	1.47	0.94	53.94	4.31	14.15	56.42	-1.35432	muy bajo
	San Pablo del Monte	54 387	13.77	31.26	9.56	3.62	3.52	68.47	8.53	0.61	58.92	-0.87274	bajo
	Santa Cruz Tlaxcala	12 824	6.19	21.33	15.71	1.96	1.63	57.31	6.17	35.42	66.07	-1.01886	bajo
	San José Teacalco	1 587	13.14	35.72	22.8	1.77	0.64	72.68	8.63	100	80.48	-0.16837	medio
	Teolochoolco	17 067	10.07	24.05	11.69	1.64	0.34	62.59	6.59	15.26	64.65	-0.099805	bajo
	San Francisco Tetlanohcan	9 081	12.39	26.12	17.3	1.4	0.79	64.8	15.64	0.2	66.24	-0.86005	bajo
	La Magdalena Tlatelulco	13 697	8.25	25.99	29.69	2.06	2.29	68.24	9.44	0	64.22	-0.90524	bajo
	Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	7 959	16.65	46.16	12.17	3.61	8.6	68.63	22.35	21.25	86.05	-0.19158	medio
PUEBLA	Acápete	49 462	17.75	43.99	19.48	3.84	19.55	67.43	9.72	39.15	69.49	-0.27644	medio
	Amozoc	61 315	10.63	28.91	9.39	2.61	27.07	62.51	9.77	4.75	57.17	-0.87772	bajo
	Puebla	1 346 916	4.63	14.77	2.52	0.84	6.26	36.47	3.28	2.73	39.38	-1.80493	muy bajo
	Tepatlaxco	14 055	17.3	40.93	8.31	2.71	10.76	62.43	7.46	1.35	56.24	-0.78562	bajo

Fuente: CONAPO. Índices de marginación, 2000.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Se ha reportado que en promedio se encuentran de cuatro a cinco ocupantes por vivienda particular (INEGI, 2000). La mayoría de las viviendas son particulares y cuentan con servicios de agua potable y electricidad; el drenaje es un servicio limitado a 38% de las localidades. En cuanto a los servicios de salud, el 79.8% de las comunidades pertenecientes a Tlaxcala cuentan ellos, estando el 45.6% de la población considerada como derecho habiente (INEGI, 2000).

El nivel escolar de los pobladores de la región refleja un cierto rezago, si bien el 63% sabe leer y escribir, lo cual significa que el analfabetismo es menor al 50% de la población. La mayoría de los pobladores cuenta con pocos años de escolaridad y un bajo nivel educativo. En promedio la cuenta con 4 años de educación primaria y sólo un 6% asistió a la secundaria (INEGI, 2000).

La composición de la población tiene un elevado porcentaje de habitantes de origen indígena. En la parte de Tlaxcala se pueden encontrar principalmente dos pueblos indígenas, el Otomí en la parte de la montaña, principalmente en el municipio de Ixtenco, y el Náhuatl en la parte Oeste, con relevancia en los municipios de San Pablo del Monte, en la comunidad de San Isidro Buen Suceso y San Francisco Tetlanohecan. En la parte de Puebla, los pobladores indígenas son de origen Otomí-Chichimeca, principalmente en el municipio de Puebla, en las localidades de San Miguel Canoa y San Miguelito y en el municipio de Acajete, en la localidad de San Juan Tepulco. Estos pueblos indígenas son poseedores de una larga tradición de aprovechamiento del medio natural, combinando la recolección con agroecosistemas bajo relaciones sociales de producción (Corona, 1991), entre los cuales sobresalen los sistemas agrícolas intensivos con riego, las terrazas de temporal y los huertos familiares (Luna, 1993).

### 3.4 *Actividades económicas*

El crecimiento de diversos centros urbanos, entre ellos la ciudad de Tlaxcala y Puebla, y el asentamiento de corredores industriales en las inmediaciones de la Malinche, han influenciado que los habitantes de esta región desempeñen actividades propiamente rurales junto con otras de carácter urbano. La subocupación en las actividades agrícolas y el bajo ingreso que generan ha ocasionado que gran parte de la población ejecute labores en dos o más sectores económicos (Fábila, 1955; Marroni de Velásquez, 1998). En la Tabla 5 se muestran el tipo de actividades que hoy en día predominan entre los pobladores de las comunidades asentadas en la región de la Malinche y su nivel de ingresos. La mayoría de la población económicamente activa se emplea en el sector secundario en las ramas manufacturera y de construcción, ocupando a una total de

65,047 personas. El siguiente sector en importancia es el terciario, en donde se incluyen los servicios y el comercio, que ocupa a un total de 54,429 personas; finalmente las actividades del sector primario como la agricultura, la ganadería y la silvicultura ocupan a 21,814 personas.

Tabla 5: población económicamente activa por sector económico y monto del ingreso obtenido

Sector	Población económicamente activa por sector	hasta el 0.5 de un salario mínimo	de 0.5 a menos de 1 salario mínimo	1 salario mínimo	más de 1 y hasta 2 salarios mínimos	más de 2 salarios mínimos y menos de 3	de 3 a 5 salarios mínimos	más de 5 y hasta 10 salarios mínimos	más de 10 salarios mínimos	Total
agricultura	511082	7.5	23.8	0.02	24.2	2.1	0.9	0.3	0.3	59.0
industria (manufactura)	568.995	3.8	8.9	0.02	48.2	18.6	10.2	4.4	1.9	96.1
construcción		1.3	7.4	0.01	48.8	22.9	12.3	3.1	1.4	97.3
comercio	252480	5.9	12.7	0.01	36.1	15.2	11.1	2.6	2.8	86.4
Total	1332557	19	53	0.06	157	59	35	10	6	

Fuente: INEGI, Tlaxcala-Puebla, XII Censo General de Población y Vivienda (2000); Tabulados básicos. Tomo I Dirección General de Ecología del estado de Tlaxcala (2002).

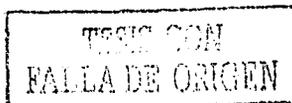
También se muestra que, según el sector, del 24% al 49% de los habitantes de la región reciben como sueldo base entre uno y dos salarios mínimos, y que alrededor del 19% reciben de dos a tres salarios mínimos. La adquisición del ingreso monetario varía de acuerdo al tipo de actividades desempeñadas, mientras que las actividades relacionadas con los sectores secundario y terciario generan ganancias mayores para el 46% de sus trabajadores; en el sector primario, sólo un 23% alcanza el salario mínimo. El 61% de la población realiza actividades en cualquiera de los tres sectores y no recibe algún tipo de remuneración. Siendo de 3.9% y de 2.7% en Industria y comercio respectivamente; de 13.6% en comercio y 41% en actividades agropecuarias. Esta última cifra refleja la importancia de actividades destinadas para el autoconsumo (INEGI, 2000).

A partir del censo de 1950, la población que se dedica únicamente a las actividades agrícolas ha disminuido entre un censo y otro, hasta la actualidad. Aún así, hoy en día entre el 72% y el 76% de los habitantes de la región continúa dedicando parte de su tiempo a las actividades agropecuarias (INEGI, 2000). En un estudio realizado sobre la región oriente de Tlaxcala, Pérez (2001) menciona que en las regiones de bajo potencial agrícola, como lo es la Malinche, se han desarrollado diversas estrategias que involucran la fuerza de trabajo familiar en actividades agropecuarias y no agropecuarias.

### 3.4.1 *El Aprovechamiento agropecuario*

La condición de los pobladores de la Malinche se caracteriza por tratarse de campesinos semiproletarizados, que utilizan tecnología tradicional en un régimen de agricultura de temporal y con bajos rendimientos promedio en sus cosecha (Romero, 2002). Esta situación se ve agravada por las condiciones ecológicas de la zona, no apta para la agricultura de temporal, así como por la vulnerabilidad de los cultivos ante los factores climáticos. De ahí que los tipos de producción agrícola predominantes sean de tipo extensivo y de una sola clase de cultivo (Pérez, 2001). Estas limitaciones en la producción agrícola, condicionadas, además, por un período reducido del año, generalmente de 5 a 6 meses, propicia un tipo de migración interna. Durante el período de siembra, los campesinos viven cercanos a sus milpas, mientras que el resto del año viven en poblados y centros urbanos mayores dedicándose a otro tipo de actividades (Marroni de Velázquez, 1998). Adicionalmente, en este sector los productores por lo general trabajan aislados, sin organización y en pequeña escala, existiendo una fuerte parcelación e irregularidad de la tenencia de la tierra (INEGI, 1986). Como la mayoría de la cosecha es destinada para autoconsumo, el maíz continúa siendo la base de la producción agrícola y la principal fuente alimenticia. Otros cultivos de importancia son la avena, el frijol y el haba. La producción de maíz se concentra en las zonas de los valles de Tlaxcala-Puebla y en la parte de Huamantla. (INEGI, 1986; INEGI, 2000). A pesar de poseer la categoría de Parque Nacional, la Malinche se distingue por tener una extensa superficie sembrada dentro de su polígono, la cual abarca un área de 23,577 ha (Vargas, 1984; datos de este estudio).

La actividad pecuaria estatal se centra mayormente en la producción de ganado ovino, porcino y de aves de corral. En las localidades aledañas a la Malinche la producción de ganado ovino, caprino y avícola son la principal ocupación pecuaria. En conjunto, representan un elemento importante en la economía familiar. La superficie dedicada a la ganadería en los municipios del Parque es aproximadamente de 14,593 ha. (INEGI, 1999).



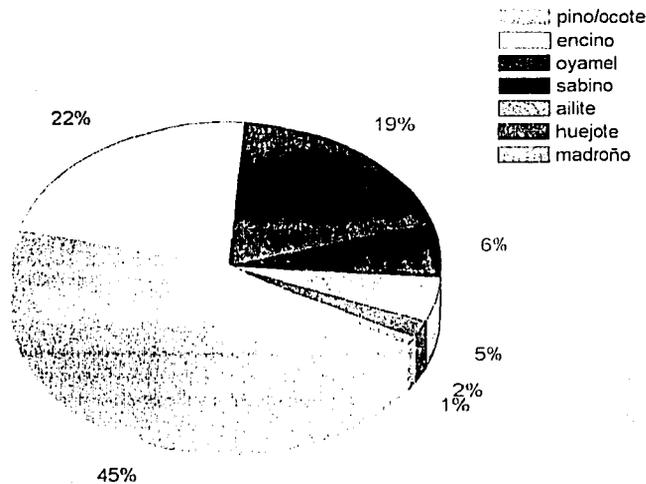
### 3.4.2 *El Aprovechamiento forestal*

El recurso forestal de la región es maderable casi en su totalidad, del cual más del 80% corresponde al pino y el 20% restante al oyamel y al encino. Aunque en los censos no se reporta la actividad silvícola para la región, tradicionalmente ciertas porciones de La Malinche, sobretodo al este y al sur del Parque, en los municipios de Huamantla, Trinidad Sánchez Santos y Puebla, las cuales, al mismo tiempo, se consideran como zonas productoras de madera. Entre los principales productos de la entidad se encuentran el rollo aserrable y el rollo para combustible y postería. Sin embargo, la mayoría de los aprovechamientos realizados dentro del Parque se caracterizan por ser extracciones forestales de tipo local para consumo doméstico sin respaldo de tecnología, financiamiento ni mercados adecuados. Lo anterior ha contribuido a que el recurso maderable sea mal aprovechado generando bajos ingresos, considerados de tipo complementario a otras actividades y de un valor comercial aún por debajo de a otros recursos forestales no maderables (Espejel, 1998).

Entre las comunidades campesinas localizadas dentro y en las cercanías del Parque, el uso de los recursos forestales está ligado a los requerimientos de fuentes energéticas y a la generación de un ingreso económico adicional. De acuerdo con el número de viviendas ubicadas en los municipios que ocupa el Parque, se sabe que el 71.84% de ellas utiliza gas como combustible (INEGI, 2000). El combustible natural que se utiliza con mayor frecuencia es la leña, ya sea de encino, ocote, oyamel o sabino (15.08%); ésta se aprovecha sola o combinándola con otras fuentes combustibles como la caña de azúcar y el gas butano. Sólo el 1.03% de las viviendas utiliza carbón elaborado preferentemente con especies de encino (Espejel, *et al.*, 1999). La recolección de los recursos forestales se destina mayormente para el autoconsumo y en menor cantidad para la venta en mercados locales. De acuerdo a estas dos variantes, la cantidad de leña recolectada varía desde 10 cargas semanales para lugares en donde existe el autoconsumo hasta 100 cargas para lugares proveedores de leña (Chávez, *et al.*, 1990). Una carga equivale aproximadamente de 40 a 50 kg (Espejel, 1998).

Como se observa en la Figura 5, las especies más explotadas para autoconsumo son: el ocote (*Pinus spp*) 45%, encino (*Quercus spp*) 22%, oyamel (*Abies religiosa*) 19%, sabino (*Juniperus depeana*) 6%, ailite (*Alnus jorullensis*) 5%, huejote (*Salix, spp*) 2% y madroño (*Arbutus xalapensis*) 1% (Espejel, 1998). Los principales usos a los que se designan estas especies maderables son la obtención leña, madera, corteza, resina, frutos y brazuelo. La medera se usa para fabricar morillos, vigas y festón, entre otros productos. Otro tipo de productos no maderables y con una gran demanda son los hongos y las plantas ornamentales, como el paxtle y la lama.

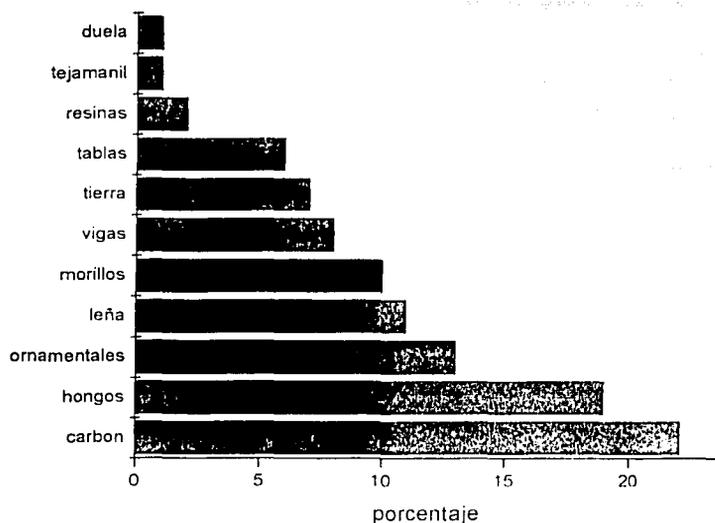
Figura 5: Especies forestales más explotadas para autoconsumo



Fuente: Espejel, 1998

Cuando el objetivo de los pobladores es extraer recursos forestales para su venta en mercados locales, los productos mas explotados en la Malinche son el carbón, hongos, plantas ornamentales, leña, morillos, principalmente (Figura 6).

Figura 6: productos que se extraen de bosque de la Malinche y que se destinan para su venta.



Fuente: Espejel, 1998

Las personas que se dedican a vender estos productos tienen un ingreso semanal de 140 a 300 pesos; mientras que siendo sólo campesinos, su ingreso semanal es de 100 a 125 pesos. Los que venden hongos y plantas ornamentales obtienen un ingreso semanal de 50 a 100 pesos (Espejel, 1998). Los municipios cuyas localidades extraen recursos forestales de una manera más intensa son Huamantla, San Pablo del Monte, San José Teacalco, Teolocholco, San Francisco Tetlanohcan y Zitlaltepec.

### 3.5 Tenencia de la tierra y uso del suelo en el Parque Nacional La Malinche

El régimen de tenencia de la tierra en la Malinche ha estado estrechamente ligado al uso que se le ha dado al suelo (Fabila, 1955). La propiedad de la tierra en la Malinche es en su mayoría de propiedad comunal y ejidal y en menor grado privada (Vargas, 1984; INEGI, 2000). Las tierras de uso común existen bajo dicha categoría desde tiempos prehispánicos, posteriormente, durante la Reforma Agraria, pasaron a formar parte de la dotación del ejido. En la actualidad, dichas tierras se encuentran destinadas a las actividades agropecuarias y en menor medida a actividades forestales. Los municipios de San José Teacalco, Teolocholco, Ixtenco y Zitlaltepec, destinan el 100% de sus tierras comunales al uso forestal. Por su parte, las tierras parceladas y las de uso individual se han aprovechado predominantemente en la producción agrícola para el autoconsumo.

