

00381  
34



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS  
BIOLOGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DE LA TRANSFORMACION  
DE LOS HABITATS NATURALES  
DE OAXACA.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

PRESENTA:

MARIA DE JESUS HERMENEGILDA ORDOÑEZ DIAZ.

DIRECTOR DE TESIS:

DR. VICTOR MANUEL TOLEDO MANZUR

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2002

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.

*Con amor*

*A mis padres, Lydia y Marcelino  
A mis hermanos: Ale, Fafa, Tony, Charo,  
Lydi, Lucerito, Miky, Tere, Lula  
A mis sobrinos: Miry, Jovis, Patsy, Héctor, Mariza,  
Ale, Faby, Gigi, Lala, Carlitos, Didi, Aurora, Sebastián,  
Adán, Joshua, Paulis, Ismael y Emir*

la Dirección General de Bibliotecas con  
a difundir en formato electrónico e impreso el  
anido de mi trabajo recepcional.

ABRE: *María de Jesús Ordóñez Díaz*

11 de nov del 2002

*María de Jesús Ordóñez Díaz*

## RESUMEN

La deforestación implica la remoción de cobertura vegetal y/o el cambio de uso del suelo. Se responsabiliza del 33% del total de emisiones de carbono a la atmósfera, principal gas de efecto invernadero.

La vegetación cambia en el espacio y en el tiempo. Es importante su caracterización, cuantificación, representación cartográfica y estimación sobre su velocidad de cambio, y los factores que lo promueven.

Objetivos: a) cuantificar la tasa de deforestación en México en tres escalas; nacional, estatal y municipal; b) identificar factores que la promueven; y c) estimar emisiones de carbono producto de la deforestación, y capacidad de almacenamiento por tipo de vegetación.

Para México, la tasa de deforestación alcanzó 668,000 ha/año, 75% correspondieron a selvas tropicales. Los incendios forestales afectaron principalmente a los bosques y la ganadería a las selvas.

En Oaxaca, de 1970 a 1990 se transformaron 389 mil ha, y de 1980 al 2000, se deforestaron 250 mil ha. En los últimos 30 años, los bosques y selvas de Oaxaca han mantenido un almacén de carbono promedio de 1381 millones de toneladas de carbono.

En los 570 municipios de Oaxaca, no se encontró relación directa entre crecimiento poblacional y deforestación para los últimos treinta años. La cobertura forestal actual depende fuertemente de la previamente existente. La deforestación es diferente en cada escala. Es un proceso en el que inciden factores sociales, económicos y políticos que afectan directamente la cobertura vegetal, la organización social, económica y cultural de las comunidades humanas. En aquellos municipios donde se registro la presencia de organización comunitaria la deforestación decreció. No se considera conveniente aplicar las tasas de deforestación nacional a otras escalas, ni generalizar los factores que la promueven. Es necesario seguir avanzando en la estimación de la deforestación a escalas locales y municipales.

## AGRADECIMIENTOS

Como todas las tesis, ésta cuenta con una historia propia. Es el resultado de varios años de esfuerzo, colaboraciones y apoyos tanto de personas como de instituciones. Su nacimiento se dio básicamente por la confluencia de tres eventos, mi participación en el Banco de Datos para la Conservación del Instituto de Ecología de la UNAM donde laboraba como asistente de investigación bajo la coordinación del Dr. Oscar Flores Villela. Aquí inicié el diseño y construcción de bases de datos florísticas y faunísticas del Estado de Oaxaca. La invitación del Dr. Víctor Toledo a participar en la coordinación del proyecto Diagnóstico de los Escenarios de la Biodiversidad de México a través de un Sistema de Información Eco-geográfica. Actividad que me permitió incursionar en el diseño e instalación de sistemas de información geográfica. Y finalmente, pero no menos importante, la invitación del Dr. Omar Masera para participar en el proyecto Estudio país, en el Lawrence Berkeley Laboratory, de la Universidad de California. Todo lo anterior, sentó las bases del presente estudio y por ello a todos ellos expreso un profundo agradecimiento.

A los miembros del Comité tutorial Doctores Víctor Toledo, Omar Masera y Ronald Nigh, expreso mi agradecimiento por el tiempo que invirtieron en la revisión del proyecto y el apoyo brindado en el desarrollo de la tesis.

Agradezco a los Doctores Lucía Almeida, Leticia Durand, Raúl García-Barrios, Abisai García y Benjamín Espejel, el aceptar ser sinodales de este trabajo; su crítica revisión y los importantes comentarios que ayudaron a su enriquecimiento

Agradezco el apoyo y la amistad que recibí durante mi estancia en el Laboratorio de Etnoecología en la ciudad de México de Ana Batis, Leny Cortés, Rosalba Becerra, Celia de Ita, Anthony Challenger, Patricia Balvanera, y Arturo Peña.

Leny facilitó mi cambio a la ciudad de Morelia al brindarme su casa, y ayudarme a conseguir rápidamente alojamiento. Muchas gracias.

Agradezco al Dr. Víctor Toledo el apoyo brindado para realizar tanto el trabajo de campo, como una estancia en la Universidad de California en Berkeley donde trabajé con el Dr. Greg Biggins en el Forestry and Resource Management Laboratory procesando imágenes de satélite. Mi agradecimiento a Laurel Treviño quien amablemente me brindó hospedaje durante dicha estancia. Y mi reconocimiento a Esteban Martínez y Clara Ramos por las enseñanzas y el inmenso apoyo que me brindaron durante el trabajo de campo en Oaxaca.

Agradezco la colaboración y amistad de Leny Cortés, Pepe Garza, Alejandro Torres, Otoniel Buenrostro, Ema Romeu, Abraham Cabrera, Vicente Salinas, Rosy Pineda, Barbara Baltazar, Manuel Mendoza y Erna López, amigos y compañeros de las oficinas de Morelia, quienes apoyaron el diseño, instalación y almacenamiento de información del sistema de información geográfica del laboratorio de Etnoecología.

Al personal de INTERGRAPH, en especial a Araceli, Verónica, Mary Carmen y Esther, quienes amablemente me proporcionaron una valiosísima asesoría, tanto en línea como en

persona para aprender a utilizar el equipo y programas de su compañía, a todas ellas mi agradecimiento.

Al Dr. Gerardo Bocco, agradezco sus comentarios al proyecto y la revisión del capítulo tres así como su compañerismo y amistad, le debo muy gratos recuerdos de Zacatecas y Morelia, gracias a Nata por su solidaridad y apoyo.

Del campus Morelia, agradezco las muestras de amistad y el apoyo que me brindaron los Drs. Manuel Maass Moreno, Felipe García y Miguel Martínez, así como de la Maestra Nidia Pérez, Rosaura Luna, Euler, Miguel, gracias por hacer más agradable mi estancia por tierras michoacanas.

Al Dr. Héctor Róbles y a la maestra Olga Serrano quienes me proporcionaron invaluable ayuda en la elaboración del capítulo cinco.

A los Drs. Rodolfo Dirzo y Arturo Gómez-Pompa, les agradezco la invitación a participar en el proyecto Áreas Naturales Protegidas de México que me proporcionó recursos para continuar con mi tesis. Agradezco el apoyo, la grata compañía y amistad de Ruth Noguerón, durante este tiempo.

Agradezco al Dr. Raúl García-Barrios, su invitación para participar en el proyecto Reformas a la Industria Forestal y Desarrollo Comunitario en Poblaciones Indígenas de Oaxaca, así como al Dr. Javier Delgadillo su invitación para ser copartícipe en el proyecto Red de Información Georeferenciada para el Fortalecimiento de la Investigación Socioregional en el Sur Pacífico Mexicano (Oaxaca, Guerrero y Morelos). Ambos proyectos me abrieron las puertas al Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM en Cuernavaca. Lugar donde he recibido invaluable apoyo institucional, económico e infraestructura que me ha permitido terminar este trabajo.

Especial agradecimiento a Raúl Sánchez Azuara jefe del departameo de cómputo del CRIM y a Claudia Aguilar, responsable del área de sistemas de información geográfica del CRIM, y a quien debo la impresión final de los mapas aquí presentados, a ambos, mi reconocimiento por el inmenso apoyo que me han proporcionado para la terminación de este trabajo.

A Laura Luna agradezco el apoyo proporcionado para la recuperación de los mapas del sistema INTERGRAPH al formato ARK View y su reprocesamiento.