Conforme al decreto de 1938, que declara la creación del Parque Nacional la Malinche, se estableció una poligonal sin tomar en consideración los derechos de propiedad existentes en la región de la Malinche. Los límites se establecieron tomando como referencia poblaciones u otras características físicas, sin establecer coordenadas exactas. A pesar de que, en la actualidad el área del Parque se considera oficialmente como un polígono de 45,711 ha y la zona federal se limita a un área de 24,057 ha, partir de los 2,800 m de altitud. En las partes bajas del Parque, por debajo de los 2,800 msnm y entre esta cota y los 3.200 de altitud, existe una situación de confusión entre la propiedad federal y la ejidal o comunal, con derechos de propiedad imprecisos. Con el tiempo, esta discrepancia ha propiciado la existencia de conflictos limítrofes entre municipios y ejidos, también que ciertas tierras consideradas comunales no hayan sido objeto de interés para su aprovechamiento ni para su protección.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Capítulo 4.- Captura de Carbono en el Parque Nacional La Malinche

Los ecosistemas forestales, a través de los procesos de la fotosíntesis y la respiración, participan activamente en la asimilación del carbono atmosférico almacenándolo en la estructura de los componentes de la vegetación. De esta manera se establecen flujos y sumideros naturales que forman parte del ciclo del carbono (Raev *et al.*, 1997; Schroeder *et al.*, 1997). Por consiguiente, el contenido de carbono almacenado en un bosque es determinado por la cantidad de biomasa que posee dicho ecosistema (Ketterings *et al.*, 2001). La biomasa vegetal es definida como la cantidad total de materia orgánica presente en los árboles incluyendo hojas, ramas y corteza, expresada en toneladas de masa seca por unidad de área (Brown, 1997). Los factores que también influyen en la cantidad total de biomasa y por tanto en la proporción de carbono almacenado son: la región geográfica, el clima, la topografía, el suelo, la estructura del bosque, la composición, la densidad. Del mismo modo influyen la sucesión natural, las actividades de silvicultura y de extracción, y la degradación por impactos naturales ocasionados por incendios forestales y variaciones climáticas (Brown *et al.*, 1989; Gillespie *et al.*, 1990).

Estimar la biomasa arbórea, utilizando únicamente las medidas del fuste del árbol, es uno de los métodos más utilizados para evaluar la cantidad total de la biomasa aérea en un cierto lugar (Ketterings, *et al.*, 2001). En el presente estudio se estimó el contenido de carbono almacenado en el área forestal de la Malinche a partir de la cuantificación *in situ* de la biomasa aérea. Para ello se utilizaron los valores obtenidos de la masa arbórea aérea por género, mediante el registro de diferentes variables dasonómicas, como el diámetro y la altura. Posteriormente, se utilizaron ecuaciones alométricas que relacionan la biomasa individual de cada árbol a partir de mediciones fácilmente obtenibles y no destructivas (Brown *et al.*, 1989, Gillespie *et al.*, 1990; Brown, 1997). Finalmente, el contenido de carbono se estimó multiplicando el valor de la biomasa por la proporción de carbono.

### 4.1 Resultados obtenidos de la fotointerpretación

El objetivo principal de la fotointerpretación realizada fue crear un mapa de vegetación y uso de suelo que sirviera como base para el diseño del muestreo en campo y para las futuras estimaciones de carbono. Para ello se utilizaron 32 fotografías aéreas pancromáticas del año 2001 escala 1:25,000; con las cuales se identificaron seis tipos de comunidades vegetales: el bosque de pino, el bosque de pino-encino, el bosque de encino-pino, el bosque de oyamel, el bosque de oyamel-pino y el bosque de pino-oyamel.

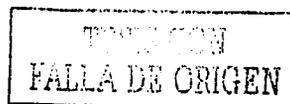
Dichas comunidades vegetales cubren el 46.18% de la superficie del Parque. El porcentaje restante lo conforman las zonas sin vegetación arbórea como el pastizal alpino y el pastizal inducido que ocupan el 2.75% y las áreas sin vegetación aparente con el 1.37%. Las áreas destinadas a la agricultura de temporal ocupan el 49.7% de la superficie del Parque. Por su parte, la densidad promedio de las diferentes comunidades vegetales delimitadas durante la fotointerpretación fue estimada con base en los inventarios de campo y en el grado de cobertura del dosel (Figura 7). Las clases de cobertura se basan en el porcentaje de superficie de terreno recubierta por vegetación arbórea. Designando el 1 para la vegetación con dosel más cerrado hasta el 4 para el más abierto (Tabla 6). Fueron establecidas de la siguiente manera

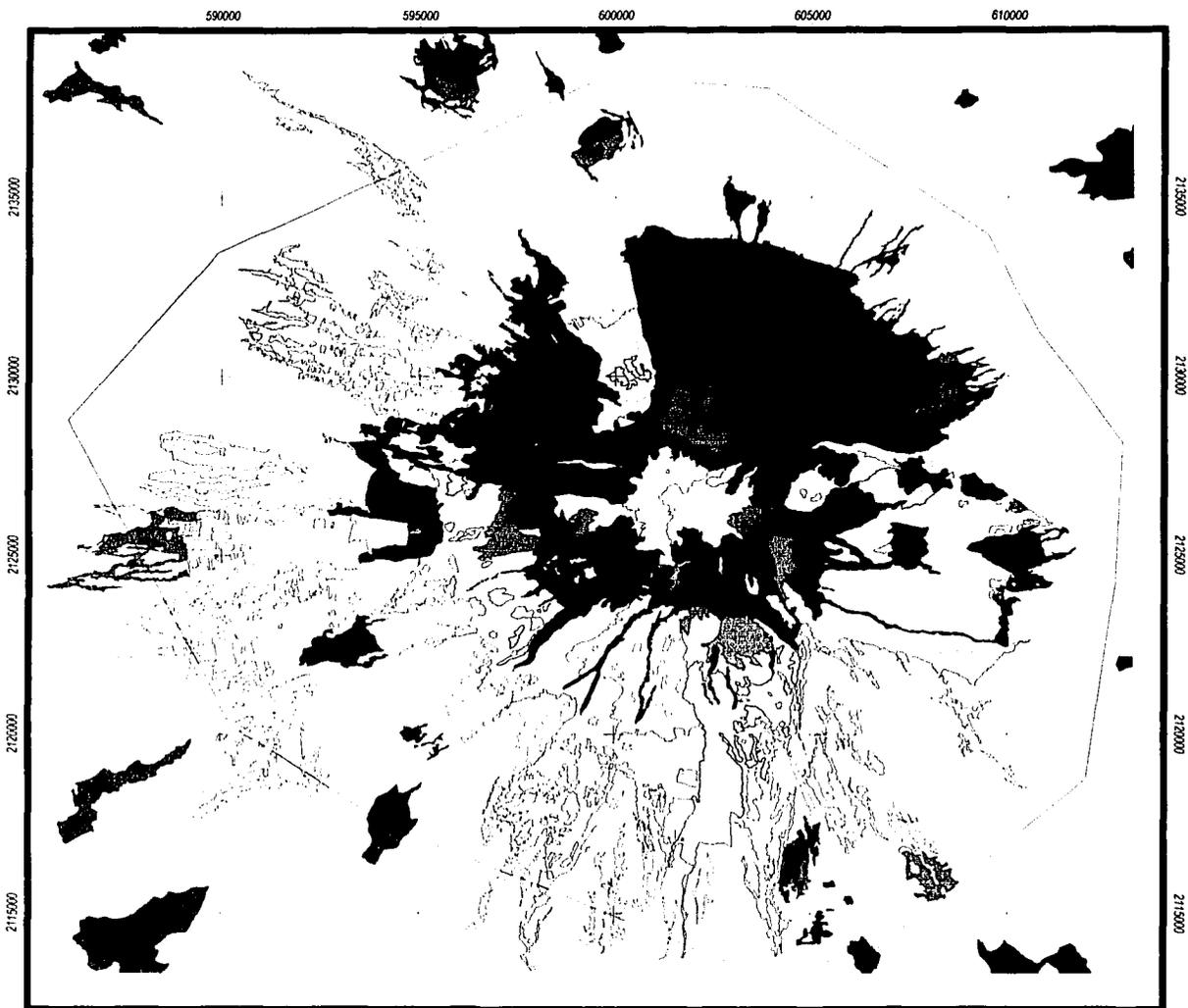
- a) clase 1.- Cerrada (recubrimiento general superior al 90%)
- b) clase 2.- Semiabierta (menor del 90% - 75%)
- c) clase 3.- Abierta (menor del 75% - 20%)
- d) clase 4.- Extremadamente abierta (menor del 20% - 10%)

Tabla 6: Comunidades vegetales y clases de cobertura identificadas durante la fotointerpretación del área forestal de la Malinche

Comunidad Vegetal	Área (ha)	%
pino clase 1	5389	26.1
pino clase 2	1504	7.02
pino clase 3	1093	5.1
pino clase 4	411	1.9
pino-encino clase 1	2523	11.8
pino-encino clase 2	3139	14.7
pino-oyamel clase 1	548	2.6
encino-pino clase 1	1958	9.1
encino-pino clase 2	1860	8.7
encino-pino clase 3	597	2.4
oyamel clase 1	545	2.5
oyamel-pino clase 1	1280	5.9
oyamel-pino clase 2	61	0.3
TOTAL	21405	100.00

Las comunidades vegetales de oyamel-pino y pino-oyamel, identificadas en la fotointerpretación, no fueron muestreadas en campo debido a su inaccesibilidad. Sus valores fueron extrapolados de





COMUNIDADES VEGETALES POR CLASES DE COBERTURA

- Pino clase 1
- Pino clase 2
- Pino clase 3
- Pino clase 4
- Pino-encino clase 1
- Pino-encino clase 2
- Pino-oyamel clase 1
- Encino-pino clase 1
- Encino-pino clase 2
- Encino-pino clase 3
- Oyamel clase 1
- Oyamel-pino clase 1
- Oyamel-pino clase 2
- Pastizal alpino
- Pastizal inducido

OTROS

- Áreas quemadas
- Agricultura de temporal
- Área sin vegetación
- Localidad
- LÍMITE DEL PARQUE



0 1 2 3 4 5 Kilómetros

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

AUTORA: Biol. Ana Elisa Peña del Valle Isla  
FUENTE: Fotografías aéreas, 1:25000 (Enero, 2001),  
SECODUVI, Tlaxcala, MEX.

Figura 7. Mapa de comunidades vegetales por clases de cobertura y usos del suelo

comunidades con composiciones vegetales similares. El pastizal alpino no fue considerado en este estudio debido a que únicamente se evaluaron elementos arbóreos.

#### 4.2 Metodología para la cuantificación de la biomasa aérea y la estimación del contenido de carbono

##### 4.2.1 Diseño del muestreo y trabajo de campo

El inventario de carbono estuvo basado en mediciones físicas y en la aplicación de principios utilizados en inventarios forestales. Con el fin de obtener una estimación del contenido de carbono en áreas con condiciones naturales lo más homogéneas posibles, tanto en la composición vegetal como en la topografía del terreno, se eligió un muestreo de tipo estratificado, en el cual los sitios de muestreo se asignaron sistemáticamente de acuerdo a las comunidades vegetales identificadas tanto en la fotointerpretación como en campo, pertenecientes a la Malinche (Sosa y Zerecero, 1977; Patenaude *et al.*, 2003). El tamaño de la muestra fue establecido a partir de los datos de varianza obtenidos de un muestreo previo y al área total de muestreo. El género que se tomó como base para el cálculo fue *Pinus spp.* por considerarlo como el más abundante dentro del Parque. La fórmula que se utilizó fue:

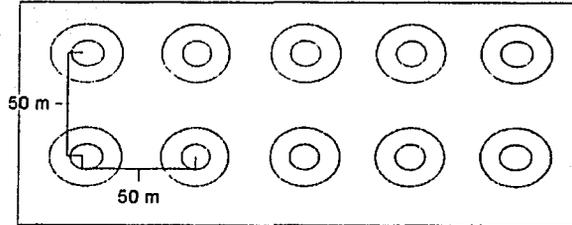
$$N = t^2 (S\%)^2 / (E\%)^2$$

Donde: N = número de muestra, t = valor de T student (utilizando el valor de tablas); S% = coeficiente de varianza; E% = error permitido. De este cálculo, se determinó una n de muestreo igual a 12 sitios ( $\alpha = 0.05$ ). Los sitios de muestreo fueron asignados de acuerdo a los factores siguientes: 1) proporción existente entre la extensión ocupada por cada comunidad vegetal con respecto al área total de la Malinche 2) distribución dentro del Parque, 3) niveles altitudinales y topografía, 4) estado de conservación. Complementariamente, se realizaron diversos recorridos de campo de tipo exploratorio, con el fin de corroborar el tipo de vegetación elegido en cada sitio, su estado de conservación, así como las características físicas del terreno y la accesibilidad al mismo.

Cada sitio de muestreo estuvo conformado por diez parcelas concéntricas consistentes en áreas de forma circular con dos diferentes radios (Figura 8). El radio mayor fue de 17.8 m cubriendo un área de 0.1 ha y el radio menor de 8.9 m cubriendo una extensión de 0.025 ha. En total, el área cubierta en cada sitio de muestreo fue de 1 hectárea; esta superficie se consideró como el área mínima de representación espacial que podría recuperarse posteriormente en fotografías aéreas.

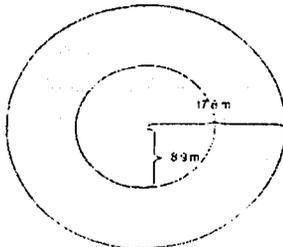
Dependiendo de la distribución de la comunidad vegetal por muestrear y de la topografía del terreno, se procuró un acomodo de dos líneas de cinco círculos cada una o bien una sola línea con diez círculos con ángulos irregulares.

Figura 8: Esquema que representa un sitio de muestreo compuesto por 10 círculos de 0.1 ha cada uno.



De abril de 2002 a febrero de 2003 se llevó a cabo el trabajo de campo en la Malinche. Los sitios elegidos fueron registrados con un GPS y marcados en una carta topográfica escala 1:50,000. En cada uno de los diez círculos que conformaron a un sitio de muestreo se eligió un punto central a partir del cual se establecieron las demás mediciones. En todos los círculos se registró el número de individuos, el género, el DAP, la altura total. El DAP fue medido utilizando una cinta diamétrica o una furcípula y la altura utilizando una cinta métrica y un clinómetro. Los árboles con DAP mayor a 10 cm se midieron en el círculo de radio 17.8 m y en el círculo de radio 8.9 m se midieron los árboles con DAP menor a 10 cm (Figura 9) discriminando a aquellos árboles que no alcanzaran 1.30 m de altura y/o estuviesen fuera de este círculo. El uso de círculos concéntricos hizo eficiente el esfuerzo de muestreo, y permitió contar con áreas acordes a la variable a medir de manera que el muestreo no fuese complicado y se logran medidas representativas de cada área (Márquez, 2000).

Figura 9: Esquema que representa un círculo de 0.1 ha



1 círculo = 0.1 hectárea

Círculo interno: árboles menores 10 cm  $\varnothing$  +  
árboles mayores 10 cm  $\varnothing$

Círculo externo: árboles mayores 10 cm  $\varnothing$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.2.2 Empleo de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa aérea

El contenido de biomasa arbórea se estimó utilizando ecuaciones de regresión de biomasa que se han ajustado para ciertos géneros y que relacionan la biomasa individual de cada árbol a partir de mediciones fácilmente obtenibles como el diámetro y la altura (Baskerville, 1976; Gholz *et al.*, 1979; Brown, 1997; Claesson *et al.*, 2001).

La preferencia por ecuaciones específicas para género o especie es importante debido a que los árboles de diferentes especies o géneros pueden variar significativamente en su arquitectura (forma) y densidad de la madera (Ketterings *et al.*, 2001), lo cual puede conducir a una sobre o subestimación de la biomasa. A partir de esta consideración, se prefirió el uso de las ecuaciones alométricas específicas para especies de coníferas y latifoliadas mexicanas, propuestas por Ayala (1998). Estas ecuaciones estiman el peso total del árbol (PT) considerando el peso del fuste, las ramas y la copa (Tabla 7) a partir del uso del DAP. El uso de ecuaciones alométricas generales para géneros relacionados, como es el caso de las coníferas y las latifoliadas presentes en la Malinche, es considerado válido e incluso recomendable, por diferentes autores (Brown, 1997; Schroeder *et al.*, 1997; Ketterings *et al.*, 2001; Brown, 2002), quienes han trabajado con ecuaciones alométricas estratificadas por grupos de especies o zonas ecológicas logrando un buen ajuste.

Tabla 7: ecuaciones alométricas utilizadas para coníferas y latifoliadas

Principales grupos de plantas	Generos	Ecuación alométrica
coníferas	Pinus spp y Abies sp.	$PT = 0.084 D^{2.475}$
latifoliadas	Quercus spp. y Alnus sp.	$PT = 1.91 D^{1.782}$

Finalmente, una vez obtenida la biomasa en toneladas, se multiplica por el contenido de carbono. La literatura especializada indica que, en promedio, la materia vegetal seca contiene entre el 45 y el 50% de carbono (Brown, 1997; Ayala, 1998, Fukuda, 2003). En este estudio, el valor estimado de la biomasa individual de cada árbol se multiplicó por 0.45, valor estándar utilizado internacionalmente (IPCC, 1996), mediante la fórmula:

$$C_{BA} = PT (F)$$

Donde:  $C_{BA}$  = carbono contenido en la biomasa aérea; PT = peso seco total; F = contenido de carbono.

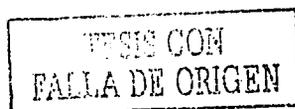
### 4.3 Composición, densidad y estructura del área forestal de la Malinche

En total, fueron establecidos 13 sitios de muestreo con 123 parcelas circulares; la superficie inventariada fue de 12.3 ha. De acuerdo a la extensión de cada comunidad vegetal dentro del área forestal del Parque, al bosque de pino correspondieron 4 sitios; al bosque de pino-encino 3 sitios; al bosque de encino-pino 4 sitios y al bosque de oyamel 2 sitios (Figura 10). Las características de cada sitio de muestreo presentadas en la Tabla 8 fueron atribuidas con base en los datos de campo y complementadas con información obtenida de la literatura (DGE, 2003).

Tabla 8: características de los trece sitios de muestreo llevado a cabo en el área forestal del Parque Nacional la Malinche.

SITIO	LOCALIZACIÓN	ALTITUD (msnm)	COMUNIDAD VEGETAL	SUPERFICIE (has)	ORIENTACIÓN	TIPO CLIMÁTICO
1	N 605541 W 2130727	3200	Bosque de pino	1	NE	Semifrio subhúmedo
2	N 604667 W 2129338	3400	Bosque de pino	0.8	NE	Semifrio subhúmedo
3	N 602076 W 2129631	3379	Bosque de pino	1	N	Semifrio subhúmedo
4	N 594683 W 2126911	2997	Bosque de pino	0.8	O	Templado subhúmedo
5	N 604682 W 2129265	3690	Bosque de pino-encino	0.9	NE	Semifrio subhúmedo
6	N 607183 W 2122505	3002	Bosque de pino-encino	1	SE	Templado subhúmedo
7	N 595966 W 2126497	3050	Bosque de pino-encino	1	SO	Templado subhúmedo
8	N 609290 W 2122173	2873	Bosque de encino-pino	1	SE	Templado subhúmedo
9	N 607479 W 2122334	3030	Bosque de encino-pino	1	SE	Templado subhúmedo
10	N 605773 W 2123067	3242	Bosque de encino-pino	1	SE	Templado subhúmedo
11	N 601504 W 2130086	3215	Bosque de encino-pino	1	N	Templado subhúmedo
12	N 596435 W 2126852	3099	Bosque de oyamel	1	SO	Templado subhúmedo
13	N 604417 W 2127867	3320	Bosque de oyamel	0.8	NE	Semifrio subhúmedo

Fuente: Datos de campo y datos obtenidos del Programa Integral de Manejo del Parque Nacional la Malinche. Dirección General de Ecología, Tlaxcala, 2003.



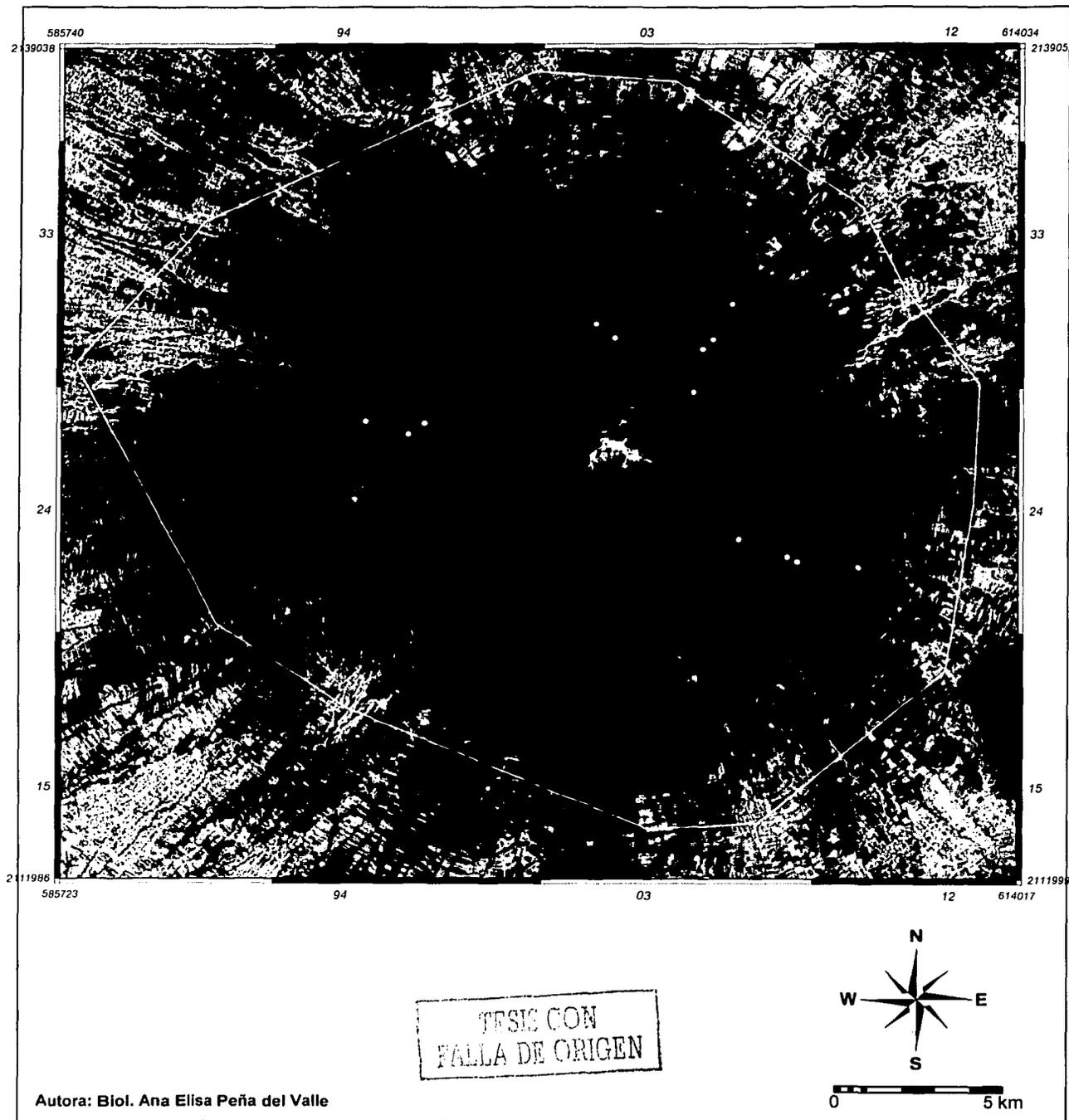
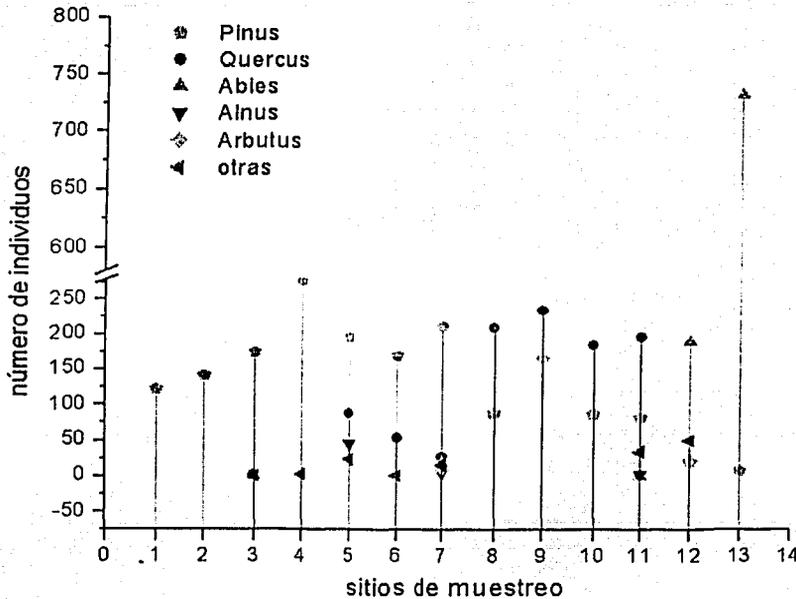


Figura 10: Mapa de localización de los sitios de muestreo establecidos en el Parque Nacional la Malinche

Los resultados obtenidos en campo sobre la composición, densidad y estructura de las comunidades vegetales inventariadas, muestran que el porcentaje de individuos por género y su abundancia varió en cada sitio de muestreo (Figura 11). Entre ellos, los sitios con asociaciones de pino-encino y encino-pino, presentaron un mayor número de especies diferentes.

Figura 11: densidad de individuos por género registrados en cada sitio de muestreo



Es importante mencionar que las diferentes comunidades vegetales estudiadas en los sitios de muestreo fueron categorizadas dentro de un determinado tipo de comunidad vegetal considerando un orden de dominancia de acuerdo al género más abundante y de mayor talla (Meaza, 2000). Estas características correspondieron con aquellos géneros que, al inventariarse en un mismo sitio, presentaran una abundancia del 50% al 100%. El género codominante debía presentarse como mínimo en un 25%. La proporción existente entre los árboles de un mismo género con respecto a los demás géneros en un mismo tipo de comunidad vegetal se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: géneros encontrados por sitio de muestreo y porcentaje de composición arbórea

SITIO	GÉNEROS ENCONTRADOS	NUMERO DE INDIVIDUOS	PROPORCIÓN (%)	SITIO	GÉNEROS ENCONTRADOS	NUMERO DE INDIVIDUOS	PROPORCIÓN (%)
1	bosque de pino	125	100	8	bosque de encino-pino	302	100
	<i>Pinus spp</i>	125	100		<i>Pinus spp</i>	89	29.5
					<i>Quercus spp</i>	213	70.5
2	bosque de pino	143	100	9	bosque de encino-pino	401	100
	<i>Pinus spp</i>	143	100		<i>Pinus spp</i>	166	41.4
					<i>Quercus spp</i>	234	58.6
3	bosque de pino	183	100	10	bosque de encino-pino	277	100
	<i>Pinus spp</i>	177	96.7		<i>Pinus spp</i>	88	31.8
	<i>Quercus spp</i>	3	1.6		<i>Quercus spp</i>	189	68.2
	<i>Abies religiosa</i>	1	0.6				
	otras	2	1.1				
4	bosque de pino	286	100	11	bosque de encino-pino	319	100
	<i>Pinus spp</i>	282	98.6		<i>Pinus spp</i>	82	25.7
	<i>Cupressus lindleyi</i>	4	1.4		<i>Quercus spp</i>	197	61.8
			<i>Alnus firmifolia</i>		4	1.3	
5	bosque de pino-encino	358	100		<i>Abies religiosa</i>	1	0.3
	<i>Pinus spp</i>	197	55.1		otras	35	10.9
	<i>Quercus spp</i>	91	25.4	12	bosque de oyamel	297	100
	<i>Alnus firmifolia</i>	46	12.8		<i>Pinus spp</i>	24	8.1
otras	24	6.7	<i>Abies religiosa</i>		194	65.3	
6	bosque de pino-encino	226	100		<i>Arbutus xalapensis</i>	24	8.1
	<i>Pinus spp</i>	170	75.2		otras	55	18.5
	<i>Quercus spp</i>	54	23.9	13	bosque de oyamel	744	100
	otras	2	0.9		<i>Pinus spp</i>	9	1.2
			<i>Abies religiosa</i>		735	98.8	
7	bosque de pino-encino	296	100				
	<i>Pinus spp</i>	213	72				
	<i>Quercus spp</i>	28	9.5				
	<i>Alnus firmifolia</i>	6	2				
	<i>Abies religiosa</i>	21	7.1				
	<i>Arbutus xalapensis</i>	11	3.7				

Nota: otras se refiere a las especies *Salix babilónica* (huevojote), *Cupressus lindleyi* cedro blanco, *Casuarina equisetifolia* (casuarina) y *Buddleja spp* (tepozán).

Cada comunidad vegetal fue caracterizada a partir de la información obtenida en campo y de la clase de cobertura correspondiente según el mapa de vegetación realizado. Posteriormente, con estos elementos, se estimó su cantidad de biomasa por género y comunidad vegetal, y el contenido de carbono correspondiente. En la Tabla 10 se relaciona la apertura del dosel identificada en la fotointerpretación con la densidad relativa de individuos por unidad de área registrada en los muestreo de campo. De manera general, los bosques de pino presentaron la

densidad más baja de individuos por unidad de área, con 184 árboles en promedio, mientras que los bosques de encino-pino y los bosques de oyamel fueron los más densos con valores promedio de 325 para el primero y 521 para el segundo. Las comunidades vegetales que en promedio presentaron los doseles más abiertos fueron los bosques de pino y pino-encino, ambos por localizarse en áreas de fácil acceso destinadas para el aprovechamiento.

Tabla 10: comunidades vegetales y densidad de cobertura a partir de la fotointerpretación y su correspondiente densidad obtenida del trabajo en campo.

Comunidad vegetal	Apertura del dosel	Individuos / ha
pino	clase 1	280
	clase 2	200
	clase 3	150
	clase 4	100
pino-encino	clase 1	350
	clase 2	220
encino-pino	clase 1	400
	clase 2	300
	clase 3	250
oyamel	clase 1	700
oyamel-pino	clase 1	520
	clase 2	280
pino-oyamel	clase 1	290

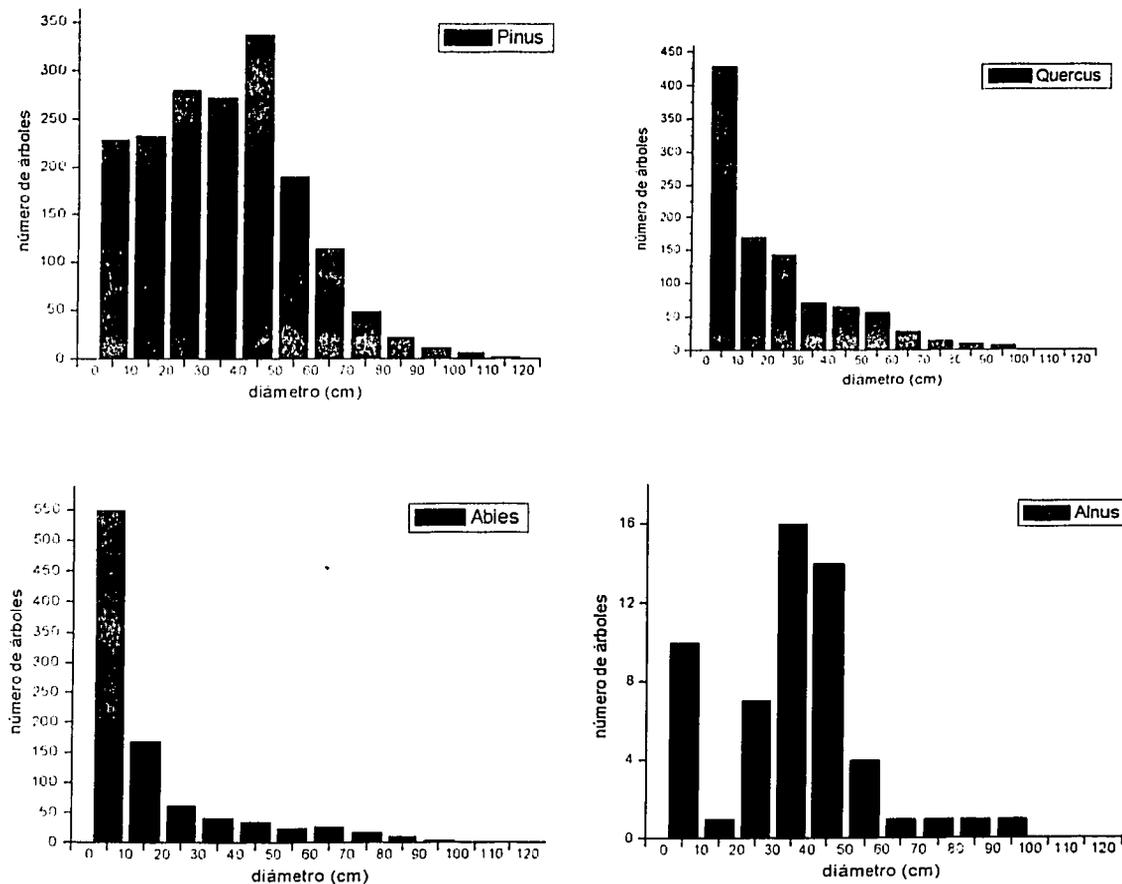
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Realizando un análisis de la estructura de los individuos de acuerdo a las dos clases diamétricas registradas en los inventarios de campo, se encontró que el 34.5% del arbolado tiene un DAP menor o igual a 10 cm, mientras que el 65.5% tiene un DAP mayor a 10 cm. De acuerdo con Olvera, *et al* (1996) se considera que un árbol es joven cuando rebasa el 1.30 m de altura pero no los 10 cm de DAP; de igual forma, se considera a un árbol como adulto cuando rebasa el 1.30 m de altura y los 10 cm de DAP.