Esta tesis pudo realizarse gracias al apoyo financiero recibido por parte de la CONABIO, vía los recursos destinados al proyecto Diagnóstico de los Escenarios de la Biodiversidad de México a través de un Sistema de Información Eco-geográfica. El Sistema Nacional de Investigadores me otorgó beca como candidato a investigador y al USAID me otorgó una beca para participar en el curso Processing of Remote sensing images en el Technology Application Center, en la Universidad de Nuevo Mexico. El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza me proporciono apoyo para procesar información de la tesis y el Center for the study of Institutions, Population and environmental change de Indiana

University, me dio apoyo para participar en el Curso: Human dimension in the environmental change en la Universidad de Indiana en Bloomington, Indiana .

Especial reconocimiento a mi hermano José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz, por el valioso tiempo que me dedicó para escuchar y discutir tanto las ideas como los resultados que se vierten en este trabajo y la impresión final del mismo, mi agradecimiento con el amor de siempre.

A mis padres y hermanos que con amor y gran solidaridad me han acompañado en este camino. A todos los sobrinos que han llenado mi vida de amor y alegría. A todos los amigos, gracias.

## CONTENIDO

Introducción.....	1
Capitulo I. Carbon emissions from mexican forest: current situation and long term scenarios. Por Omar Masera, Ma de Jesús Ordóñez y Rodolfo Dirzo .....	7
Capitulo II. Bosquejo histórico de Oaxaca. Por: Ma de Jesús Ordóñez .....	34
Capitulo III. El territorio del Estado de Oaxaca: Una revisión histórica. Por Ma de Jesús Ordóñez.....	67
Capitulo IV. Cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo en un territorio de alta diversidad beta: el caso de Oaxaca, México, 1970-2000. Por: Ma de Jesús Ordóñez, Omar Masera, Víctor Toledo, José Antonio Benjamín Ordóñez y Laura Luna.....	89
Capitulo V. Población y deforestación: el caso de Oaxaca. Por Ma de Jesús Ordóñez, Héctor Robles, José Antonio Benjamín Ordóñez, Omar Masera y Víctor Toledo.....	119
Capitulo VI. Discusión y conclusiones.....	141



## Lista de tablas y cuadros

### Capítulo I

Table I. Land-use patterns in Mexico.....	10
Table II. Production and demand of forest products in Mexico in 1990 ( $10^6$ m <sup>3</sup> /year).....	13
Table III. Range of estimates of deforestation rates in Mexico's closed Forests for the 1980s ( $10^3$ ha/year).....	14
Table IV. Deforestation rates and leading causes of deforestation in selected regions.....	17
Table V. Estimates of deforestation and forest fires shares by conversion activity ( $10^3$ ha/year).....	18
Table VI. Carbon-related parameters of mexican forests used in emission estimate.....	20
Table VII. Carbon emissions and uptake from deforestation and forest fires in Mexico (C.1895)( $10^6$ t C/year).....	21
Table VIII. Net carbon emissions from Mexican closed forests (C.1985).....	22
Table IX. Main assumptions for carbon emission and sequestration scenarios in Mexico..	25
Table X. Long-term carbon emissions from deforestation in Mexico.....	26

### Capítulo 3

Cuadro 1. Dinámica en el cambio de la división territorial de Oaxaca a nivel de Distrito y Municipio 1900-1990.....	79
---	----

### Capítulo 4

Tabla 1: Tabla de equivalencias de clasificaciones de vegetación.....	95
Tabla 2: Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo de Oaxaca, 1970-1990.....	102
Tabla 3: Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo de Oaxaca, 1980-2000.....	103
Tabla 4: Densidad de Carbono estimado por tipo de vegetación de Oaxaca.....	106

## Capítulo 5

Tabla 1: Indicadores socioeconómicos de Oaxaca.....	126
Tabla 2: Distribución de los porcentajes de cobertura forestal municipal en Oaxaca 1970-1990.....	129
Tabla 3: Distribución de los porcentajes de cobertura forestal municipal en Oaxaca 1980-2000.....	129
Tabla 4. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión lineal simple entre las tasas de deforestación de 1970 a 1990 en los 570 municipios de Oaxaca.....	132
Tabla 5. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión entre las tasas de deforestación de 1980 al 2000 en los 570 municipios de Oaxaca.....	132
Tabla 6. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión al cambio en la cobertura de 1970 a 1990, incorporando otras variables.....	133
Tabla 7. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión al cambio en la cobertura de 1980 al 2000, incorporando otras variables.....	133

## Lista de Figuras

### Capítulo 1

<i>Figure 1. Deforestation in Mexico: original vs. Current area for temperate and tropical closed forests. Original area taken from the map by Rzedowski and Reyna_trujillo (1990), which estimates the potential distribution of the different forest types; current forest area taken from the latest national inventory (SARH, 1994). The following forest types are included: conifer, broadleaf, tropical evergreen and subtropical deciduous.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2. Geographical location and estimated deforestation rates in selected Mexican regions. Deforestation rates are for early and mid 1980's.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 3. Evergreen forest conversion in the state of Tabasco, Mexico. Adapted from Tudela (1990); total state area is <math>2.5 \times 10^6</math> ha.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 4. Sensitivity analysis annual carbon balance from deforestation and forest fires..</i>	<i>23</i>
<i>Figure 5. Historic and future estimated evolution of closed forests in Mexico.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6. Overall carbon emissions in Mexico. Emissions from deforestation correspond to annual carbon balance without including the uptake from degraded forest lands.....</i>	<i>27</i>

### Capítulo 3.

<i>Figura 1. Distribución aproximada de la tradición tehuacana (tomado de Winter, 1990)....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 2. Localización de concentraciones de aldeas en el año 1300 a.C. (línea continua) y posibles concentraciones (línea quebrada) con posibles grupos de la familia OM; ottopameano; c-m chiapaneco-mangue; pn-popolocano; mn-mixtecano; zn-zapotecano; Laguna Zope, San Lorenzo y La Venta son sitios arqueológicos tempranos probablemente ocupados por habitantes de lengua mixezoqueanas.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 3. Distribución de grupos lingüísticos en Oaxaca en la etapa de las ciudades estado. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4. División en partidos, siglo XVII.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5. Intendencia de Oaxaca. División en 16 alcaldías y un corregimiento (1766-1821).....</i>	<i>75</i>

Figura 6. División del estado de Oaxaca en ocho departamentos (1825).....	76
Figura 7. División distrital del estado de Oaxaca de 1940 a la fecha.....	77
Figura 8. Oaxaca, división municipal, 1990.....	78
Figura 9. Regiones económicas de Oaxaca.....	80
Figura 10. Oaxaca, división municipal 1990.....	82

#### Capítulo 4

Figura 1. Ubicación geográfica de Oaxaca.....	92
Figura 2: Mapa de cobertura vegetal potencial de Oaxaca.....	99
Figura 3: Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, 1970 y 1990.....	100
Figura 4: Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, 1980 y 2000.....	101
Figura 5: Cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, potencial, 1970 y 1990.....	102
Figura 6: Cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, 1980 y 2000.....	103
Figura 7: Probabilidades de transición para las clases de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, para el periodo comprendido entre 1970 y 1990. ....	107
Figura 8: Probabilidades de transición para las clases de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, para el periodo comprendido entre 1980 y 2000. ....	108

#### Capítulo 5

Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio.....	121
Figura 2: Rangos de superficie de los 570 municipios de Oaxaca.....	123
Figura 3: Tasas de crecimiento poblacional de los 570 municipios de Oaxaca, 1950-2000.....	124
Figura 4. Población rural de los 570 municipios de Oaxaca .....	125
Figura 5. Densidad de habitantes de los 570 municipios de Oaxaca 1970-2000.....	126
Figura 6: Índice de marginación de los 570 municipios de Oaxaca.....	127
Figura 7: Superficie forestal de Oaxaca, 1970-2000.....	128

Figura 8: Porcentaje de la cobertura vegetal en Oaxaca.....	130
Figura 9. Valores de la regresión 1970-1990.....	131
Figura 9: Gráfica de los valores de la regresión 1980-2000.....	131

*... y cuando desperté, la tesis continuaba allí.*

## INTRODUCCIÓN

La deforestación es un proceso multifactorial altamente complejo que implica la remoción de cobertura vegetal y/o el cambio de uso del suelo. Se ha relacionado con la extinción masiva de especies, la alteración y desaparición de los ecosistemas naturales y se responsabiliza del 33% del total de emisiones de carbono a la atmósfera, principal gas de efecto invernadero ligado al calentamiento ambiental global. Numerosos estudios identifican a la expansión de la frontera agropecuaria, al crecimiento poblacional, y las actividades forestales, como los principales factores ligados con este suceso (Geist & Lambin, 2002; Geist & Lambin, 2001; LUCC, 2000; NRC, 1999; Meyer *et al.*, 1998; Houghton, 1997; Heywood, 1995; Daily, 1995). La mayoría de ellos se han realizados a escala nacional o local, sin embargo, en el ámbito mundial, existen grandes vacíos de información a todas las escalas: nacional, regional, estatal, municipal y local.