Para conocer de manera más precisa la estructura de las principales poblaciones inventariadas, se dividió al arbolado de acuerdo al género, en clases diamétricas de 10 en 10 cm. De esta manera fue posible observar las variaciones en talla y número de individuos existentes en cada género estudiado. En la Figura 12 se observa que, para los cuatro géneros considerados, la mayoría de los individuos pertenecen a las clases diamétricas pequeñas y medianas, de 0 a 50 cm. En las poblaciones de *Quercus spp*, el 49% del arbolado inventariado se ubicó en la clase diamétrica de

0-10 cm, encontrándose sólo un individuo con DAP mayor de 100 cm. En los *Abies sp.*, el 52.8% de la población inventariada se ubicó en la misma primer categoría, disminuyendo notoriamente en las clases diamétricas mayores. Sin embargo, se llegaron a registrar seis individuos con DAP mayores a 100 cm. En las poblaciones de *Pinus spp.* el 19% de los arboles se ubicó en la clase de 40.1 a 50 cm y el 58% en las tres primeras clases diamétricas. El 36% de la población de *Alnus sp.* se presentó en las categorías de 30.1 a 40 cm y de 40.1 a 50 cm.

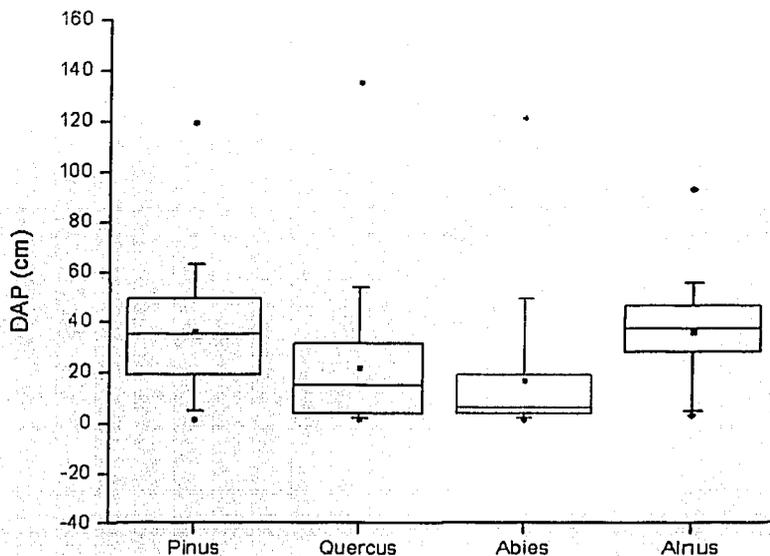
Figura 12: número de individuos por género de acuerdo a la clase diamétrica



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para conocer la medida de la variabilidad de las poblaciones de *Pinus spp.*, *Quercus spp.*, *Abies sp.* y *Alnus sp.*, de acuerdo al valor de su DAP, se utilizaron los rangos intercuartiles (Figura 13). De esta manera, fácilmente se puede identificar la mediana de la población, así como los cuartiles superior e inferior, en donde se ubica el 50% de los individuos de cada población.

Figura 13: categorías del DAP de los árboles pertenecientes a los géneros *Pinus spp* (n=1751), *Quercus spp.* (n=999), *Abies sp.*(n=946) y *Alnus sp.* (n=56), estudiados en la Malinche.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 4.3 Cuantificación de la biomasa aérea y estimación del contenido de carbono

Los valores estimados de biomasa y carbono, muestran una relación inversa con la clase diamétrica. Independientemente del número de individuos considerados dentro de cada clase, los mayores valores de biomasa y carbono se obtuvieron a partir de los árboles con mayor DAP. En la Tabla 11, incisos a, b, c y d, se muestra el valor de la mediana obtenido para cada clase diamétrica, así como la desviación estándar, el error estándar y la sumatoria. El hacer una distinción de los individuos en función del diámetro del fuste permitió examinar la influencia del tamaño del diámetro en el contenido de biomasa y en el contenido de carbono. Mientras que un tercio de la población inventariada se conformó por árboles con DAP menor a 10 cm, su contribución al contenido de biomasa y carbono totales fue apenas del 0.13%. Por su parte, la población con DAP mayor a 10 cm aportó el 99.7% de la biomasa y carbono. Al mismo tiempo,

se observó que el mayor contenido de carbono no correspondió a los sitios con mayor densidad de árboles, sino con aquellos sitios en donde el porcentaje de árboles mayores a 10 cm de DAP fue cercano al 90%. Esta condición no se cumplió en el sitio trece, con bosque de oyamel, en donde dicho porcentaje de árboles con tallas mayores fue de 42%, pero con individuos con tallas superiores a los 120 cm de DAP.

Tabla 11: Cantidad de biomasa presente en las diversas clases diamétricas de a) *Pinus spp.* b) *Quercus spp.* c) *Abies sp.* y d) *Alnus sp.*

a)

Género/clase	mediana	desv std	error std	$\Sigma$
<i>Pinus spp.</i>				
0-10	0.002	0.01	0.0003	0.88
10.1-20	0.09	0.03	0.0022	18.69
20.1-30	0.25	0.07	0.0046	70.18
30.1-40	0.56	0.11	0.0072	155.62
40.1-50	1.03	0.16	0.0108	352.78
50.1-60	1.63	0.21	0.0139	319.41
60.1-70	2.54	0.27	0.0178	293.56
70.1-80	3.61	0.36	0.0238	177.30
80.1-90	4.96	0.45	0.0297	114.58
90.1-100	6.78	0.62	0.0410	74.31
100.1-110	8.78	0.79	0.0522	58.53
110.1-120	10.48	0.91	0.0601	31.87

b)

Género/clase	mediana	desv std	error std	$\Sigma$
<i>Quercus spp.</i>				
0-10	0.01	0.027	0.00	10.40
10.1-20	0.26	0.08	0.00	43.80
20.1-30	0.55	0.12	0.01	82.71
30.1-40	1.01	0.144	0.01	75.31
40.1-50	1.72	0.19	0.01	111.96
50.1-60	2.34	0.21	0.01	134.43
60.1-70	3.10	0.26	0.01	92.16
70.1-80	4.14	0.25	0.01	62.21
80.1-90	5.11	0.3	0.01	51.75
90.1-100	6.50	0.4	0.02	51.29

c)

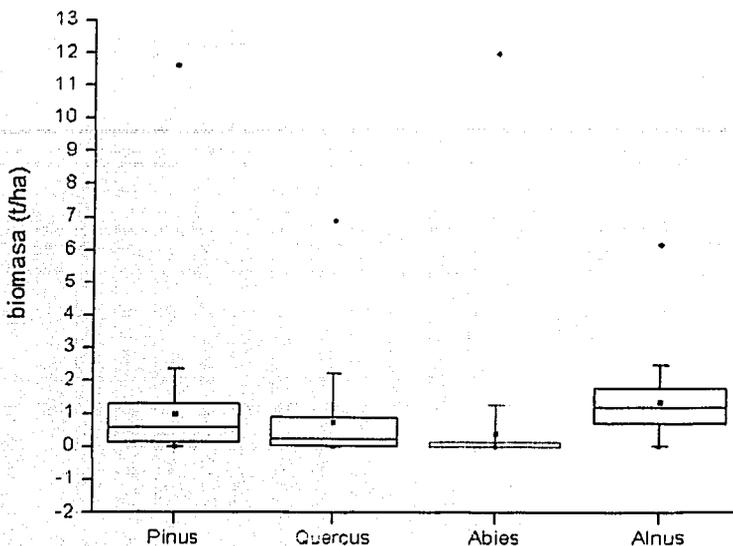
Género/clase	mediana	desv estd	error std	$\Sigma$
<i>Abies religiosa</i>				
0-10	0.002	0.004	0.0002	2.11
10.1-20	0.055	0.029	0.0012	10.52
20.1-30	0.236	0.07	0.0030	15.06
30.1-40	0.52	0.11	0.0047	22.97
40.1-50	1.06	0.17	0.0072	38.68
50.1-60	1.6	0.22	0.0094	40.59
60.1-70	2.65	0.29	0.0124	70.93
70.1-80	3.46	0.33	0.01	64.32
80.1-90	4.8	0.42	0.02	52.39
90.1-100	5.99	0.29	0.01	25.55
100.1-110	0	0	0.00	0.00
110.1-120	10.33	0.44	0.02	20.68
120.1-130	11.98	0	0.00	11.98

d)

Género/clase	mediana	desv estd	error std	$\Sigma$
<i>Alnus firmifolia</i>				
0-10	0.02	0.04	0.01	0.43
10.1-20	0.27	0		0.27
20.1-30	0.72	0.13	0.04	4.75
30.1-40	1.16	0.18	0.06	17.79
40.1-50	1.75	0.18	0.06	23.56
50.1-60	2.45	0.21	0.07	10.05
60.1-70	3.34	0	0.00	3.34
70.1-80	4.5	0	0.00	4.50
80.1-90	5	0	0.00	5.00
90.1-100	6.19	0	0.00	6.19

El 50% de la cantidad total de biomasa por género estudiado se distribuyó en el rango de  $\leq$  cero a 2 tC/ha. Sin embargo, como se observa en la Figura 14, se llegaron a registrar valores de más de 12 tC/ha. Estos valores correspondieron a los árboles de mayor talla, los cuales, como ya se vió, resultaron ser individuos con características fuera de los límites de confianza. De la misma manera que con los valores de DAP, se conoció la distribución de los valores de biomasa para cada género estudiado, usando la distribución de rangos intercuartiles.

Figura 14: categorías de biomasa presente en los árboles pertenecientes a los géneros *Pinus spp* (n=1751), *Quercus spp.* (n=999), *Abies sp.*(n=946) y *Alnus sp.* (n=56), estudiados en la Malinche.



Al transformar los datos de biomasa a toneladas de carbono utilizando el factor de 0.45, se obtuvieron valores proporcionales a los ya obtenidos para la biomasa (Tabla 12 a, b, c y d).

Tabla 12: Contenido de carbono presente en las diversas clases diamétricas de a) *Pinus spp.* b) *Quercus spp.* c) *Abies sp.* y d) *Alnus sp.*

a)	Género/clase	mediana	desv std	error std	Σ
	<i>Pinus spp.</i>				
	0-10	0.001	0.0022	0.00	0.40
	10.1-20	0.04	0.015	0.00	8.41
	20.1-30	0.11	0.03	0.00	31.58
	30.1-40	0.25	0.049	0.00	70.03
	40.1-50	0.463	0.074	0.00	158.75
	50.1-60	0.763	0.095	0.01	143.73
	60.1-70	1.143	0.122	0.01	132.10
	70.1-80	1.62	0.166	0.01	79.78
	80.1-90	2.23	0.2	0.01	51.56
	90.1-100	3.05	0.28	0.02	33.44
	100.1-110	3.95	0.35	0.02	26.34
	110.1-120	4.71	0.41	0.03	14.34

b)

Género/clase	mediana	desv std	error std	$\Sigma$
<i>Quercus spp.</i>				
0-10	0.006	0.012	0.00	4.68
10.1-20	0.12	0.036	0.00	19.71
20.1-30	0.25	0.05	0.00	37.22
30.1-40	0.45	0.065	0.00	33.89
40.1-50	0.77	0.086	0.00	50.38
50.1-60	1.05	0.095	0.00	60.49
60.1-70	1.4	0.12	0.01	41.47
70.1-80	1.86	0.11	0.01	27.99
80.1-90	2.3	0.137	0.01	23.29
90.1-100	2.93	0.18	0.01	23.08

c)

Género/clase	mediana	desv std	error std	$\Sigma$
<i>Abies religiosa</i>				
0-10	0.001	0.002	0.0001	0.95
10.1-20	0.025	0.013	0.0006	4.74
20.1-30	0.106	0.03	0.0013	6.78
30.1-40	0.23	0.051	0.0022	10.34
40.1-50	0.47	0.077	0.0033	17.40
50.1-60	0.73	0.1	0.0043	18.27
60.1-70	1.19	0.13	0.0055	31.92
70.1-80	1.55	0.15	0.0064	28.94
80.1-90	2.16	0.18	0.0077	23.58
90.1-100	2.69	0.13	0.0055	11.50
100.1-110	0	0	0.0000	0.00
110.1-120	4.65	0.19	0.0081	9.31
120.1-130	5.39	0	0.00	5.39

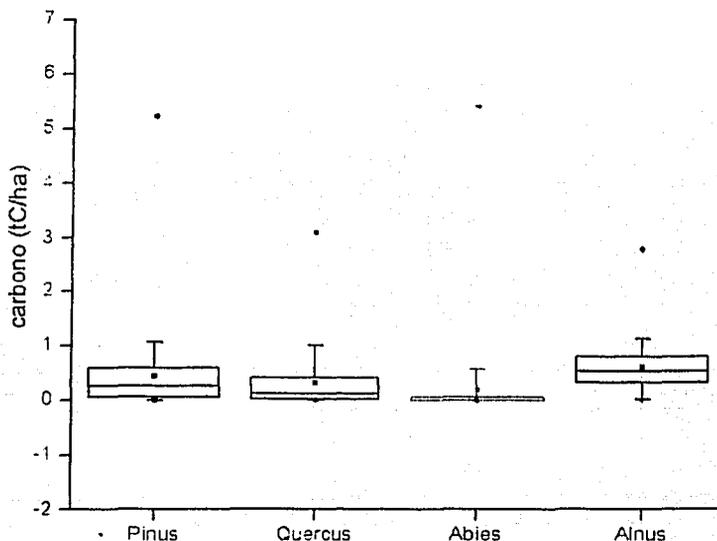
d)

Género/clase	mediana	desv std	error std	$\Sigma$
<i>Alnus firmifolia</i>				
0-10	0.01	0.018	0.01	0.20
10.1-20	0.12	0	0.00	0.12
20.1-30	0.32	0.059	0.02	2.14
30.1-40	0.52	0.98	0.31	8.01
40.1-50	0.78	0.08	0.03	10.60
50.1-60	1.1	0.09	0.03	4.52
60.1-70	1.5	0	0.00	1.50
70.1-80	2.02	0	0.00	2.02
80.1-90	2.25	0	0.00	2.25
90.1-100	2.78	0	0.00	2.78

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para conocer que tanta influencia tienen las características de cada población en cuanto a la talla y a la densidad de individuos en el contenido de carbono entre los diferentes géneros estudiados, se realizó una prueba de ANOVA. Los resultados mostraron que el contenido de carbono entre los cuatro géneros analizados sí presentó diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ;  $p = 0.164$ ). En la figura 15 se observa como se distribuyeron los valores del contenido de carbono en cada uno de los cuatro géneros estudiados, así como la mediana y su valores extremos.

Figura 15: categorías de biomasa presente en los árboles pertenecientes a los géneros *Pinus spp* (n=1751), *Quercus spp.* (n=999), *Abies sp.*(n=946) y *Alnus sp.* (n=56), estudiados en la Malinche.



#### 4.4 Línea base y almacenamiento actual de carbono en la Malinche

Para establecer la línea base en un determinado sistema forestal, es necesario tener idea previa de lo que se desea y se puede hacer para aprovechar el potencial del bosque. En el caso particular de la Malinche, como área natural protegida, se podría establecer una línea base situada dentro de un marco de conservación de las áreas forestales. Para ello se necesitaría conocer la tendencia de uso y conservación de los reservorios de carbono en distintos tiempos, a fin de construir escenarios verosímiles para el establecimiento de un proyecto MDL. Un punto de partida es conocer la

cantidad de carbono almacenada en los diferentes tipos de comunidades vegetales de la Malinche. Este es uno de los elementos básicos y que requiere de un mayor esfuerzo; a partir de ella, se podrán realizar las estimaciones sobre captura de carbono bajo diferentes escenarios de manejo y políticas. Este último aspecto requiere de parámetros como la tasa de crecimiento de los árboles, y las actividades de extracción que se realizan en el bosque.

Los resultados obtenidos muestran que el bosque de oyamel contiene una mayor cantidad de biomasa y por tanto mayor cantidad de carbono almacenado. Cubriendo una superficie de 1.19% en bosques monoespecíficos y 2.8%, cuando se encuentra asociado con pino, el bosque de oyamel almacena cerca del 12% del total de carbono estimado para la Malinche. En contraparte, los bosques de pino cubren aproximadamente el 19% del área forestal y sólo almacenan el 7% del carbono. Los bosques con asociaciones de pino-encino, encino-pino, pino-oyamel y oyamel-pino, son los que mayor contribución tienen en el almacenaje de carbono, ya que su extensión dentro del Parque la Malinche es considerable, alrededor del 26%, y sus valores de almacenaje son altos, entre 80 y 116 tC/ha. Lo anterior se relaciona con las variables inherentes a cada comunidad vegetal estudiada. Para conocer si existían diferencias significativas en el contenido de carbono estimado para cada comunidad vegetal, se realizó otra prueba de ANOVA, en la cual se encontró que el contenido de carbono entre comunidades vegetales no varía significativamente ( $\alpha = 0.05$ ;  $p = 2.18E-4$ ).

En la Tabla 13 se muestra el contenido de carbono almacenado en la Malinche por cada comunidad vegetal. Para estimar este valor por cada comunidad vegetal se recurrió a la información generada de la fotointerpretación y del trabajo de campo. En el momento actual, el área arbolada de la Malinche, que cubre aproximadamente 23 mil hectáreas, tiene almacenadas en conjunto 2,002,955.29 tC/ha.

Tomando en cuenta la extensión de cada comunidad vegetal, así como sus características estructurales y de densidad, se encontró que el bosque de pino tiene almacenado un promedio de 76.1 tC/ha, el bosque de encino-pino 108.43 tC/ha, el bosque de pino-encino 107.67 tC/ha, el bosque de pino-oyamel 95.59 tC/ha, el bosque de oyamel 152.89 tC/ha y el bosque de oyamel-pino 92.03 tC/ha, el zacatonal y pastizal inducido 1 tC/ha. En el caso de las áreas con agricultura, el contenido de carbono se consideró con un valor de cero (Ordóñez, 2003 comunicación personal).

Tabla 13: toneladas de carbón totales por tipo de vegetación y superficie

Tipo de vegetación	superficie (ha)	promedio tC/ha	tC totales
Bosque de pino	8597	76.1± 15.9	654231.7
Bosque de pino-encino	5662	107.7±24.7	609627.54
Bosque de encino-pino	4415	108.4 ± 15	478718.45
Bosque de pino-oyamel	548	95.6 ± 0	52383.32
Bosque de oyamel	545	152.9 ± 0	83325.05
Bosque de oyamel-pino	1341	92 ± 27.2	123412.23
agricultura	22719	0	0
TOTAL	45084		2002955.29

El contenido de carbono presente en cada tipo de comunidad vegetal, estuvo en función de la composición de especies, la apertura del dosel, la densidad de individuos. Con base en estos parámetros y tomamos como referencia estimaciones realizadas anteriormente para tipos de vegetación similares (Masera, *et al.*, 2001; Claesson, 2001), por ejemplo, Masera *et al.*, (2001) quienes reportan para bosques de coníferas valores de 118 tC/ha y para bosques de latifoliadas 105 tC/ha. A partir de estos datos se definieron distintas clases de almacenamiento de carbono para las comunidades vegetales del Parque, los cuales se muestran en la Tabla 14. Alto, para los valores mayores a 118 tC/ha; Medio, para los valores comprendidos entre 118 y 80 tC/ha; y Bajo, para los valores menores a 80 tC/ha.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 14: Potencial de almacenaje de carbono y su relación con los demás parámetros

comunidad vegetal	apertura del dosel	individuos / ha	individuos/ ha > 10 cm	contenido de carbono	potencial de almacenaje
pino	Clase 1	280	243	116.64	alto
	clase 2	200	174	83.52	medio
	clase 3	150	130	62.1	bajo
	clase 4	100	87	41.712	bajo
pino-encino	clase 1	350	278	132.29	alto
	clase 2	220	174	82.9	medio
encino-pino	clase 1	400	270	136.93	alto
	clase 2	300	201	102.08	medio
	clase 3	250	169	83.77	medio
oyamel	clase 1	700	293	152.36	alto
oyamel-pino	clase 1	520	252	118.98	alto
	clase 2	280	136	64.53	bajo
pino-oyamel	clase 1	290	201	95.53	medio

En la Figura 16 se muestra la ubicación espacial de las áreas con potenciales alto, medio y bajo de almacenamiento de carbono. Como áreas propicias para reforestación se consideraron las comunidades vegetales con baja densidad de individuos, pertenecientes a las clases de cobertura 2, 3 y 4, todas ellas sumaron un total de 8,103 hectáreas. Las áreas designadas para la aforestación fueron zonas de pastizal inducido y áreas con agricultura que estuviesen rodeadas por bosque, las cuales sumaron un total de 2,712 hectáreas. Para calcular la adicionalidad de carbono mediante acciones de reforestación, se tomó como referencia la cantidad de carbono contenida en los bosques con cobertura de clase 1; a este valor de carbono almacenado se restó el valor de cada una de las otras tres clases, considerando en todo momento el tipo de comunidad vegetal. La diferencia obtenida entre ambos valores se consideró como la cantidad adicional de carbono capturado que podría tener cada comunidad.

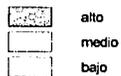
#### 4.5 La extensión y conservación de las áreas forestales en la Malinche

Los mapas de vegetación y de contenido de carbono se utilizaron junto con el mapa de división municipal, para conocer la superficie cubierta por vegetación perteneciente a cada municipio, así como el tipo de comunidad vegetal y la densidad arbórea. Como se mencionó en el capítulo 3, los bosques de la Malinche se encuentran bajo la jurisdicción de diecisiete municipios: trece

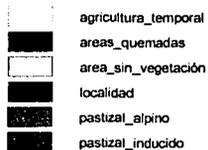
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



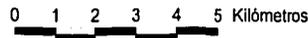
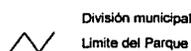
**ALMACENAMIENTO C**



**OTROS**



**LIMITES**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

AUTORA: Biol. Ana Elisa Peña del Valle Isla  
FUENTE: Fotografías aéreas, 1:25000 (Enero, 2001).  
SECODUVI, Tlaxcala, MEX.  
trabajo de campo (abril, 2002-febrero, 2003)

Figura 16. Mapa de contenido de carbono por categorías de almacenamiento

pertenecientes a Tlaxcala y cuatro a Puebla. La mayoría de ellos posee en su territorio cierta extensión forestal en la cual los pobladores hacen un uso habitual de los recursos forestales; de ahí la importancia de relacionar la extensión forestal y su estado de conservación con algunos índices o características de la población (Tabla 15). Para calificar el grado de conservación de dicha vegetación, se tomó como parámetro principal la densidad del arbolado, entre mayor fuese la densidad, mejor el grado de conservación. Específicamente, las características de la población elegidas fueron el grado de marginación, la densidad poblacional y el tipo de actividad económica predominante en cada municipio, por representar los ámbitos económico-sociales más significativos.

Tabla 15: estado de conservación y su porcentaje de cubierta vegetal en relación al área total de cada municipio; así como algunas variables poblacionales de los mismos.

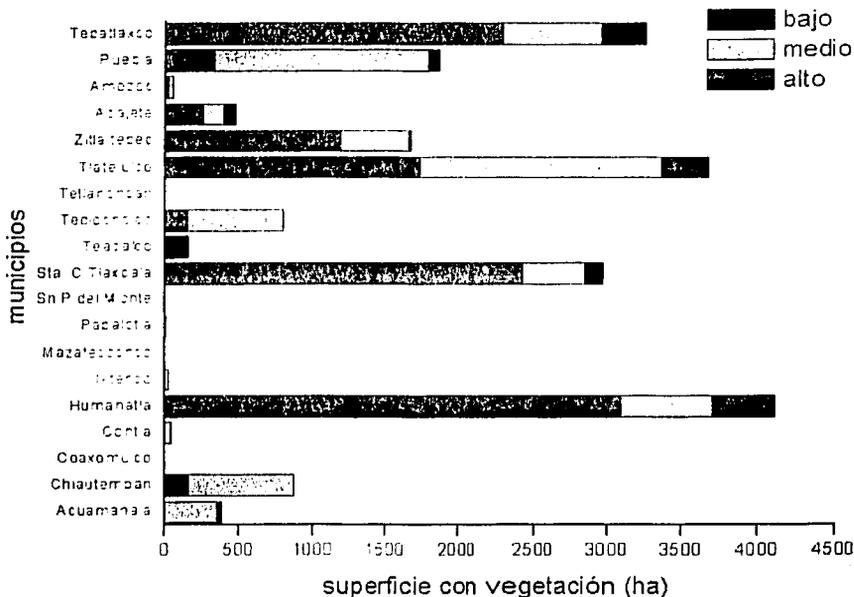
ESTADO	MUNICIPIO	% de cubierta vegetal	estado de conservación	densidad de población	grado de marginación	sector/ actividad
TLAXCALA	Acuamana de Miguel Hidalgo	13.63	medio	156	bajo	secundario
	Chiautempan	5.65	medio	440	muy bajo	terciario
	Coaxomulco	9.90	-	272	medio	terciario
	Contla de Juan Cuamatzi	1.97	medio	1356	bajo	secundario
	Huamantla	11.61	alto	188	bajo	terciario
	Ixtenco	0.49	medio	125	bajo	primario
	La Magdalena Tlaltelulco	0.00	-	587	bajo	secundario
	Mazatecocheo de José María Morelos	0.58	medio	1441	muy bajo	secundario
	Papalotla de Nicotencatl	9.90	-	2878	bajo	secundario
	San Francisco Tetlanohcan	59.03	alto	255	bajo	terciario
	San José Teacalco	4.06	alto	123	medio	primario
	San Pablo del Monte	12.89	alto	268	bajo	secundario
	Santa Cruz Tlaxcala	0.00	-	312	bajo	terciario
	Teotlocholcō	45.66	alto/medio	170	bajo	secundario
	Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	25.28	alto	121	medio	primario
PUEBLA	Acajete	2.89	alto	285	medio	terciario
	Amozoc	0.27	medio	350	bajo	secundario
	Puebla	3.67	medio	2569	muy bajo	terciario
	Tepatlaxco	63.65	alto	275	bajo	secundario

Fuente: INEGI, Tlaxcala-Puebla, XII Censo General de Población y Vivienda (2000); Tabulados básicos. Tomo 1. CONAPO, 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por otra parte, en la Figura 17 se muestra, de manera resumida, el área con vegetación que posee cada uno de los municipios que tienen influencia en el uso de los recursos forestales de la Malinche, así como la categoría que la vegetación de dicha área posee de acuerdo a la cantidad almacenada de carbono, lo que permite evaluar el porcentaje de cubierta vegetal de cada municipio, su estado de conservación y su capacidad para almacenar carbono.

Figura 17: superficie vegetal (ha) por municipio según la cantidad de carbono (tC/ha) almacenado.



El porcentaje de cubierta vegetal y el grado de conservación se obtuvieron de los datos de la Tabla 18, en donde se muestra una clasificación del área forestal en sus diferentes comunidades vegetales y sus clases de cobertura de acuerdo al municipio dentro del cual se encuentran.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

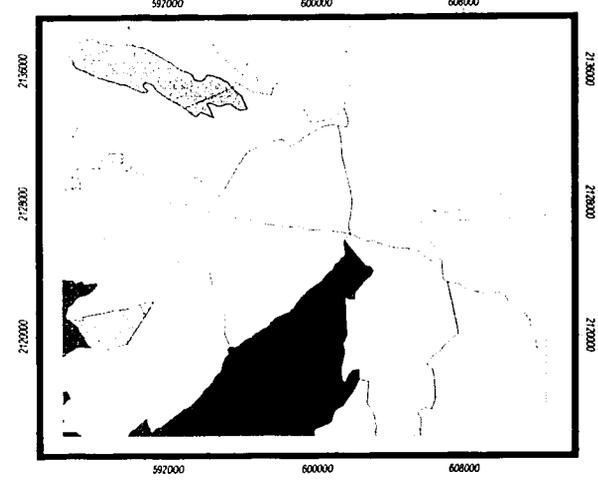
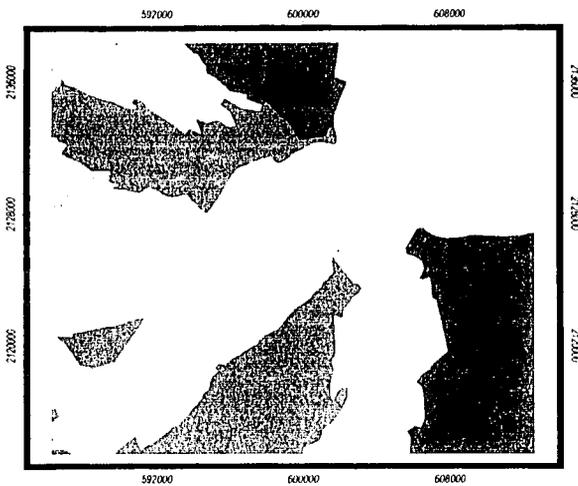
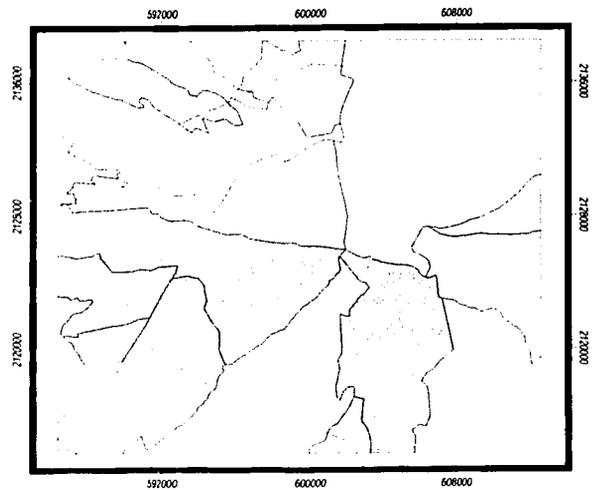
Tabla 18: superficie forestal (ha) dividida por comunidad vegetal y tipo de cobertura que corresponde a cada municipio de la Malinche

ESTADO	MUNICIPIO / VEGETACION	encino-pino			oyamel	oyamel-pino		pino				pino-encino		pino-oyamel	pastizal alpino	pastizal inducido	agricultura de temporal	areas quemadas	TOTAL
		clase 1	clase 2	clase 3		clase 1	clase 2	clase 1	clase 2	clase 3	clase 4	clase 1	clase 2						
TALXACALA	Acuamanala de Miguel Hidalgo	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	351	-	-	2	447	-	829	
	Chiantempán	-	-	-	-	-	147	15	-	-	-	708	-	-	-	3165	-	4035	
	Coxamulco	-	-	-	-	-	202	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	205	
	Contla de Juan Cuamatzi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	-	-	1	239	-	342	
	Humanatla	-	-	-	375	230	26	2418	475	362	24	62	-	142	41	51	3742	226	8174
	Ixtenco	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	2	-	-	-	27	669	-	720
	Mazatecocheo de José Ma. Morelos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	32	-	41
	Papalotla de Nicotencatl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83
	San Pablo del Monte	-	-	-	-	-	-	139	-	-	-	10	651	-	-	14	1184	-	1998
	Santa Cruz Tlaxcala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	-	109
	San José Teacalco	-	-	-	-	-	-	92	-	58	-	-	-	-	-	1	1420	-	1571
	Teolochohco	51	209	61	28	327	11	407	396	286	15	909	843	129	124	63	2732	-	6591
	San Francisco Tetlanohcan	413	34	-	-	41	18	1967	118	102	-	-	248	28	123	29	1664	49	4834
	La Magdalena Hutehlico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12
	Zitlathepec de Trinidad Sánchez Santos	118	-	-	3	92	4	-	430	9	-	961	-	51	2	34	1341	-	3045
PUEBLA	Acajete	217	63	68	7	-	-	-	-	86	28	4	-	-	14	2449	-	2936	
	Amozoc	19	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	373	-	423	
	Puebla	57	1057	334	86	178	4	-	35	32	41	-	-	7	576	1761	-	4203	
	Tejatlaxco	1081	454	33	44	412	-	203	10	63	234	551	-	164	-	135	2240	-	5624
	TOTAL	1956	1817	527	543	1280	63	5575	1501	941	400	2523	2916	549	297	950	23579	275	

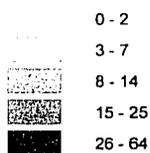
Los municipios con mayor cubierta vegetal son: Huamantla, Teolocho, San Fco. Tetlanohcan, Zitlaltepec, Tepatlaxco y Puebla. En ellos se encuentra el 82.2% de la vegetación forestal presente en el Parque Nacional la Malinche. se considera muy bueno y con una alta capacidad para almacenar carbono. En estos municipios predominan las actividades económicas de los sectores terciario seguido del secundario. Por su parte, los municipios con mediana cubierta vegetal son: Chiautempan, San Pablo del Monte, Acuamanala, Acajete y San José Teacalco. La vegetación de estos municipios presenta un grado de conservación medio a alto. Finalmente, los municipios con menor cubierta vegetal son: Contla de Juan Cuamatzi, Amozoc, Ixtenco, Mazatecochco, la cual tiene un grado de conservación bajo. De manera semejante a los municipios anteriores, las actividades predominantes de la población en estos municipios pertenecen a los sectores secundario y terciario. Los municipios de Sta Cruz Tlaxcala, Magdalena Tlatelulco, Papalotla y Coaxomulco no poseen cubierta forestal situada dentro del Parque.