La vegetación juega un papel muy importante en el ciclo del carbono global. Constituye un reservorio de carbono temporal que puede ser liberado por las alteraciones naturales y las actividades antropogénicas. Se ha sugerido el fomento de actividades forestales que ayuden a la captura de carbono, sobre todo en las regiones tropicales donde se estima, se puede capturar el 70% del carbono potencialmente almacenable y de esta manera estabilizar el cambio climático global, (IPCC, 2000; LULUCF, 2000). Sin embargo, la vegetación es un elemento altamente dinámico que cambia en el espacio y en el tiempo. A pesar de ser uno de los rasgos más evidentes de los ecosistemas terrestres, falta información sobre su caracterización, cuantificación, representación cartográfica y estimación sobre su velocidad de cambio, así como las causas y factores que lo promueven.

El presente trabajo constituye un aporte de información básica para la comprensión del proceso de la deforestación en México a diferentes escalas, nacional, estatal y municipal, así como un intento por identificar a los factores que lo impulsan. Esta organizado en tres partes y seis capítulos que a continuación se describen.

La primera parte aborda el contexto nacional de la deforestación en México y constituye el primer capítulo de la tesis. Presenta los resultados obtenidos en el primer estudio realizado para cuantificar la tasa de deforestación por tipo de vegetación del país. El trabajo fue coordinado por el Dr. Omar Masera quien como miembro del Lawrence Berkeley Laboratory de la Universidad de California fue invitado a participar en los primeros siete estudios realizados para países tropicales, siendo uno de ellos el estudio de México.

Las preguntas rectoras de este trabajo fueron: ¿cuánta superficie de cobertura vegetal natural cuenta la República Mexicana?, ¿Cuál es la velocidad de cambio de dicha cobertura vegetal?, ¿El cambio en la cobertura implica cambios en el uso del suelo?, ¿Quiénes son los actores que la promueven?, ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de carbono de los diferentes tipos de vegetación de México?, ¿Cuánto carbono es emitido por el proceso de deforestación?, ¿Qué alternativas de mitigación podrían aplicarse para reducir las emisiones?.

Se estima que para mediados de los años ochenta, se deforestaron 668,000 ha/año, 75% de las cuales fueron selvas tropicales. Los incendios forestales afectaron principalmente a los bosques y la ganadería a las selvas. Los resultados se publicaron en la revista *Climatic Change*, por lo que el capítulo sigue la estructura de dicha publicación. El estudio detectó grandes vacíos de información sobre la cuantificación y seguimiento de la cobertura vegetal por tipo de vegetación y su dinámica de cambio, a tres escalas: nacional, estatal y municipal.

La segunda parte cuantifica la deforestación a escala estatal. Incorpora el análisis de cartografía histórica e imágenes de satélite, apoyado en un sistema de información geográfica. Para este ejercicio se seleccionó a Oaxaca, reconocido como el estado número uno en riqueza y diversidad biológica del país. Las preguntas que guiaron el trabajo fueron: ¿Cuál es el contexto ambiental y cultural en el que se desarrolla el territorio de Oaxaca?, ¿Qué superficie abarca?, ¿Con qué superficie de cobertura vegetal natural cuenta el estado?, ¿Cuál es la velocidad de cambio de dicha cobertura vegetal?, ¿El cambio en la cobertura implica cambios en el uso del suelo?, ¿Quiénes son los actores que la promueven?, ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de carbono de la vegetación de Oaxaca?, ¿Cuánto carbono es emitido por el proceso de deforestación?.



Se consideró la estimación en la cobertura vegetal y el cambio en el uso del suelo y también, se intentó identificar las causas que promueven la deforestación en la entidad. Los resultados se presentan en los cuatro capítulos que a continuación se resumen.

El capítulo dos bosqueja, a muy grandes rasgos, los eventos más relevantes de la historia natural y cultural que dieron origen al actual territorio de Oaxaca. Ello, con el fin de ubicar al lector en el escenario donde se lleva a cabo el proceso de deforestación y proporcionar algunos elementos que ayuden a entender el uso que históricamente se le ha dado a sus recursos naturales.

El capítulo tres reseña la dinámica histórica de la división territorial del Estado de Oaxaca. Se presenta una revisión del cambio tanto conceptual como espacial del territorio de la entidad, desde sus primeros asentamientos hasta la época actual. Se abordó esta temática dado que, el acceso a los recursos está muy ligado a la división político administrativa del territorio y a la tenencia de la tierra. La cual, ha cambiado al paso de sucesivas conquistas generando muy diversas divisiones territoriales, cambios en los nombres de los pueblos, ríos, montañas y demás accidentes geográficos, así como cambios en la distribución de la población y sus relaciones sociales, políticas y económicas. Actualmente el 80% de la superficie de Oaxaca está bajo un régimen de propiedad comunal o ejidal. Los resultados se publicaron en el Boletín de Investigaciones Geográficas y la estructura del capítulo mantiene la de la publicación.

Una vez descrito el escenario geográfico y cultural de Oaxaca, el capítulo cuatro presenta la estimación de la tasa de deforestación de la entidad. Para lograr este objetivo se realizó la recopilación de cartografía histórica y actualizada del territorio de Oaxaca en dos temas principales, la división política y la cobertura vegetal, así como información censal contemporánea sobre población y actividades productivas, a nivel municipal.

Se reseñan los problemas para emplear la información contenida en los mapas de cobertura vegetal históricos de la entidad. Se presenta una propuesta de leyenda basada en la

regionalización ecológica de Toledo y Ordóñez (1996) que permitió agrupar las clases de vegetación de los mapas históricos y analizar el proceso de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo de la entidad. Se muestran los resultados obtenidos en el análisis de cinco mapas de cobertura vegetal y uso del suelo: el potencial, el de 1970, el de 1980, el de 1990 y el de 2000. Por las diferencias en los criterios y las metodologías empleados en la elaboración de las cartas históricas, el mapa de 1970 se comparó con el de 1990 y el mapa de 1980 se comparó con el 2000. Se estima que de 1970 a 1990 el estado de Oaxaca perdió 389 mil ha de bosques y selvas, mientras que de 1980 al 2000, se deforestaron 250 mil ha. Se obtuvieron las superficies de cambio por tipo de vegetación, información con la que se construyeron matrices markovianas para estimar las probabilidades de transición de las clases de vegetación y usos del suelo. De 1970 a 1990, se incrementaron las superficies de bosques y selvas de la entidad, mientras que para el periodo 1980-2000 decrecieron.

Se cuantificó el contenido de carbono por tipo de vegetación. En los últimos 30 años, los bosques y selvas de Oaxaca han mantenido un almacén de carbono promedio de 1381 millones de toneladas de carbono.

La tercera parte cuantifica la deforestación a escala municipal. Se analiza la relación entre deforestación y la dinámica poblacional de los 570 municipios de Oaxaca para los últimos cincuenta años. Los resultados se presentan en el capítulo cinco. Como se mencionó en un principio, diversos autores han identificado al crecimiento poblacional, la expansión de la frontera agropecuaria, y las actividades forestales como los principales factores ligados al proceso de deforestación. Con el fin de probar esta hipótesis se aplicó un modelo de regresión lineal simple, el cual reporta que el crecimiento poblacional y su incremento en densidad, no son variables relevantes en el proceso de deforestación de Oaxaca. Así mismo indican que la cobertura forestal actual depende fuertemente de la previamente existente. La cobertura vegetal previa explica el 50% de la varianza de la cobertura entre 1970 y 1990 y el 80% de la varianza entre 1980 y el 2000. En ambos casos, se identifica una tendencia de cambio de cobertura vegetal municipal de regresión a la media. Es decir, los municipios con menor proporción de cobertura vegetal tendieron a incrementar su cobertura, mientras aquellos que reportaron mayor proporción de cobertura vegetal tendieron a disminuirla.

El capítulo seis, integra la información relevante de los capítulos anteriores. Se infiere que el Territorio de Oaxaca, históricamente ha contado con numerosos asentamientos dispersos, con pocos centros urbanos que favorecen grandes concentraciones humanas. Por lo anterior, no es recomendable intentar generalizar los resultados de la deforestación a nivel estatal o regional y aplicarlo de manera homogénea a todas las localidades de la entidad.

La conservación de amplias superficies forestales sigue siendo una pregunta de investigación no resuelta por completo en este trabajo ya que los patrones de deforestación identificados en la entidad muestran que obedecen a múltiples factores como los económicos, política agraria, colonización, expansión de infraestructura urbana y en algunas partes, el deterioro se relaciona con tierras muy antiguas que están en proceso de cambio por eventos de erosión natural.

En el caso de Oaxaca, no se encontró una relación directa entre el crecimiento poblacional y la deforestación de la entidad, es un proceso complejo en el que inciden una serie de factores sociales, económicos y políticos que afectan directamente la transformación de los hábitats naturales de la entidad, así como el cambio y deterioro de la organización social, económica y cultural de sus habitantes.

El trabajo muestra que procesos como la deforestación al ser evaluados a diferentes escalas reporta importantes diferencias que deberían de ser consideradas. No sería conveniente aplicar las tasas de deforestación nacional a nivel estatal y mucho menos a escalas municipales o locales. Tampoco sería conveniente generalizar los factores que promueven la deforestación. Es necesario seguir avanzando en la estimación de la deforestación a escalas locales y municipales

*Verde que te quiero verde*  
*Verde bosque,*  
*Verde selva,*  
*Verde pradera,*  
*Verde playa,*  
*Verde edén,*  
*Verde: esperanza, sustento de vida, de continuidad*

## Capítulo I

# CARBON EMISSIONS FROM MEXICAN FORESTS: CURRENT SITUATION AND LONG-TERM SCENARIOS

OMAR R. MASERA, MARÍA J. ORDOÑEZ', and RODOLFO DIRZO<sup>11</sup>

*Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*

**Abstract.** Estimates of carbon emissions from the forest sector in Mexico are derived for the year 1985 and for two contrasting scenarios in 2025. The analysis covers both tropical and temperate closed forests. In the mid-1980s, approximately 804,000 ha/year of closed forests suffered major perturbations, of which 668,000 ha was deforestation. Seventy-five percent of total deforestation is concentrated in tropical forests. The resulting annual carbon balance from land-use change is estimated at  $67.0 \times 10^6$  tons/year, which lead to net emissions of  $52.3 \times 10^6$  tons/year accounting for the carbon uptake in restoration plantations and degraded forest lands. This last figure represents approximately 40% of the country's estimated annual total carbon emissions for 1985-1987. The annual carbon balance from the forest sector in 2025 is expected to decline to  $28.0 \times 10^6$  t in the reference scenario and to become negative (i.e., a carbon sink),  $62.0 \times 10^6$  t in the policy scenario. A number of policy changes are identified that would help achieve the carbon sequestration potential identified in this last scenario.

## I. Introduction

Deforestation and logging of primary forests constitute a major source of global carbon emissions to the atmosphere (Houghton, 1990; IPCC, 1992). Estimates for the late-1980s suggest that from 0.6 to 3.6 metric gigatons of carbon ( $\text{Gt C} = 10^9 \text{ t C}$ ), or about 11% to 39% of total  $\text{CO}_2$  emissions from human origin, come from the forest sector (Hao et al., 1990; Houghton, 1990; IPCC, 1992). A recent analysis by Dixon et al. (1994) calculates a best estimate of 1.4 Gt C of net emissions from deforestation (Dixon et al., 1994). Most forest-related emissions are concentrated in developing countries.

While presently important net sources of greenhouse gas emissions to the atmosphere, forests hold the potential to become large carbon sinks, helping sequester from 1 to 3 Gt C/yr for about a century (Trexler and Haugen, 1993; Dixon et al., 1994).

The wide range of existing estimates of global carbon emissions from the forest sector reflects the difficulties in obtaining accurate information regarding deforestation rates, forest conversion activities, and the relevant carbon-related parameters of forests. In addition, there is not always complete consistency in the definitions of deforestation, forest types, and which forests are included in the deforestation figures. Country estimates present the same or even larger problems. In the case of Mexico, the currently available estimates for carbon emissions from deforestation in the mid-1980s to early-1990s differ by a factor of five, ranging from  $13.7 \times 10^6 \text{ t C}$  (WRI, 1994),  $56 \times 10^6 \text{ t C}$  (Subak et al., 1993, cited in Cairns et al., 1995) to  $64 - 71 \times 10^6 \text{ t C}$  (Cairns et al., 1995). Most of the variation stems from divergences in the estimates of deforestation rates, of the forest types included in calculations, and in the procedure used to estimate annual carbon emissions. Until recently, most attention was paid to assessing deforestation rates in Mexico's tropical evergreen forests (i.e., Myers, 1989), neglecting about 80% of Mexico's closed forest coverage which is tropical deciduous and temperate forest.

---

<sup>11</sup> *Climatic Change* 35: 265 - 295, 1997.

Detailed country studies on carbon emissions from the forest sector are therefore urgently needed in order to provide improved estimates which can serve to better assess global carbon emissions from deforestation. From a policy perspective, a more accurate determination of carbon emissions at the country level is an important step in the efforts towards the limitation of global emissions of greenhouse gases. The examination of future long-term emission and sequestration scenarios will also help in assessing the amount of potential carbon savings, as well as the possibilities and constraints for achieving those savings.

Forests provide key services to Mexico and to its local residents as sources of diverse wood and non-wood products for local consumption and trade, biodiversity, climate regulation, recreational sites, etc. 'Carbon storage' is only one and, at least for local peoples, not the most important function of forest resources. The analysis of potential carbon savings should thus take into account the multiplicity of possible uses for forest resources, making carbon-saving strategies the by-product (as opposed to the starting point) of more general strategies aimed at sustainable management of forest resources.

This article begins with a section on the study methodology. The second section shows the major ecological characteristics and a simplified classification of Mexican forests and briefly discusses the current situation of Mexico's forest sector. In the third section, deforestation rates are estimated within closed forests. Current estimates are reviewed and the leading factors of deforestation by type of forest are discussed. The fourth section is devoted to a detailed analysis of current carbon emissions from deforestation. The fifth section shows two contrasting scenarios for carbon emissions and sequestration from land-use change in the year 2025 and a comparison of carbon emissions from the forest sector with those from energy use and cement production. A discussion on different policy options for promoting the sustainable management of forest resources in Mexico concludes this article.

## 2. Methods

Carbon emissions from deforestation were estimated through an in-depth review of the existing information on Mexico's forest cover and deforestation rates for the decade of the 1980s as well as on carbon-related biological parameters of the forests. The methodology used is based mainly on the CO-PATH model (Makundi et al., 1991), although several additions and modifications were incorporated into the model. Also, we updated and improved earlier estimates (Masera et al., 1992) for current and future carbon emissions from land-use change using the stated model. We relied on local information – both from official sources and from case-studies – as extensively as possible, using estimates from other regions only when local data were not available. The study covers all closed forest types in the country.

Deforestation rates were estimated through a review of official statistics (Castillo et al., 1989; FAO, 1988, 1990; SARH, 1984 cited by FSV, 1990; SARH, 1990) and of detailed case studies (Caro, 1987, 1990; Cortez-Ortiz, 1990; Cuarón, 1991; De Ita et al., 1991; Dirzo and Garcia, 1991). Relatively accurate information was available only for tropical evergreen forests; for the remaining forest types, and especially for deciduous and broadleaf forests, only partial information was obtained. Available state-level data on forest perturbation rates (SARH, 1990) and five-year averages of forest fires by forest type (SARH, 1989) provided the basis for estimating deforestation rates. For tropical forests, adjustments were done using data from case studies and recent estimates from satellite images. No explicit account was taken for deforestation from energy projects (construction of dams and oil exploration/ extraction activities) and road construction. However, part of the deforestation caused by these activities is already implicit in the estimates derived from satellite images of tropical forests.