En la Figura 18 se muestra de manera resumida los factores considerados en el estudio, como son la cubierta vegetal en relación a la extensión total del municipio, la densidad poblacional, el grado de marginación y el sector económico predominante. Con estas variables se realizó una matriz de correlación; utilizando la ponderación asignando valores dummies para aquellas variables de carácter cualitativo. De manera general, la relación entre todas las variables salió muy baja, la más significativa fue el porcentaje de cubierta vegetal con el grado de conservación de la misma ( $r^2 = 0.59$ ). A su vez, ambas variables, se relacionaron de manera inversa con la densidad poblacional ( $r^2 = -0.30$  y  $r^2 = -0.42$ ). De manera general, los municipios cuyas actividades económicas predominantes se encuentran dentro de los sectores secundario y terciario, poseen una cobertura vegetal baja con grado de conservación medio a alto, mientras que los municipios con actividades primarias poseen una cubierta vegetal media con un alto grado de conservación.

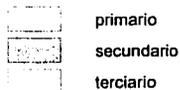
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



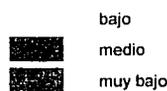
**CUBIERTA VEGETAL %**



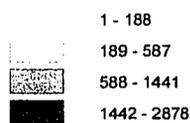
**SECTOR**



**MARGINACIÓN**



**DENSIDAD**



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



0 1 2 3 4 5 Kilómetros

AUTORA: Biol. Ana Elisa Peña del Valle Isla  
 FUENTE: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000;  
 Índices de marginación, CONAPO, 2000;  
 Fotografías aéreas 1:25000 (Enero, 2001)

Figura 18. Mapas municipales de Tlaxcala y Puebla, sobre a) cubierta vegetal, b) actividad económica principal, c) grado de marginación, d) densidad poblacional

63-1

## 4.6 *Discusión de Resultados*

### 4.6.1 *Estimación de la biomasa y del contenido de carbono en el Parque Nacional la Malinche*

El estudio realizado en el Parque Nacional La Malinche tiene como contribución, haber realizado una evaluación de la vegetación arbórea a escala detallada para caracterizar la densidad y distribución de los reservorios de carbono dentro del Parque. El análisis estuvo basado en un exhaustivo trabajo de campo, por lo que los resultados mostrados constituyen una referencia consistente para la validación de futuras estimaciones de carbono realizadas utilizando materiales de percepción remota, en localidades con comunidades vegetales similares. De esta manera se contribuirá con el estudio de los reservorios de carbono, uno de los puntos más costosos en al establecimiento de líneas base confiables y esencial para calcular la adicionalidad requerida para los proyectos MDL.

Estos dos últimos aspectos aluden directamente a una correcta medición del carbono y a la utilización de una metodología compatible con las experiencias recabadas durante el desarrollo de proyectos semejantes en el ámbito internacional (MacDicken, 1997; Fundación Solar, 2000; Schlegel *et al.*, 2001). Considerar lo anterior implica la realización de un inventario forestal estadísticamente significativo y la aplicación de un método sistematizado para estimar la biomasa y el contenido de carbono. De esta manera el muestreo será costo-eficiente y podrá cumplir con los requerimientos establecidos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1996).

Para llevar a cabo la estimación de la biomasa aérea en el Parque Nacional la Malinche, se consideró tanto el uso de ecuaciones volumétricas, como la aplicación de ecuaciones alométricas desarrolladas para pinos y encinos del sureste de México (Ayala, 1998). De manera general, el cálculo del volumen consiste en utilizar fórmulas semejantes al de algunos sólidos geométricos y aplicar en ellas los datos de campo. Esta opción pareció adecuada por utilizar directamente los valores de DAP y altura, así como el género por requerir de valores de densidad específicos. Sin embargo, cada género posee una forma característica, en ocasiones bastante irregular sin alguna semejanza con algún cuerpo geométrico. Esta diferencia, acentuada entre las coníferas y las latifoliadas, es la que hace al cálculo del volumen un procedimiento meticuloso. Para corregir la estimación del volumen se recurre al uso de factores de forma, o también llamados coeficientes mórfoicos. El factor de forma se refiere a la relación existente entre el volumen de un árbol y el volumen de un cilindro que tenga como base el área transversal del árbol a la altura de 1.30 m y como altura, la que corresponde al propio árbol (Caballero, 1982). Por su parte el uso de las

ecuaciones alométricas para la medición de carbono, se considera como una forma práctica y confiable para estimar la biomasa y el contenido de carbono de un lugar (Brown, 1997; Schroeder et al., 1997; Ketterings *et al.*, 2000). Brown (2002) comenta que, entre las ventajas de utilizar ecuaciones alométricas estratificadas por géneros, tipos vegetales o zonas ecológicas, es que están desarrolladas con base en un gran número de árboles, de distintas tallas, lo que les da mayor confiabilidad al estimar la biomasa arbórea. Por lo regular, dichas ecuaciones presentan el inconveniente de estar desarrolladas en base a un rango limitado de clases diamétricas (Brown, 1997), generalmente mayores a 10 cm de DAP, por lo que su uso para estimar la biomasa en individuos de clases menores a 10 cm de DAP, tiende a sobreestimar su valor (Evert, 1969). Las ecuaciones alométricas elegidas para este estudio (Ayala, 1998), si bien presentan problemas de estimación con árboles pequeños, también han sido aplicadas en diversos trabajos realizados en bosques templados mexicanos, proporcionando resultados confiables de biomasa.

La mayoría de los conteos de carbono se han basado en inventarios forestales regionales lo cual proporciona una buena representación de las condiciones del bosque y de sus tendencias y patrones (Jenkins, 2003). La estimación de la cantidad de biomasa y el contenido de carbono en las diferentes comunidades vegetales de la Malinche estuvo en función de la composición vegetal, la talla, la estructura del arbolado y de la densidad de individuos por unidad de área (Turne y Koerper, 1995; Patenaude *et al.*, 2003). Estos elementos interactúan entre sí, interviniendo en la dinámica de cada comunidad vegetal. Carey, *et al.* (2001) mencionan que en bosques con diferentes estratos arbóreos y de diferentes edades, se produce un efecto positivo sobre la productividad del sitio y por tanto pueden almacenar una mayor cantidad de carbono. Al respecto Nakashizuka (2001), hace referencia a ciertos mecanismos de coexistencia entre especies que permiten a éstas tener mayores ventajas durante su ciclo de vida. Estos mecanismos están relacionados con la facilitación, dispersión, polinización, entre otras. El estudio de estos factores estuvo fuera de los objetivos del presente estudio. Sin embargo, se les hace mención porque al buscar opciones para optimizar el almacenaje o captura de carbono mediante una elección de manejo forestal, será necesario tomar en cuenta los procesos ecológicos y sus efectos ambientales, como la competencia por luz y nutrientes, y su influencia en el crecimiento del arbolado y el desarrollo de la copa (Sohngen y Mendelsohn, 2001).

Un atributo fisonómico que, de acuerdo a los resultados de este estudio, mostró una relación significativa con la cantidad de biomasa almacenada en un determinado sitio, es la densidad de individuos por unidad de superficie. Este atributo está influenciado por el tipo de regeneración

característicos de los géneros estudiados, por las etapas de crecimiento y por factores físicos (Meaza, 2000). Por ejemplo, en las comunidades vegetales con asociaciones predominadas por latifoliadas del género *Quercus*, se encontró un gran número de individuos jóvenes, producto del rebrote natural a partir de troncos rotos o cortados; mientras que el número de árboles en los sitios monoespecíficos de pino fue muy baja. En este último caso puede haber influido la elevación altitudinal, ya que las poblaciones de pinos tienden a volverse más dispersas a mayor altitud, lo mismo cuando se encuentran localizadas en la cercanía de barrancas o peñascos. Paralelamente, la intervención de las actividades socioeconómicas sobre la conservación del recurso forestal influye en la estructura y densidad del bosque. Durante la fotointerpretación se observó que las áreas más descubiertas de vegetación no correspondieron necesariamente con una comunidad vegetal específica sino con su cercanía a caminos, poblados o zonas de pastoreo y extracción. Como se mencionó anteriormente, las actividades de extracción llevadas a cabo en el Parque, están enfocadas en la utilización de madera para leña, carbón y materiales de producción. Las especies que con mayor frecuencia se explotan son el pino u ocote (45%) y el encino (22%), que a su vez son las que se encuentran más accesibles (Espejel, 1998).

Otro atributo, ahora de carácter estructural, que influye en la capacidad de almacenamiento de carbono de las diversas comunidades vegetales de la Malinche, es la talla de los árboles. Específicamente el tamaño del DAP y la altura, aunque esta última parezca no tener gran influencia en el mejoramiento de la estimación de biomasa (Ketterings, *et al.*, 2001)

Los valores estimados sobre el contenido de carbono para cada comunidad vegetal presente en la Malinche, se encuentran dentro del rango reportado por otros autores para comunidades vegetales similares (De Jong *et al.*, 1997; Ordoñez, 1998; Patenaude *et al.*, 2003), los cuales van de 40 tC/ha a 200 tC/ha. Para ello, se consideró la importancia de la talla y la densidad de árboles en la aportación a la capacidad de almacenamiento y a la captura de carbono. La gran cantidad de árboles menores de 10 cm de DAP en ciertos sitios de muestreo indica un potencial futuro para continuar capturando carbono, mientras en los bosques maduros, aquellos en donde el diámetro promedio se encuentra entre los 10 y 15 cm de DAP representan un importante papel como reservorios de carbono (Chambers, *et al.*, 1998; Carey, *et al.*, 2001), lo cual se confirma con los resultados obtenidos en este estudio. Noss (2001) reporta para los bosques jóvenes de coníferas de una zona boreal, una capacidad de almacenamiento de 50 a 148 tC/ha, mientras que los bosques maduros almacenan entre 371 a 900 tC/ha. Un bosque maduro tendrá una capacidad limitada de captura en relación con una zona en donde se han realizado actividades de

reforestación, aclareo o incluso zonas incendiadas en donde se están llevando a cabo procesos de repoblación (Alvarado, 2003. comunicación personal).

#### *4.6.2 Viabilidad para proyectos MDL en áreas forestales de México*

Las diferentes demandas y apreciaciones que a través del tiempo se han generado en torno al bosque como fuente de múltiples productos (madera, semillas, hongos, leña suelo, agua) y recurso de múltiples usuarios (Gibson, *et al.*, 2000), son el principal argumento para impulsar una perspectiva integral al momento de realizar evaluaciones sobre proyectos forestales para funcionar dentro del MDL. Al respecto, diversos autores han mencionado que entre los mayores retos que presentan los proyectos propuestos dentro del MDL está el incluir los intereses y contextos locales, así como el considerar toda la amplia variedad de bienes y servicios ambientales que son aprovechados por los habitantes locales (López, 1999; Bass *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2000). El creciente interés por dichos bienes y servicios ambientales se debe a que su apropiación y valoración obedecen a objetivos y metas sociales específicas que son reflejo del conocimiento de los elementos y procesos culturales, técnicos y económicos que involucran a la naturaleza y a la sociedad (Harvey, 1996) y que en un momento dado pueden proporcionar directrices para la implementación de proyectos dentro del MDL.

En este sentido, al entender que la viabilidad de los procesos generados en un bosque está determinada por numerosos factores no biológicos, resulta claro que la generación de información biológica sobre el bosque y su potencial de almacenaje y captura quedaría inconclusa sin la consideración de las condiciones sociales, políticas y económicas locales. En un momento dado, estas variables serán las verdaderas determinantes para evaluar si la compra-venta de compensaciones de carbono puede convertirse en una estrategia extra agrícola efectiva a la cual los campesinos y dueños de zonas boscosas puedan recurrir para generar mayor ingreso, y de acuerdo a los objetivos de estipulados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, propiciar un desarrollo sustentable compatible con las necesidades locales.

Al igual que toda actividad destinada a promover el desarrollo rural mediante la generación de un valor agregado al capital natural y social ya existentes (De Janvry y Sadoulet, 2001), la compra-venta de compensaciones de carbono depende de la identificación y superación de situaciones previas a la misma para asegurar su correcto funcionamiento. Estas situaciones estarán relacionadas con los contextos locales y se refieren a la definición de los derechos de propiedad, modos de producción, localización de centros urbanos, resolución de disputas por motivos

religiosos o étnicos, desarrollo tecnológico, nivel de ingreso y acceso a los recursos, principalmente. En la gran mayoría de los casos el dominio de dicha situaciones difícilmente podrá cumplirse debido a la falta de esquemas institucionales que contrarresten las fallas estructurales del mercado (Robles y García-Barrios, 1994; De Janvry y Sadoulet, 2001), ya que a fin de cuentas éste condiciona en gran medida las relaciones sociales que se dan en un lugar en un determinado lugar (Foladori, 2001).

La existencia de este tipo de fallas es una condición muy común al momento de pretender realizar una valoración de bienes y servicios ambientales (Constanza, 1997; Daily, 1998; Heal, 2000). Los mercados orientados a la conservación de los recursos naturales todavía no han logrado reflejar adecuadamente la satisfacción social y los beneficios locales (Robles y García-Barrios, 1994) que se obtienen a partir del desarrollo de conocimiento técnico para la obtención de recursos naturales (Zanzi Sulli, 2000). Por esta razón, más allá de ciertos niveles de costo y requerimiento laboral, los cambios en las prácticas agrícolas para introducir una plantación de árboles o participar en proyectos forestales que funciones dentro del MDL no serán siempre bien aceptados (Rapley *et al.*, 2001). Ya sea por ignorancia de la sociedad o por la situación de marginalidad que rodea a los habitantes rurales y dueños de las zonas boscosas, la incapacidad de los mercados e instituciones ha generado una subestimación de los elementos y condiciones que intervienen en la elección de los campesinos y su preferencia por cierto tipo de actividades sobre otras (Robles y García-Barrios, 1994; Winters *et al.*, 2002). Por lo general, estas decisiones son tomadas en base a los antecedentes y de las perspectivas individuales de cada campesino; es decir, se puede poseer una perspectiva a corto o largo plazo, enfocarse en los bienes o en los servicios, pensar en el legado familiar, o en la venta del capital, etc. De igual manera influye la situación personal, en este caso el nivel de educación, la preparación técnica, el contexto económico local y la situación demográfica (cantidad de empleos, personal calificado).

De esta manera, la existencia de instituciones administrativas y sociales que normalicen los mercados y que integren los criterios y elementos de valoración, se revela como un elemento imprescindible para garantizar la viabilidad de las negociaciones sobre la compra-venta de compensaciones de carbono bajo la lógica del MDL. De otro modo, dichos elementos, que influyen en las estrategias familiares y en la generación del ingreso, difícilmente serían incorporados en el diseño de leyes y programas (De Janvry y Sadoulet, 2001).

En los casos en donde no se ha efectuado correctamente dicha integración, el vacío normativo ha propiciado una situación de desventaja y riesgo para los habitantes rurales, sobre todo para aquellos con menor poder económico. Este aspecto ha tenido un impacto negativo al momento de establecer una negociación de precios, condiciones y requerimientos entre los participantes para la compra-venta de compensaciones de carbono. Por ejemplo, dependiendo de los objetivos del proyecto, su implementación puede derivar hacia un acceso restringido de ciertos recursos de importancia local (Bass *et al*, 2000), lo cual es evidente en las concesiones forestales que comúnmente otorga el gobierno o en proyectos sobre plantaciones. Dichas actividades, ante derechos de uso poco claros, pueden no ofrecer compensaciones justas o adecuadas ante la pérdida de acceso a esas tierras y a sus recursos, o por una posible reducción en el ingreso familiar al destinar parte de la tierra y de los recursos al cumplimiento de compromisos estipulados en un proyecto MDL (Del Río, 2000). También habría que considerar que posiblemente los proyectos se tengan que negociar entre varias comunidades con diversos puntos de vista e intereses, lo cual puede alargar las negociaciones y subir los costos de implementación, lo cual sería poco atractivo para las personas que invirtiesen en ellos (CIFOR, 2000).

Situaciones como esta han generado un interés por encontrar soluciones y realizar propuestas que ayuden a mejorar la efectividad de un proyecto forestal en el marco del MDL, para fungir a la vez como mecanismo de mitigación al cambio climático y como promotor de la conservación de la cobertura vegetal y del desarrollo sustentable en cada región particular

#### *4.6.3 Oportunidad para proyectos MDL en el Parque Nacional la Malinche*

La gama de oportunidades y ventajas que presentan los proyectos MDL, son a la vez un aliciente para continuar en la búsqueda de directrices que permiten una adecuada implementación de proyectos MDL. Es por ello la invaluable consideración de los contextos locales en este tipo de estudios.