Detailed information on both carbon content of vegetation and soils only was available for tropical deciduous forests. For the remaining forest types, basal area, mean tree height and wood

density were also taken from primary sources. Aboveground biomass inventories were calculated using Cannell's (1984) formula:

$$WT = F * H * G * D \quad (1)$$

Where  $WT$  = total aboveground woody biomass per hectare of stems and branches, including bark, of forest or woodlands;  $F$  = volume factor;  $H$  = mean tree height;  $G$  = basal area at breast height; and  $D$  = mean basic wood density (dry weight/green volume).

Data on burning efficiencies and carbon releases both from vegetation and from soil disturbances were entirely drawn from the literature. Detailed case studies and personal experience in the field provided the basis to estimate the assumed 'permanent' composition of the deforested area in the reference year. Determining the long-term or 'permanent' composition of the deforested area (e.g., how much of the forest cleared will end up as pasture, will be devoted to annual or permanent agriculture, will undergo natural regeneration or will be eroded) is very difficult for two reasons: (i) available estimates on deforestation rates give only the amount of land deforested but do not indicate the conversion activity; and (ii) there is usually a sequence in the deforestation process: for example, the forest is first cleared for agriculture from which it turns into pasture; also in many cases, pasture cannot be sustained and erosion takes place; in temperate forests, areas cleared are often simply abandoned – in these cases, the extent to which they are able to regenerate or become completely eroded is also difficult to estimate.

For tropical evergreen forests, estimates of changes in land-use patterns from satellite images for two different years were used (Cuarón, 1991). Secondary vegetation, which accounts for an important share of the deforested area within tropical forests, was partitioned between pasture and agriculture; a small fraction was considered to remain as such over the long term. Based on recent findings (Masera et al., 1995) a first rough estimate of carbon uptake from vegetation regrowth in degraded forest lands is also provided. Because of the large uncertainties about and inconsistencies among some of the primary sources of information, values for carbon emissions should be taken as first estimate to be improved through more detailed studies. Readers are referred to the author's research report (Masera et al., 1992) for a more detailed discussion of the study methodology.

Future carbon emissions from the forest sector were estimated using a business as usual or reference scenario and a carbon sequestration or policy scenario. In the reference scenario we assume that current deforestation rates (as percentage of area cleared) and the structure of carbon emissions by forest type will continue in the future. Accordingly, future net emissions may be estimated as (Masera, 1995):

$$C_t = \sum_{i=1}^N [c_i * D_i * e^{-d_i * t} - s_i * R_i * t] \quad (2)$$

Where  $C_t$  is the net carbon emissions at year 't',  $c_i$  the carbon emission intensity,  $D_i$  the forest area in the base year ( $t = 0$ ) and  $d_i$  the assumed future deforestation rate,  $s_i$  the carbon uptake intensity (in t C/ha/yr.), and  $R_i$  the area annually reforested, by forest type 'i'.

The policy scenario was designed through a careful examination of promising forest options to save carbon emissions from deforestation (i.e., options that would help conserve existing forests) and to increase carbon sequestration (i.e., options that involve afforesting the land). Total carbon sequestration by forest option is the product of its projected future area times its associated unit carbon sequestration. The future area by forest option was estimated using long-term projections for both traditional and commercial wood demand, plus assumptions about the plausible extent of future natural protected areas. The unit carbon sequestration estimates the net avoided emissions that would arise from stopping the conversion of existing forests to their most likely alternative use, or the net carbon uptake that would result from afforesting existing degraded forest or agriculture lands. Total net carbon sequestration by forest type is finally obtained by subtracting deforestation emissions from total carbon sequestration. High and low estimates of future carbon sequestration are derived, in order to account for uncertainties in soil and biomass carbon uptake. For brevity, only the average scenario values are presented in this paper. Refer to Masera (1995) for a more detailed discussion about the scenario assumptions and methodology.

Table I  
Land-use patterns in Mexico

Land area (10 <sup>6</sup> ha)	196.7
Closed forests	26.0%
Open forests <sup>a</sup>	33.6%
Degraded forest lands	11.0%
Agriculture and pasture	26.3%
Other uses	3.1%
Natural protected areas (10 <sup>6</sup> ha)	5.7
Closed forests (10 <sup>6</sup> ha)	51.1
Tropical evergreen	18.8%
Tropical deciduous	31.3%
Temperate coniferous	32.8%
Temperate broadleaf	17.1%

Source: Modified after Masera et al., 1992. The figures are approximate, given that large discrepancies exist among the different official sources about the exact magnitude of each forest type. Tropical forests include 6.8 million ha (Mha) of fragmented forests.

<sup>a</sup>Open forests include 28 Mha that are used as grazing lands for extensive cattle ranching in Northern Mexico. If these lands were included within Pasture, this last category would reach 27% of the total country area.



### 3. Mexico's Forest Sector

Mexico spans almost  $2 \times 10^6$  km and has a population of  $81.1 \times 10^6$  (1990) with a 70/30 urban/rural split. The current population growth (2.1%/year) is mostly concentrated in the urban sector (INEGI, 1992) as the rural population has remained virtually constant since the 1970s. There are several discrepancies among existing estimates of the distribution of the country area by land-use category in the 1980s (Castillo et al., 1989; Flores-Villela and Gerez, 1988; SARH, 1986; SPP, 1980; Toledo et al., 1989). Based on the best existing primary data, we estimate that, as of the mid-1980s, about 26.0% of Mexico's  $196.7 \times 10^6$  ha of land was covered by closed forests (Table I). This estimate for closed forests is also very similar to that obtained in a remote sensing forest inventory conducted in Mexico in 1991 (SARH, 1991a).

Land devoted to livestock production, which has increased dramatically since the 1960s, already occupied over 27% of the total area of the country, including approximately 28 million ha of open forests that are used for extensive cattle ranching. In contrast, only 13.9% was used for agriculture ( $27.4 \times 10^6$  ha). The protected areas in the country amounted to  $5.7 \times 10^6$  ha by the end of the 1980's. Of this total, about  $5 \times 10^6$  ha were in relatively well-preserved areas. Thirty-four percent of all protected area is located in tropical evergreen forests, 2% in tropic deciduous forests, 7% in temperate forests, and the remainder in open forests (in the last four years there has been a substantial increase in the protected area of open forests, primarily through the addition of two large reserves in Northern Mexico (Ordóñez and Flores-Villela, 1995). Additionally, there is a small area ( $0.7 \times 10^6$  ha which is partly-to-largely altered, assigned as national parks, and a small (though not quantified) area of natural vegetation in good condition that is not formally protected.

#### 3.1. ECOLOGICAL FEATURES

Mexico lies at the point where the holarctic and neotropical geographical regions converge. Mexico's location, together with its high climatic diversity, complex topography, and geological history, has resulted in a very rich and unique constellation of ecological situations within the national boundaries. It is estimated that approximately 10% of the world's biodiversity is concentrated in Mexico (Flores-Villela and Gerez, 1988). Mexico's forests show a very high proportion of endemism. These forests also represent a bank of germoplasm for improving many agronomically important species (e.g., perennial maize), or for identifying new species with potential economic value as sources of drugs, biocides, timber, etc. (Dirzo and Raven, 1991).

We classified Mexican forests into five main forest types: tropical evergreen, tropical deciduous, temperate coniferous, temperate broadleaf and open forests. The enormous altitudinal and climatological variability of Mexico makes Holdridge's life-zones classification difficult to apply (Holdridge, 1987). For this reason, Mexico has traditionally used its own local (national) systems in the past. In deriving our estimates we used the simplified system of Rzedowski (1978). The equivalence with Holdridge's system is as follows: Tropical evergreen (subtropical wet pre-montane, subtropical moist pre-montane moist); Tropical deciduous (subtropical dry pre-montane); Temperate broadleaf (subtropical pre-montane and low-montane, subtropical mountain wet); Temperate (subtropical montane dry); Open (subtropical desert, subtropical scrub desert, subtropical montane thorny).

Only the first four of the five forest types in our classification are incorporated into the analysis of carbon emissions. While open forests occupy a large fraction of the forested area, no reliable information exists on their deforestation rates. In addition, given their lower carbon content per hectare, the contribution of open forests to the country's carbon dioxide emissions from deforestation is small compared to that of closed forests.

*Temperate forests* comprise 50% of total closed forests. They are common at elevations above 1000 m and concentrate the highest diversity of *Pinus* (pine) and *Quercus* (oak) in the world (e.g., having more than 50 species of pines and 140 species of oak) (Rzedowski, 1991). *Coniferous forests* ( $16.9 \times 10^6$  ha) are dominated by *Pinus*, but also include *Abies*, *Cupressus*, and mixed *Pinus-Quercus* forests. Coniferous forests are located along the different mountain formations, at altitudes ranging from the lowlands to timberline. *Quercus* is the dominant genus in *broadleaf forests* ( $8.8 \times 10^6$  ha). These forests lie in the areas surrounding coniferous forests and are dominant at lower altitudes and/or in drier conditions. Aside from their importance in terms of biodiversity, these forests are crucial in the hydrological cycle and as sources of timber and fuelwood.

*Tropical evergreen forests* ( $9.7 \times 10^6$  ha) are concentrated at low elevations (< 1000 m) in the southern and southeastern areas of the country. In the present study they include both true evergreen (16.9% of the total tropical evergreen forests) and semi-evergreen tropical communities. Dominant species include *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia amazonia*, *Manilkara zapota*, and several *Leguminosae*. These forests include the largest number of woody species per unit area, which in turn determines the existence of a considerable diversity of other organisms (e.g., birds, mammals, insects). They are also important as potential new sources of economically useful resources.

*Tropical deciduous forests* ( $16.1 \times 10^6$  ha) are mostly located along the Pacific Coast, with patches in the Yucatan Peninsula and the Balsas watershed. Dominant species include *Bursera* spp., *Enterolobium cyclocarpum*, and several *Leguminosae*. They cover a wide range of ecological conditions in hot climates. A considerable portion of the open forest areas of Mexico are the result of the alteration and, sometimes, the eradication of tropical deciduous forests. In contrast to evergreen forests, tropical deciduous forests have received much less attention from the scientific community and management planners. Protected areas including deciduous forests are grossly under-represented, despite the fact that deforestation in absolute terms is the highest for tropical deciduous vegetation (see below).

### 3.2. THE FOREST SECTOR

Despite the country's large forest resources, the forest sector does not play an important role in the national economy (about 3% of the manufacturing GDP: CNIF, 1991) and is undergoing a severe crisis. While domestic demand for wood products has been constantly increasing, particularly during the last decade, the production of timber, and pulp and paper industries, decreased 24% and 32%, respectively, between 1985 to 1990. Imports have increased almost 90% since 1988, and there has been a reduction of 15% in the contribution of the forest sector to the GNP since 1987 (CNIF, 1992).

The total demand for wood products (production plus imports minus exports) is estimated in  $47.6 \times 10^6$  m<sup>3</sup> for 1990. Fuelwood accounts for 78% of total demand, the rest being for industrial use ( $10.1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>). Fuelwood is extensively used in rural areas, where it is the most important source of energy for cooking and water heating (about  $25 \times 10^6$  people still cook with fuelwood in the country) and is also burned in many rural industries (brick making, pottery kilns, etc.) (Masera, 1993). Sixty percent of industrial demand for wood products goes for timber and 40% for pulp and paper (Table II). Imports supply more than 50% of the total demand for pulp and paper products (CNIF, 1991).

Table II  
Production and demand of forest products in Mexico in 1990 (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year)

Product	Production	Exports	Imports	Total demand
Timber	5.7	0.7	1.0	6.0
Pulp	2.0	0.2	2.2	4.0
Fuelwood	37.9	0.3	<0.1	37.6
Commercial	0.4	0.3	<0.1	0.1
Rural <sup>a</sup>	37.5			
Total	38.3	1.2	3.2	47.6
Industrial	8.1	1.2	3.2	10.1

Notes: From CNIF (1992) and Masera (1993). Not included in the estimates are demand for wood products for rural subsistence uses (fences, home construction, etc.) and clandestine logging (which may be large but is difficult to estimate).

Commercial forest exploitation is concentrated on temperate forests (95% of total harvesting) and, within them, on coniferous forests. Harvesting by rural villagers for local consumption occurs in most forests in the country (Jardel, 1989). Only selective cutting is permitted within areas under management. Poor technical harvesting systems have led to very low productivity in managed forests (Jardel, 1989). Bellón et al. (1994) and Masera et al. (1995) provide a more detailed discussion of the characteristics and problems of the forest sector and of the current forest management systems used in Mexico.

The institutional framework of forest exploitation is very complex and largely responsible for the problems of the forest industry. Approximately 80% of the commercial forest lands are in *ejidos* (communal land grants) or are owned by local communities, and the remaining 20% is private property (Lara, 1992). The timber industry is, however, controlled by a few relatively large private enterprises. Traditionally, forest production has been structured as a supply source for industry and not as a development option for local communities. Government policies have contributed to the crisis in the forest sector through excessive and discretionary regulation of all forestry activities, a lack of definition of property rights in forest lands, short-term contracts between industry and landowners, inadequate financing policies to promote the development of the forest sector, and subsidies to cattle ranching and agriculture. The disparity between those who own and those who economically benefit from the forests is at the root of the crisis within the sector and has led to severe environmental degradation within managed forests.

#### 4. The Deforestation Process

Mexico has lost a large fraction of its original forest coverage (Figure 1). It is estimated that tropical evergreen forests, for example, currently have been reduced to 10% of their original area (Rzedowski, 1978). The history of the deforestation process is long and complex in Mexico. It is estimated that the first large scale clearing of forests occurred early in the colonial period (XVI and XVII centuries), when indigenous communities were forced by the Spanish conquerors to abandon the best agricultural lands and had to settle in forested areas (González, 1992). The huge amounts of wood needed for the extensive mining activities undertaken during the colonial period also contributed to the elimination of large forest areas (González, 1992).

The deforestation process had another boost in the period comprised between the end of the nineteenth-century and the 1910s. During this period the Mexican government gave concessions of large forest tracts to foreign enterprises, which clear-cut existing forests moving along as the resources were exhausted (González, 1992). This process was particularly crude in the temperate

forests of Central Mexico, and resulted in harvest bans that lasted until the late-'70s in some states.

The final and most extensive 'push' to the deforestation process in the country initiated in the 1940s and had their peak during the '60s and '70s. In this period, tropical forests were the most affected. 'Development projects' – many of them funded by multilateral lending agencies – and generous subsidies for cattle ranching provided the basis for extensive clearing of forested areas, especially in Southeast Mexico. (For example, from 1973 to 1977, the World Bank and the Inter-American Development Bank made loans for cattle production in Mexico totaling US\$527.4 x 10<sup>6</sup> : this represented 48.7% of the total lending to cattle production in Latin America (Toledo, 1987).) Forests were also seen as an ideal target for colonization programs, as they avoided the politically more difficult undertaking of a land reform within existing agricultural lands (Paz, 1995). Deforestation continued during the 1980s, fostered by the country's economic crisis, and a deepening of rural poverty.

A remarkable feature of the deforestation process in Mexico is that it is weakly correlated with population growth, as shown by a detailed analysis conducted by FAO in 1990 (FAO, 1990). This result confirms that in Mexico like in other regions of Latin-America (e.g., Brazil), socioeconomic factors such as a skewed and unstable structure of land ownership, an institutional context unfavorable to small land holders and rural development, and direct or indirect subsidies to cattle ranching have been the key driving forces of the process of land-use change (Janvry and García, 1988).

Statistics about current deforestation rates in Mexico are highly uncertain. Estimates range from 400,000 ha/year to 1.5 x 10<sup>6</sup> ha/year for the 1980s (Table III). Part of the discrepancy derives from the definitions of forest types used by each particular source. Some authors only include tropical forests, which have captured the most international attention; others account for both open and closed forests (i.e., Toledo et al., 1989). Deforestation figures calculated for all forest types (FAO, 1988) have been erroneously assigned to tropical closed forests (Myers, 1989). Moreover, tropical deforestation has been largely estimated on the basis of measurements carried out in evergreen forests only (i.e., ignoring deforestation patterns in tropical deciduous vegetation). To make things worse, the latest national forest inventory (SARH, 1994) cannot be used to estimate historic deforestation rates because the inventory is based on a classification of forest types that does not match previous forest inventories.