En el Protocolo de Kioto las actividades relacionadas con el uso de suelo y sistemas forestales se encuentran restringidas a la aforestación, reforestación. Mediante la realización del mapa de vegetación, se pudieron identificar las áreas propicias para llevar a cabo cualquiera de dichas actividades. Esto se refiere a zonas en donde la condición de la vegetación permitiera la introducción de un mayor número de árboles, el establecimiento de un sistema agroforestal o de una plantación. El objetivo es incrementar el área de la cubierta vegetal y con ello los reservorios de carbono en bosques y sus productos maderables. Al respecto, la propuesta realizada por la

Coordinación de Ecología del estado de Tlaxcala en conjunción con el gobierno de Puebla, sobre el diseño de un Programa Integral de Manejo del Parque Nacional la Malinche, puede aportar lineamientos para llevar a cabo las actividades de aforestación y reforestación necesarias. El Programa esta basado en los criterios típicos de un ordenamiento ecológico de acuerdo a una categorización de área total del Parque. La zona núcleo con la subdivisión en zonas de protección y zonas de uso restringido, comprende las partes de zacatonal alpino y las barrancas más prominentes del volcán, como son: Barranca Grande, Barranca Briones y Barranca Hueyziatl, que es en donde se encuentran las poblaciones más conservadas de pinos y oyameles. La zona de amortiguamiento con la subdivisión de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que abarca toda el área boscosa a excepción de las barrancas ya mencionadas y la subdivisión de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas, que propone la reconversión de sistemas puramente agrícolas a agroecosistemas, es la parte en dónde la mayoría de los municipios podrían aprovechar para aumentar la cubierta vegetal actual en el Parque.

Los municipios del Parque que pudiesen tener un mayor beneficio económico generado de la implementación de un proyecto MDL son aquellos que poseen una mayor cubierta forestal y con un mejor grado de conservación. Estos municipios son: Huamantla, Teolocholco, San Francisco Tetlanohcan, Zitlaltepec, Puebla y Tepatlaxco de Hidalgo. Todos ellos poseen un grado de marginación bajo y podrían crear organizaciones para establecer criterios y estrategias para promocionar la venta de carbono e incluso otros servicios ambientales, dentro de un escenario de conservación de la cobertura vegetal. Los demás municipios que poseen una cubierta forestal media a escasa y con un grado de conservación medio, lo cual se relaciona muy poco con el grado de marginación del municipio y con las actividades económicas predominantes en ellos. Una causa probable puede ser el establecimiento de localidades urbanas importantes y la presión consecuente en el cambio de uso del suelo en la zona. Estos municipios pueden recurrir a estrategias para reforestar y aforestar determinadas superficies que se encuentran degradadas o con pastizal inducido, mediante estas actividades quedarían incluidos para desarrollar proyectos tipo MDL dentro de un escenario de captura de carbono. En este caso se necesitaría además de una línea base, otros tipo de estudios sobre los índices de crecimiento de los árboles a utilizar y la viabilidad de las especies nativas y comerciales a introducir, para cuantificar la adicionalidad y así diseñar un programa de manejo forestal a largo plazo. Sin embargo, hay que recordar que dichos esfuerzos quedarían sin efecto práctico si no se relaciona al menos con la propiedad de la tierra y los usos locales.

La posibilidad de establecer un proyecto tipo MDL en el Parque Nacional La Malinche que sea viable desde el punto de vista biológico, económico y social, depende de los marcos normativos que rigen el Parque y que está en concordancia con la jurisdicción de cada municipio; así como de los mercados locales y la promoción de actividades y productos forestales en la zona .

## Conclusiones

Conocer la capacidad biológica que posee un cierto sistema forestal para capturar carbono atmosférico es apenas un paso preliminar para determinar la futura viabilidad de proyectos enfocados en la compra-venta de compensaciones de carbono dentro del marco normativo del Mecanismo de Desarrollo Limpio propuesto en el Protocolo de Kioto en 1997 (Goldenberg, 1998). Sin la consideración de los contextos económico y social que condicionan en gran medida la integridad de los bosques, al estimar la capacidad biológica de un sistema forestal para capturar carbono, en realidad lo que se estará estimando es el potencial que no se considera dentro de los proyectos calificables para el MDL como consecuencia de las fallas estructurales de los mercados y de las instituciones que dificultan la apropiación de dicho servicio ambiental.

El estudio realizado en la Malinche sobre el potencial de almacenamiento de carbono en las áreas boscosas con el fin de conocer su capacidad de proporcionar este servicio ambiental, es un ejemplo de la viabilidad de un área forestal para calificar con un proyecto para el MDL. La condición ambiental y social de la zona es semejante a la de gran parte de las áreas rurales mexicanas. Se caracteriza por tener clima y suelos restrictivos para la agricultura, y por la presencia de campesinos semiproletarizados que utilizan tecnología tradicional bajo un régimen de producción agrícola de temporal; la mayoría de los pobladores no son sujetos de crédito y tampoco cuentan con los mercados ni con la infraestructura adecuados para llevar a cabo sus actividades comerciales. La mayoría poseen un bajo nivel educativo y escasa preparación técnica lo que en un momento dado les impide migrar hacia otras zonas en busca de mejores condiciones de vida (Pérez, 2001). Estas condiciones a lo largo del tiempo han generado un debilitamiento de las instituciones sociales campesinas, las cuales históricamente se han encargado de regir las relaciones sociales entre los miembros de una localidad, y de mantener la adecuada explotación de los recursos naturales (García-Barrios y García-Barrios, 1990). Esta carencia institucional ha provocado que la jurisdicción sobre los recursos forestales, tanto maderables como no maderables, recaiga sobre la autoridad de los gobiernos federal o estatal y por lo tanto que exista una falta de interés local sobre la creación de un plan de manejo que considere conjuntamente a la producción forestal, la conservación de las funciones vitales para el mantenimiento del bosque y el aprovechamiento de los bienes y servicios ambientales que de él se generen (Daily, 1998).

En este sentido, también hay que agregar que el carácter de Parque Nacional que posee la Malinche junto con las restricciones que ello implica, ha ayudado a conservar la cubierta vegetal,

pero también ha generado una situación de ambigüedad en torno a las atribuciones y responsabilidades sobre la propiedad de la tierra y sus recursos. La percepción que tienen los habitantes de la Malinche sobre el bosque, aunque denota una preocupación por el deterioro general de la masa forestal, esta más dirigida a atribuir sus causas a factores externos como: siniestros, fenómenos ambientales y vandalismo (Espejel, 1998). Esta percepción no es del todo equivocada, si bien es cierto que estas sociedades tienen una alta dependencia hacia la madera: como combustible, carbón, construcción de casas, muebles y cercas, y que realizan actividades de extracción tanto legales como ilegales, también hay que considerar la enorme presión que existe sobre las áreas forestales causada por la presencia de centros urbanos importantes, como la ciudad de Tlaxcala y la ciudad de Puebla, y por la instalación de zonas industriales que hacen uso de los recursos.

Crear una estrategia para introducir el concepto de compra-venta de compensaciones de carbono dentro del MDL en la economía e ideología de una región rural-proletaria como lo es la Malinche, requiere de cambios en el interior de las comunidades y en la autoridad gubernamental. Así como la gente necesita percibir los recursos dentro de un sistema de valores, al mismo tiempo necesita tener las "capacidades" para apropiarse correctamente de tal valor (Baerwald, 1991). Los pasos tendrían que estar dirigidos a fortalecer los diferentes niveles de jurisdicción, en especial el local para aprovechar ciertas estructuras ancestrales que aún existen y detentar sobre ellos algunos cargos extra referidos a la gestión de los recursos naturales; del mismo modo promover la diversificación de la economía y realizar actividades de planeación y administración para establecer metas y objetivos enfocados en el manejo forestal de tipo sustentable que alcancen una combinación entre el mediano y largo plazo (Thompson y Better, 1998).

Al mismo tiempo hay que considerar bajo que criterios de sustentabilidad se van a diseñar y establecer los proyectos elegibles dentro del MDL, si va a ser bajo criterios establecidos por el Estado, por la iniciativa privada o bajo aquellos que surjan de las comunidades rurales. En este punto es en donde se debe de tener más cuidado. Los gobiernos latinoamericanos creen lograr la modernización y/o estar a la vanguardia internacional copiando modelos de países industrializados, adaptándolos a sus diferentes realidades (Escobar, 1997). Al respecto, el paradigma del "desarrollo sustentable" puede convertirse en un arma de doble filo ya que mantiene con fuerza el carácter ideológico en las relaciones de países desarrollados y en vías de desarrollo; concretamente en el diseño de políticas y estrategias de desarrollo para estos últimos

**(Bru, 1997), que bajo el título de nuevos paradigmas y nuevos manejos podrían traer una serie de consecuencias sobre las estructuras sociales y sobre la misma integridad del entorno físico.**

## Referencias Bibliográficas

- Abascal, R. y A. García Cook. 1975. Sistemas de cultivo, riego y control del agua en el área de Tlaxcala. XIII Mesa redonda de la SMA. *Arqueología I*: 199-212.
- Acuña, R. (ed.) 1984. *Relaciones Geográficas del siglo XVI*. Tomo primero. No. 4. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 324 p.
- Adger, W.N., K. Brown, R. Cervigni, y D. Moran. 1995. Total Economic Value of Forests in Mexico. *Ambio* 24: 286-296.
- Alvarado, E. 2003. Investigador de la Escuela forestal de la Universidad de Washington, Seattle.
- Alvarez-Icaza, P. y J.L. Viveros. 2002. La construcción del modelo mexicano de plantaciones forestales. Un acercamiento ambiental. *Gaceta Ecológica*. No. 50. 34-43.
- Allende, L. 1968. *Edafología de la Malinche*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Profesional (licenciatura), México.
- Avery, T.E. y H.E. Burkhardt, 2002. *Forest Measurements*. Mc Graw-Hill, USA. 456 p.
- Avila, G. 2000. *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. 99 p.
- Ayala, S. 1998. *Ecuaciones para estimar biomasa de pinos y encinos en la muestra central de Chiapas*. Tesis profesional (Licenciatura) Universidad Autónoma de Chapingo.
- Baerwald, T. 1991. Social Sciences and Natural Resources. *Renewable Resources Journal*. pp. 7-11.
- Baskerville, G.L. 1976. Use of Logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forestry*, 2: 49-53.
- Bass, S., O. Dubois, P. Moura Costa, M. Pinard, R. Tipper y C. Wilson. 2000. *Rural Livelihoods and carbon management*. IIED Natural Resources Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London. 94 p.
- Boyd, R. y M.E. Ibarrán. Costs of compliance with the Kyoto Protocol: a developing country perspective. *Energy Economics*, 24: 21-39.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests*. A Forest Resources Assessment publication. FAO, Roma. 55 p.
- Brown, S. 2002. Forest and climate change: a role of forest lands as carbon sinks. FAO report No. 4 [http://www.fao.org/forestry/foda/wforcong/publi/PDF/V1E\\_T4.PDF](http://www.fao.org/forestry/foda/wforcong/publi/PDF/V1E_T4.PDF)
- Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environment Pollution* 116: 363-372.
- Brown, S., A.J.R. Gillispie, A.E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Vol 35, No.4, pp. 881-902.

- Bru, J. 1997. *Medio ambiente: Poder y Espectáculo. Gestión ambiental y Vida cotidiana*. Col. Antrazyt, 108. Icaria, Barcelona. 253 p.
- Caballero, M. 1982. *Empleo de coeficientes mórficos en la elaboración de tablas de volúmenes de cedro rojo*. Boletín Divulgativo No. 26 B, abril 1982. 2ª ed. INIF, SARH, México. 27 p.
- Carey, E.V., A. Sala, R. Keane y R.M. Callaway. 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks? *Global Change Biology*. 7: 339-344.
- Castillejos, C. 1992. *Florística y Vegetación del estado de Tlaxcala*. Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis Profesional (licenciatura), México.
- Castro, R. 1999. *Valoración del Servicio Ambiental de las masas forestales permanentes al clima mundial: El caso de Costa Rica*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 145 p.
- CESPEDES, 2000. *Economía, Instituciones y Cambio climático. Contexto y bases para una estrategia mexicana*. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. México. 150 p.
- Chen, W. 2003. Carbon quota price and CDM potentials after Marrakesh. *Energy Policy*. 31: 709-719.
- CIFOR, 2000. *Capturing the value of forest carbon for local livelihoods*. Policy brief. Center for International Forestry Research and the University of Meryland, Indonesia.
- Claesson, S., K. Sahlén y T. Lundmark. 2001. Functions for biomass estimation of young *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula spp.* From stands in northern Sweden with high stand densities. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 16: 138-146.
- CMNUCC. 1998. *El Protocolo de Kyoto de la Convención sobre el Cambio Climático*. Secretaría del Cambio Climático. UNEP/IUC. Francia. 37 p.
- Comisión para la Cooperación Ambiental. 2001. *México y el incipiente mercado de emisiones de carbono. Oportunidades de inversión para pequeñas y medianas empresas en la agenda sobre cambio climático*. CEC, CCA, CCE, México. 100 p.
- Consejo Nacional de Población. 2000. Índices de marginación, 2000. CONAPO, México.
- Consejo Intersecretarial de Cambio Climático. 2000. *Programa Nacional de Acción Climática*. Gobierno Federal, México. 189 p.
- Corona, E. 1991. *Cosmología e ideología en la relación sociedad naturaleza del Tlaxcala prehispánico*. Historia y sociedad en Tlaxcala. Memorias del 4º y 5º simposia internacionales de investigaciones socio-históricas sobre Tlaxcala. GET, ITC, UAT, UI. 66-69.
- Costanza, R. 1997. La Economía Ecológica de la Sostenibilidad. Invertir en capital natural. En: Goodland, R; H. Daly; S. El Serafy y B. Von Droste. *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Más allá del Informe Brundtland*. Trotta, Valladolid. 133 p.
- Costanza, R. y C. Folke. 1998. Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness, and Sustainability as Goals. En: Daily, G (ed). *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington.

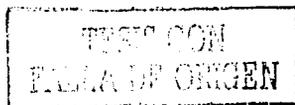
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Vol 387: 253-260.
- Crook, C y R. Clapp. 1998. Is market-oriented forest conservation a contradiction in terms?. *Environmental Conservation* 25 (2): 131-145.
- Chambers, J.Q., N. Higuchi y J.P. Schimel. 1998. Ancient trees in Amazonia. *Nature*. 391: 135-136.
- Chapman H.H. y W.H. Meyer, 1949. *Forest Mesurations*. Mc Graw-Hill, USA. 522 p.
- Daily, G. (ed) 1997. *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington.
- De Janvry, A. y E. Sadoulet, 2001. Income strategies among rural households in México: The role of Off-farm Activities. *World Development*. Vol. 29, No.3, pp. 467-480.
- De Janvry, A. y E. Sadoulet. 2001. La inversión en desarrollo rural es buen negocio. En: Echeverría, R. (ed.). *Desarrollo de las economías rurales*. BID, Washington, D.C. 255 p.
- Del Río, J. 2000. *Evaluación financiera del proyecto de captura de carbono Scotel -Té implementado en comunidades indígenas de Chiapas: Beneficios o pérdidas que genera para dicha comunidades*. Tesis Profesional (Licenciatura en Economía). Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C., México. 91 p.
- Dessus, B. 1998. Equity, sustainability and solidarity concerns. In: Goldemberg, J. 1998. *Issues & options. The clean development mechanism*. United Nations Development Programme, U.S.A. 180 p.
- Diario Oficial de la Federación. 1938. Decreto que declara Parque Nacional la Montaña La Malinche o Matlacuéyatl. 21 de septiembre de 1938. México. D.F.
- Escobar, A. 1996. Constructing Nature. Elements for a Poststructural Political Ecology. En: Peet, R. y M. Watts (eds). *Liberation Ecologies. Environment, Development, Social Movements*. Routledge. Londres y Nueva York. 273 p.
- Espejel, A. 1996. La Malinche: Una visión retrospectiva de su deterioro y conservación. *Gaceta Ecológica*. No. 41. pp. 16-23.
- Espejel, A. 1998. *La importancia y el deterioro del recurso bosque en la Malinche, estado de Tlaxcala*. Tesis Profesional (Maestría en análisis regional). Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala. 194 p.
- Espejel, A., N. Santacruz y M. Sánchez. 1999. El uso de los encinos en la región de la Malinche, estado de Tlaxcala, México. *Biol. Soc. Bot. México* 64: 35-39.
- Evert, F. 1969. Use of form factors in tree-volume estimation. *Journal of Forestry*. 67 (2): 126-128.
- Fabila, G., A. Fabila, M. Mesa y O. Soberón. 1955. *Tlaxcala, tenencia y aprovechamiento de la tierra*. Centro de Investigaciones Agrarias. México, D.F. 136 p.
- Flanders, L. 1997. Institutions for global environmental change. *Global Environmental Change* 7: 391-394.
- Floyd, D., S. Vonhof y H. Seyfang. 2001. Forest Sustainability. A discussion Guide for Professional Resource Managers. *Journal of Forestry*. pp. 8-26.