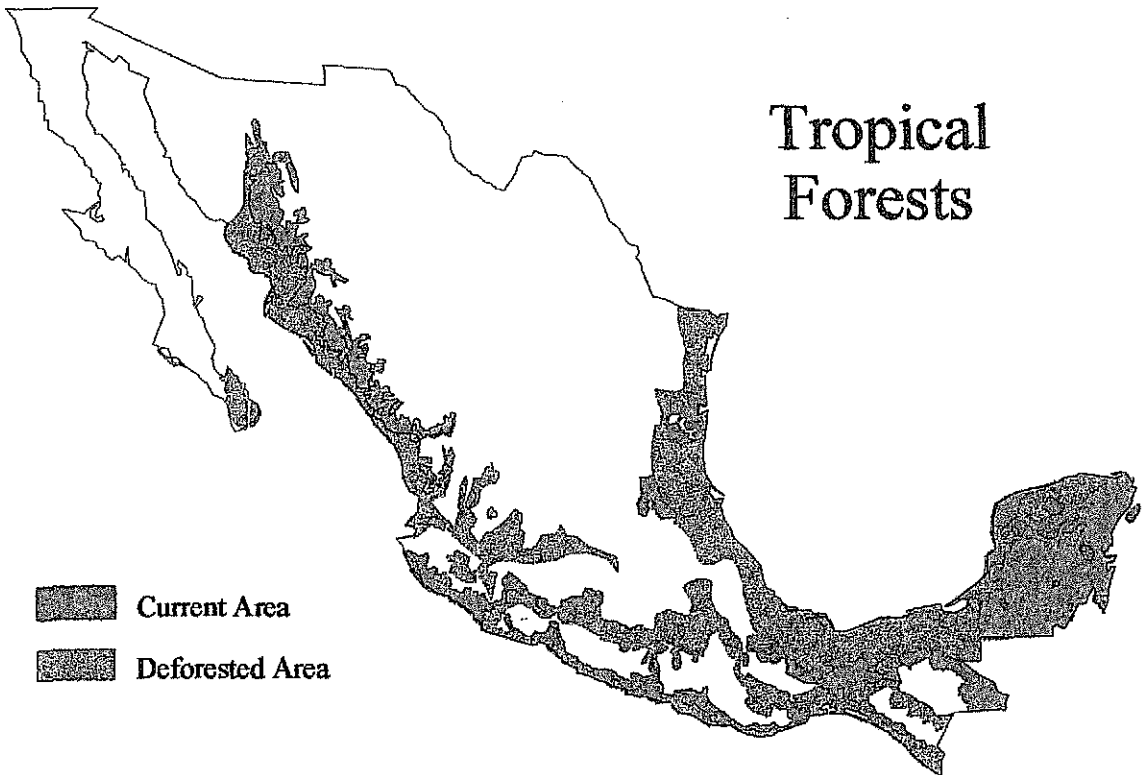
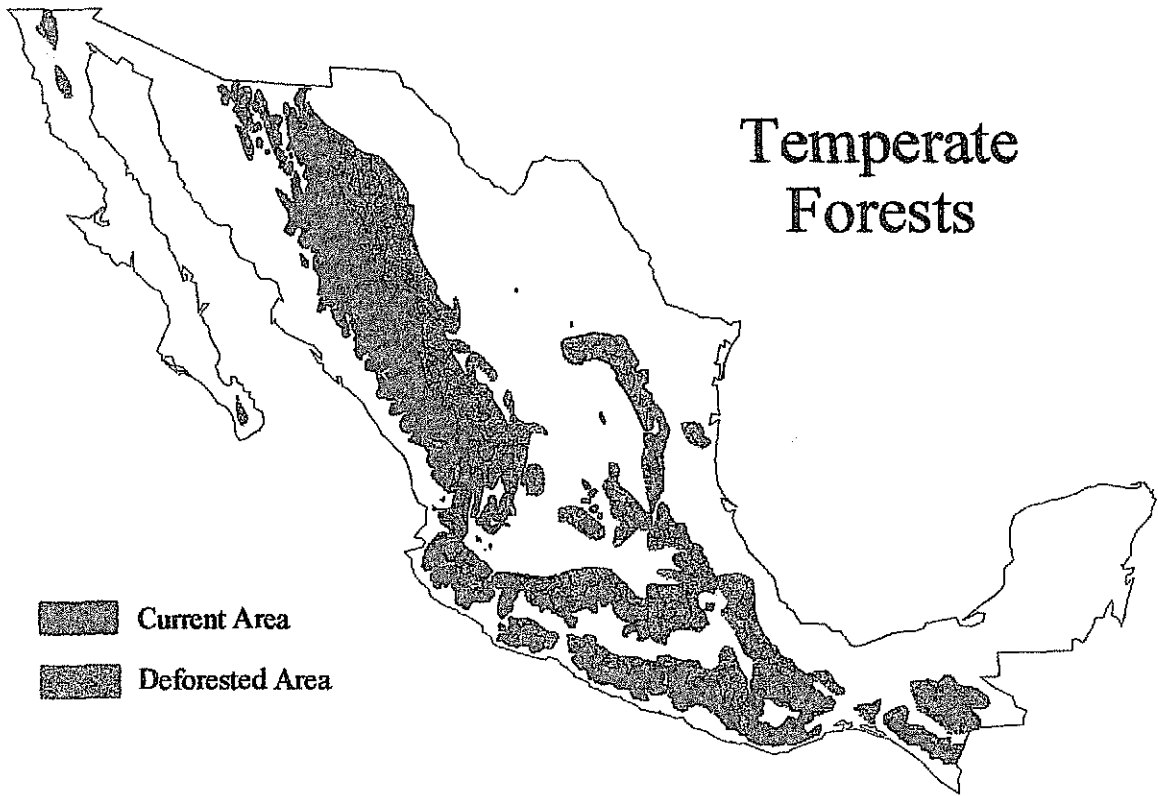
Table III  
Range of estimates of deforestation rates in Mexico's closed  
Forests for the 1980s (10<sup>3</sup> ha/year)

Source	Temperate	Tropical	Total
Toledo et al., 1989 <sup>a</sup>	n.a.	n.a.	1500
Repetto, 1988	n.a.	460	460
Myers, 1989	n.a.	700	700
FAO, 1988; WRI, 1990	125	470	595
SARH, 1990 <sup>b</sup>	127	202	329
Castillo et al., 1989	272	473	746
This study <sup>c</sup>	167	501	668

<sup>a</sup> Values include deforestation in open forests.

<sup>b</sup> Adjusted to exclude open forests. The original value was 370,000 ha lost per year.

<sup>c</sup> Values correspond to annual averages for projected deforestation during the period 1988 – 1994.



*Figure 1.* Deforestation in Mexico: original vs. Current area for temperate and tropical closed forests. Original area taken from the map by Rzedowski and Reyna\_trujillo (1990), which estimates the potential distribution of the different forest types; current forest area taken from the latest national inventory (SARH, 1994). The following forest types are included: conifer, broadleaf, tropical evergreen and subtropical deciduous.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Forest degradation is occurring in several harvested areas. Due to the lack of precise information about the total area harvested by forest type, harvesting extraction intensities and forest regeneration, a conservative fraction of the total deforested area was assigned to harvesting.

According to our results, approximately 668,000 ha were lost each year during the mid-1980s, leading to an overall deforestation rate of 1.29%/year of the original (early-1980s) forest area. Total forest losses are split into 167,000 ha of temperate and 501,000 ha of tropical forests. Deforestation rates are substantially higher for tropical forests (1.90% for deciduous forests and 2.00% for evergreen forests) than for temperate ones (0.64%/year for coniferous forests and 0.64%/year for broadleaf forests). It should be noted that the figures are well below those found for case studies covering the different forest types (Table IV; Figure 2 shows the geographical locations of the different case studies in Mexico).

Adding the area affected by forest fires predicted to regenerate to the deforestation figures above, a total of 804,000 ha underwent major perturbations in the mid-1980s in Mexico (Table V). Most of the area affected by forest fires regenerates. Only the fraction of the area burned not allowed (or not able) to regenerate is included in our estimates for deforestation. The following fractions of areas affected by forest fires are assumed not to regenerate temperate coniferous (30%); temperate broadleaf (40%); tropical evergreen (20%); and tropical deciduous (30%).