- Foladori, G. 2001. *Controversias sobre sustentabilidad. La coevolución sociedad-naturaleza*. Universidad Autónoma de Zacatecas. Porrúa, México. 229 p.
- Fukuda, M., T. Iehara y M. Matsumoto. 2003. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. *Forest Ecology and Management*, vol. 184, issues 1-3. pp 1-16
- García Cook, A. y B. Merino. 1991. *Tlaxcala. Textos de su historia. Tomo I*. GET, CNCA, México. 364 p.
- García, E. 1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 246 p.
- García-Barrios, R. y L. García-Barrios. 1990. Environmental and Technological degradation in Peasant Agriculture: A consequence of development in Mexico. *World Development*, vol. 18, No. 11. pp. 1569-1585.
- Gay, C. y J. Martínez. 1995. Mitigation of Emissions of Greenhouse gases in México. *Interciencia*. Vol. 20. No. 6: 336-342.
- Gay, C., L.G. Ruiz, M.Imaz, C.Conde y L. Conde, eds. 1996. *Memorias del Segundo Taller de Estudio de País: México*. INE, U.S.C.S.P., UNAM. Cuernavaca, Mor. México. 249 p.
- Gholz, H.L., C.C. Grier, A.G. Campbell, A.T. Brown. 1979. Equations for estimating biomass and leaf area of plants in the pacific northwest. Forest Research Laboratory. Research paper No. 41. Oregon State University. Oreg. 39 p.
- Gibson, C., M.A. McKean, E. Ostrom. 2000. *People and Forests. Communities, Institutions, and Governance*. MIT Press, Cambridge Massachusetts. 274 p.
- Gibson, Ch. 1967. *Tlaxcala in the sixteenth century*. Stanford University Press. Stanford, California, USA. 300 p.
- Gillespie, A.J., S. Brown y A. Lugo. 1990. Biomass estimates for tropical forests based on existing inventory data. En: *State of the art methodology of forest inventory: a simposium proceedings USDA-Forest Service Pacific Northwest Research Station*. General Technical Report PNW-GRT-243.
- Gobierno de Estado de Tlaxcala. 1994. *Inventario Forestal del Estado de Tlaxcala*. GET, México.
- Goldemberg, J. 1998. *Issues & options. The clean development mechanism*. United Nations Development Programme. U.S.A. 180 p.
- González, A y V.M. Sánchez, L. 1961. *Los Parques Nacionales de México. Situación Actual y Problemas*. Ediciones del IMRNRAC. México. D.F. 149 p.
- González, J. 1992. Manejo del agua y del suelo en la agricultura del suroeste de Tlaxcala. En: *Notas Antropológicas* No. 4, Escuela de Antropología, UAEM, Toluca. pp. 65-74.
- Goodland, R. 1997. La tesis de que el mundo esta en sus límites. En: Goodland, R; H. Daly; S. El Serafy y B. Von Droste. *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Más allá del Informe Brundtland*. Trotta, Valladolid. 133 p.
- Gottfried, P. 1965. The basin of Puebla-Tlaxcala in Mexico. En: *Revista Geográfica* 24: 85-107.
- Grainger, A. 1996. Integrating the socio-economic and physical dimensions of degraded tropical lands in global climate change mitigation assessments. En: Apps, M.J. y D.T.

- Price. *Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Cycle*. NATO ASI Series. Series I: Global Environmental Change, Vol. 40 Springer-Verlag, Berlin.
- Hartmann, D.L. 1994. Global Physical Climatology. Vol. 56 *International Geophysics Series*. Academic Press. 411 p.
  - Harvey, D. 1996. *Justice, Nature and the Geography of difference*. Cambridge, Massachusetts; Blackwell. 468 p.
  - Heal, G. 2000. *Nature and the Marketplace. Capturing the value of ecosystem services*. Island Press, U.S. 203 p.
  - Hernández Tejeda, T. 1995. Emisiones por el cambio de uso de suelo forestal, quema de pastizales y de residuos de cultivos agrícolas. En: Gay, C., L.G. Ruiz, M.Imaz, C.Conde y O. Sánchez, eds.. *Memorias del Primer Taller de Estudio de País: México*. INE, U.S.C.S.P., CIC-UNAM, CCA-UNAM. Cuernavaca, Mor. México. 235 p.
  - Hernández, J. 1998. *La transformación en las últimas décadas de las actividades económicas en Tlaxcala*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía. Tesis Profesional (licenciatura), UNAM. México.
  - Houghton, S.T., L.G. Meiro-Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenburg, K. Maskell. 1995. *Climate Change 1995-the science of climate change. Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge U.K., Cambridge University Press.
  - Instituto Nacional de Educación para Adultos, 1995. *Ecología del estado de Tlaxcala, región Malinche*. Secretaría de Educación Pública, Tlaxcala. 89 p.
  - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala*. INEGI, México.
  - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Puebla*. INEGI, México.
  - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala*. INEGI, México.
  - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Puebla*. INEGI, México.
  - IPCC (1996) Climate Change. *Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working group III to the second assesment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press. 448 p.
  - Jenkins, J., D. Chojnacky, L.S. Heath y R.A. Birdsey. 2003. National-scale Biomass Estimators for United States Tree Species. *Forest Science* 49 (1): 12-34.
  - Kaimowitz, D., y Angelsen, A. 1998. *Economic Model of Tropical Deforestation: a Review*. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonesia: 139 p.
  - Ketterings, Q. M., R. Coe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau y C.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146: 199-209.

- Klooster, D. y O. Masera. 2000. Community forest management in México: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change* 10: 259-272.
- Lamton, S.H. y R.A. Savidge. 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* (in press)
- Landell-Mills, N. y I. Porras. 2002. *Silver bullet or fools gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. Instruments for sustainable private sector forestry series.* International Institute for Environmental and Development, London. 237 p.
- Larson, E.H. y D.M. Moehring, 1972. *Site index curves for longleaf pine in East Texas*, Texas A&M Univ., Department Forest Sciences., Research Note No.1 3p.
- Lauer, W. 1979. *Medio ambiente y desarrollo cultural en la región Puebla-Tlaxcala.* Comunicaciones del Proyecto Puebla-Tlaxcala 7:31-35 FAIC.
- Leff, E., J. Carabias y A.I. Batis. (coord.) 1990. *Recursos naturales, técnica y cultura. Estudios y experiencias para un desarrollo alternativo.* Cuadernos del CIH. Serie: Seminarios. UNAM, PNUMA, SEDUE, México. 237 p.
- López, R. 1999. *Incorporating developing countries into global efforts for greenhouse gas reduction.* Resources for the future (RFF) Climate Issue Brief No. 16. RFF, Washington, DC. USA. 34 p.
- Luna, C. 1993. *Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala.* Universidad Autónoma de Chapingo. México. 190 p.
- Macazaga Odoño, 1979. *Templo mayor sagrario de la vida: La religión agraria del México antiguo.* Innovación, México. 85 p.
- MacDicken, K. 1997. *A guide to monitoring carbon storage in Forestry and Agroforestry Projects.* Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington.
- Makundi, W., J. Sathaye y O. Masera. 1992. *Carbon emissions and sequestration in forest: case studies from seven developing countries.* Summary. Lawrence Berkeley Laboratory report. (LBL-32665), University of California, Berkeley, Calif. August 1992.
- Márquez, L. (ed.). 2000. *Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso de suelo.* Fundación Solar, Guatemala.
- Marroni de Velazquez, M. 1998. El Agro Tlaxcalteca: viejas estructuras nuevas coyunturas. En: Carrillo, M. y R. Valdiviezo. *Tlaxcala en el marco de la política regional mexicana.* Universidad Autónoma de Tlaxcala. 198 p.
- Martínez Alier, J. Y J. Roca Jusmet. 2001. *Economía Ecológica y Política Ambiental.* Fondo de Cultura Económica, México. 498 p.
- Masera, O. 2002. Bosques y Cambio climático en América Latina. Análisis y Perspectivas. En: Leff, E., E. Ezcurra, I. Pysanty y P. Romero (comp.). *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe.* SEMARNAT, INE, UAM, ONU, PNUMA, México. 578 p.
- Masera, O., A. Cerón., A. Ordóñez. 2001. Forestry Mitigation options for Mexico: Finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. In: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 6: 291-312

- Masera, O., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forest: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change*. Vol.35, p. 265-295.
- Masera, O., T. Hernández, A. Ordoñez, y A. Guzmán, 1995. Land Use Change and Forestry. En: *Preliminary Inventory of National Greenhouse Gases: México*. UNEP PROJECT No. GF/4102-92-01 (pp/3011) México City. 56-100 (sept.)
- Meaza, G. (ed). 2000. *Metodología y práctica de la biogeografía*. Col. Estrella Polar. Serbal, España. 392 p.
- Merino, L. 1999. La Gestión colectiva de los recursos forestales. *Comercio Exterior*, Vol. 49, Núm. 12, diciembre 1999.
- Merino, L. y G. Segura. 2002. El manejo de los recursos forestales en México (1992-2002). Procesos, tendencias y políticas públicas. Leff, E., E. Ezcurra, I. Pysanty y P. Romero.(comp.). *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. SEMARNAT, INE, UAM, ONU, PNUMA, México. 578 p.
- Michelle, J. 2002. Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad*. Vol. XIV. No. 23, 129-170.
- Moya, J.C. y J.J. Zamorano. 1983. Estudio Geomorfológico del Volcán La Malinche y sus zonas Adyacentes. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras. Tesis Profesional (Licenciatura), México. 96 p.
- Nakashisuka, T. 2001. Species coexistences in temperate mixed deciduous forest. *TRENDS in Ecology & Evolution*. Vol. 16. No. 4: 205-210.
- Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: Forest Management in a Time of rapid climate change. *Conservation Biology*. Vol. 15. No. 3: 578-598.
- Olvera, M.O., S. Moreno y B. Figueroa. 1996. *Sitios permanentes para la investigación silvícola. Manual para su establecimiento*. Universidad de Guadalajara, México. 55 p.
- Ordoñez, 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. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 61 p.
- Ordoñez, J.A.B. 2001. *Captura de carbono en San Juan Nuevo, Michoacán*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Ordoñez, M. de J. y F. Villela. 1995. *Áreas Naturales Protegidas*. PRONATURA, México. 43 p.
- Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco, A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez. R. Mayorga, F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México; resultado del Inventario Forestal Nacional. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Parra, M. y E. Hernández Xolocotzi. 1985. Efecto de la clase social y el ambiente ecológico de agricultor temporalero sobre su toma de decisiones. Xolocotzia. *Revista de Geografía Agrícola*. Pp. 359-360
- Patenaude, G.L., B.D.J. Briggs, R. Milne, C.S. Rowland, T.P. Dawson y S.N. Pryor. 2003. The carbon pool in a British semi-natural woodland. *Forestry*, Vol. 75, No.5. pp. 109-119.



- Pérez, A. 2001. Agricultura y estrategias de sobrevivencia de las familias rurales ubicadas en regiones con bajo potencial agrícola en Tlaxcala. *Regiones y Desarrollo Sustentable*. El Colegio de Tlaxcala, A.C., México. pp. 143-158.
- Pfaff, A.S.P., S.Kerr, R.F. Hughes, S. Liu, A.Sanchez-Azofeifa, D. Schimel, J. Tosi, V.Watson. 2000. The Kyoto Protocol and payments for tropical forest: An interdisciplinary method for estimating carbon offset supply and increasing the feasibility of a carbon market under CDM. *Ecological Economics* 35: 203-221.
- *Programa Nacional Forestal*. 2001. Gobierno de México.
- Raev, I., O. Grozev, V. Alexandrov. 1996. *Assessment of the Forest GHG Offset Potential. Vulnerability to Climate change and Adaptation Measures for Bulgarian Forests*, Sofia. 60 p.
- Rapley, H., R. Liflan, A. Valadier. 2001 Identifying social, economical and technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif central region of France. *Agricultural Systems* 69: 119-135.
- Rendón, R. 1993. *El Prosperato. Tlaxcala de 1885 a 1911*. Siglo XII, UIA, México. 287 p.
- Robles, H., y R. García Barrios. 1994. Fallas estructurales del mercado de maíz y la lógica de producción campesina (microeconomía del autoabasto y la autosuficiencia). *Economía Mexicana*. Nueva Época, vol. III, No. 2, pp. 225-285.
- Romero, O. 2002. *La Malinche. Poder y Religión en la región del Volcán*. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala. 367 p.
- Sánchez, J.L. 1969. *La conservación de los recursos naturales renovables en el estado de Tlaxcala con especial énfasis en la influencia que ejerce sobre ellos la montaña La Malinche*. Tesis Profesional (licenciatura), UNAM. México.
- Sangri, L. 1976. *Parque nacional La Malinche. Estudio preliminar*. Dirección General de Protección y Repoblación Forestales. México.
- Schlegel, B., J. Gayoso, J. Guerra. 2001. *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Universidad Austral de Chile, INFOR, FONDEF, Valdivia, Chile.
- Schmid-Has, P., E. Baumann y J. Werner. 1993. *Forest Inventories by unmarked Permanent Sample Plots: Instructions*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf. 135 p.
- Schroeder, P., S. Brown, J. Mo, R. Birdsey y C. Cieszewski. 1997. Biomass Estimation for Temperate Broadleaf Forest of the United States Using Inventory Data. *Forest Science* 43 (3): 424-434.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. SEMARNAT.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1998. *El Sector Forestal de México: Situación actual y perspectivas*. 1998. SEMARNAP, México. 13 p.
- Smith, J., K. Mulongoy, R. Persson y J. Sayer. 2000. Harnessing carbon markets for tropical conservation: toward a more realistic assessment. *Environmental Conservation* 27 (3): 300-311.

- Sohngen, B. y R. Mendelsohn. 2001. *Optimal Forest Carbon Sequestration*. AEDE Economics. The Ohio State University. 44p.
- Sosa, A. 1939. *Inspección sobre los montes de San Diego Pinar, Tlaxcala*. Boletín del Departamento Forestal y de Caza y Pesca. Año IV, num. 15: 123-156.
- Sosa, V. y G. Zerecero, 1977. Algunas consideraciones y conceptos sobre muestreo en áreas forestales. En: *Bosques y Fauna*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. pp 3-7.
- Sparckling, J.A. 1973. *Soil-topographic site index for Engelmann spruce on granitic soils in northern Colorado and Southern Wyoming*, U.S. Forest Service Rocky Mountain Forest and Range Expt. Sta., Research Note RM-239. 4 p.
- Thoms, C. y D. Betters. 1998. The potential for ecosystem management in Mexico's forest ejidos. *Forest Ecology and Management* 103. pp. 149-157.
- Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: A third world perspective. En: Smith, F. (ed.) *Environmental Sustainability: Practical Global Implications*, E.U.
- Totten, M. 1999. *Getting it Right: Emerging Markets for storing carbon in forests*. World Resources Institute. *Forest Trends*, U.S.A. 45 p.
- Tripp, M. 2001. La legislación vigente, oportunidad para rescatar al sector forestal. *Jornada Ecológica*. Diciembre 2001.
- Turner, D.P., G.J. Koerper. 1995. A carbon budget for forest of the Conterminous United States. *Ecological Applications*. 5(2): 421-436.
- Victor, D. 2001. *The Collapse of the Kyoto Protocol and the struggle to slow global warming*. A council on foreign relations books. Princeton University Press, U.S.A. 178 p.
- Villers, L. y I. Trejo. 1998. Impacto del Cambio Climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia*. Vol. 23. No. 1. 10-19.
- Villers, L. y A.E. Peña del Valle. 2002. *Propuesta metodológica para la evaluación del contenido de carbono en áreas boscosas del Parque Nacional la Malinche, centro de México*. VIII Congreso Latinoamericano de Botánica, Cartagena de Indias. 13-18 oct.
- Walker, B.H., W.L. Steffen, J. Canadell y J.S.I. Ingram (1999) *The terrestrial biosphere and global change: Implications for natural and managed ecosystems*. Synthesis volume. IGBP Book Series No.4, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Webb, T y P.J. Bartlein. 1992. *Global Changes during the last 3 million years: climatic controls and biotic responses*. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 23: 141-173.
- Werner, G. 1986. *Las consecuencias de la agricultura de los últimos tres mil años en los suelos de Tlaxcala*: Memorias del primer simposio internacional de investigación socio-histórico sobre Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala, ITC, UIA, México. pp. 221-229.
- Wilbanks, T.J. 1994. "Sustainable Development" in Geographic Perspective. *Annals of the Association of American Geographers* 84(4): 541-556.
- Winjum, J.K., R.K. Dixon, P.E. Schroeder. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air and Soil Pollution*. 64 (1-2) 213-228.

- Winters, P., B. Davies, L. Corral. 2002. Assets, activities and income generation in rural México: factoring in social and public capital. *Agricultural Economics* 27: 139-156.
- Zanzi Sulli, 2000. The cultural value of forest. En: Agnoletti, M. y S. Anderson. *Forest History. International Studies on Socioeconomic and Forest ecosystem change*. IUFRO 2 Research Series. CABI Publishing, 416 p.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