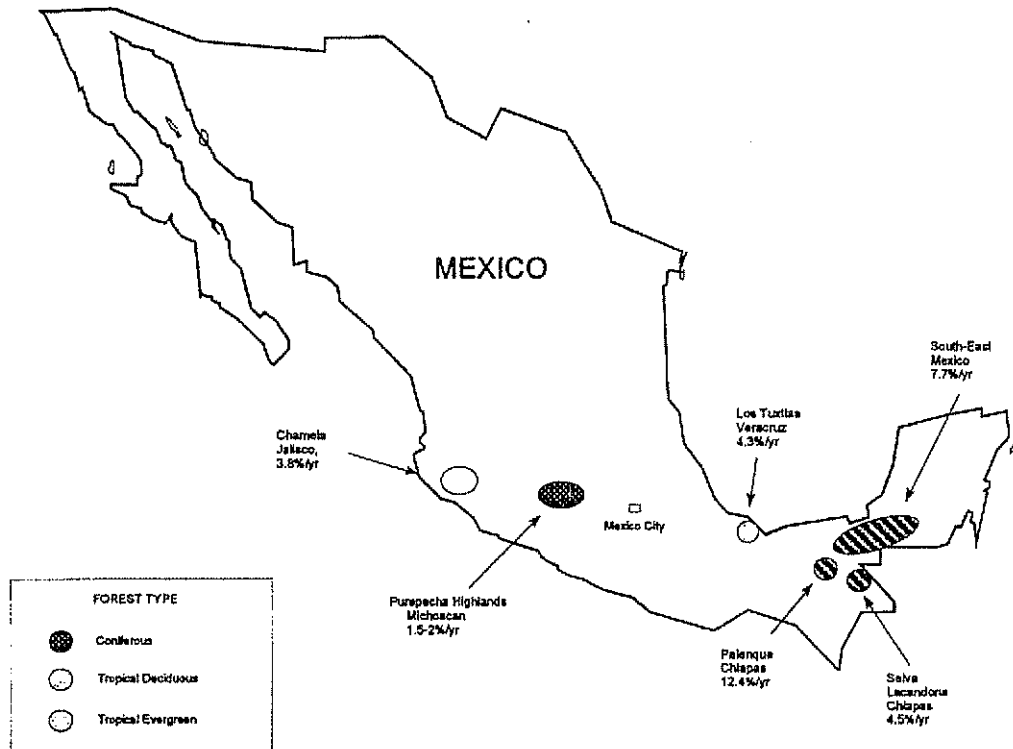


Figure 2. Geographical location and estimated deforestation rates in selected Mexican regions. Deforestation rates are for early and mid 1980's

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

The main activities causing deforestation and major perturbations vary according to forest type. Deforestation is, however, ultimately rooted in the overall rural development strategy followed by the government during the last four decades. Expansion of cattle ranching has been by far the leading factor encouraging deforestation in the tropical forests (Dirzo and Garcia, 1991; Synnott, 1988; Toledo, 1990; Tudela, 1990), and it has also affected temperate forests (Table V and Figure 3).

Table IV  
Deforestation rates and leading causes of deforestation in selected regions

Region	Ecological features	Deforestation rates (%/year)	Leading factors of deforestation
Lox Tuxtlas, Veracruz <sup>a</sup>	Tropical evergreen	750 ha/year (4.3%/year) 1976-1986	Cattle ranching
Selva Lacandona <sup>b</sup> (Usumacinta River)	Tropical evergreen	14,700 ha/year (4.5%/year) 1980-1988	Cattle ranching (200% increase), opening to agriculture (67%)
Southeast Mexico <sup>c</sup>	Tropical evergreen	40,000 ha/year (7.7%/year) 1974 - 1986	Cattle ranching (42% of deforested area), eroded (6.7%), shifting agriculture(3.7/o);45%on secondary vegetation
Palenque, Chiapas <sup>d</sup>	Tropical evergreen	19,500 ha/year (12.4%/year) 1973-1981	Cattle ranching, (no rainforest remains at present in this area)
Chamela, Jalisco <sup>e</sup>	Tropical Deciduous	26,700 ha/year (3.8%/year) 1982	Cattle ranching, shifting agriculture
Purepecha Highlands, Michoacan <sup>f</sup>	Temperate coniferous	1,800 ha/year (1.5-2%/year) 1985-1987	Clandestine logging, unsettled land tenure conflicts among villages, crisis peasant economy

<sup>a</sup> Dirzo and García (1991).

<sup>b</sup> Cortez-Ortiz (1990) (using satellite imagery).

<sup>c</sup> Cuarón (1991) (using satellite imagery to include SW of Campeche, E of Tabasco and NE of Chiapas).

<sup>d</sup> SARH (1984, cited by FSV, 1990).

<sup>e</sup> De Ita et al. (1991).

<sup>f</sup> Caro (1987, 1990).

A typical sequence in the deforestation process of tropical forests begins with timber extraction. This activity provides the first roads to the forest, from which spontaneous or directed colonization by poor settlers is facilitated. The harvested forest is usually dedicated for the first few years to annual agriculture, from which it subsequently moves into permanent pasture. The many comparative advantages of livestock production with respect to traditional crops (specifically maize) and the absence of markets for other rainforest products induce the ultimate conversion of forests to pasture (Janvry and García, 1988).

Forest clearing for shifting agriculture also adds to the deforestation process, particularly when the fallow period is shortened. The impact of oil extraction (which was not possible to quantify in this study) has also been very large in specific areas (e.g., the state of Tabasco) (Tudela, 1990). Anthropogenic fires have increased substantially during the 1980s, becoming the leading factor of deforestation and forest degradation in temperate forests (Table V). Fires are set to burn the forest understory to increase pasture production and to allow people to claim timber as 'dead

wood' in areas without harvesting permits. Clandestine forest clear-cutting and opening of clearings for agriculture are other major causes of deforestation within these forests.

Table V  
Estimates of deforestation and forest fires shares by conversion activity ( $10^3$  ha/year)

Activity	Temperate coniferous	Temperate broadleaf	Tropical evergreen	Tropical deciduous	Total
Deforestation and forest fires	163	82	237	322	804
Pasture	28%	28%	58%	57%	49%
Agriculture	16%	17%	10%	14%	13%
Harvesting	5%	5%	2%	5%	4%
Forest fires	49%	47%	22%	7%	24%
Other <sup>a</sup>	3%	3%	7%	16%	10%

Notes: From Masera et al. (1992).

<sup>a</sup> Other hand uses include forest losses through erosion, road building, etc. Here the whole area affected by forest fires is included.

#### 4.1. AFFORESTATION

At present, afforestation programs include restoration plantations and commercial plantations. The area afforested has increased substantially during the last few years, but the results of these programs are still modest in the country. Approximately 50,000 ha were reforested annually between 1985 and 1990 for restoration purposes, for a gross total of 432,000 ha reforested since 1960 or a net of 146,000 ha, including a 34% of seed survival rates (SARH, 1991b). Coniferous forests concentrate Eighty percent of total restoration plantations on areas previously vegetated. The low success rate of most restoration plantations is associated with the limited duration of the projects and inability to create incentives among land owners to manage and conserve the plantations. Restoration projects are mainly limited to planting and monitoring the establishment of seedlings during the first five years and do not contemplate the long-term costs and benefits to maintain and manage the plantation. These types of plantations also have not offered alternative benefits for land owners, leading to a lack of interest in protecting and managing the forests. In order to capture the large potential for establishment of restoration plantations and to ensure their sustainability, it is important to design restoration projects that contemplate the supply of goods and services to land owners and local inhabitants (Bellón et al., 1994).

The national government is currently encouraging the large-scale establishment of commercial plantations in Mexico (SARH, 1991b). While official targets are optimistic, the series of biophysical, financial, and institutional conditions needed for the successful implementation of these types of plantations might limit their widespread dissemination in the country (Bellón et al., 1994).

Two additional promising afforestation options that have not been promoted or developed to the scale needed in the country are agroforestry systems and energy plantations (Masera, 1995). By providing tangible benefits to local users, agroforestry systems may become a good alternative to the clearing of tropical evergreen and tropical deciduous forests. There is already a long experience with these systems in Mexico (indigenous groups have used several agroforestry systems for centuries, i.e., Barrera-Marín et al., 1977), which needs to be rescued and used for launching larger programs at the national level. Energy plantations, particularly those aimed at electricity generation, offer a good alternative for making the restoration of degraded forest lands



cost-effective. Adequately established, these plantations offer local benefits such as employment opportunities in rural areas. They are also a good option for carbon sequestration, given that a large fraction of Mexican electricity generation comes from fossil fuels (SEMIP, 1994).

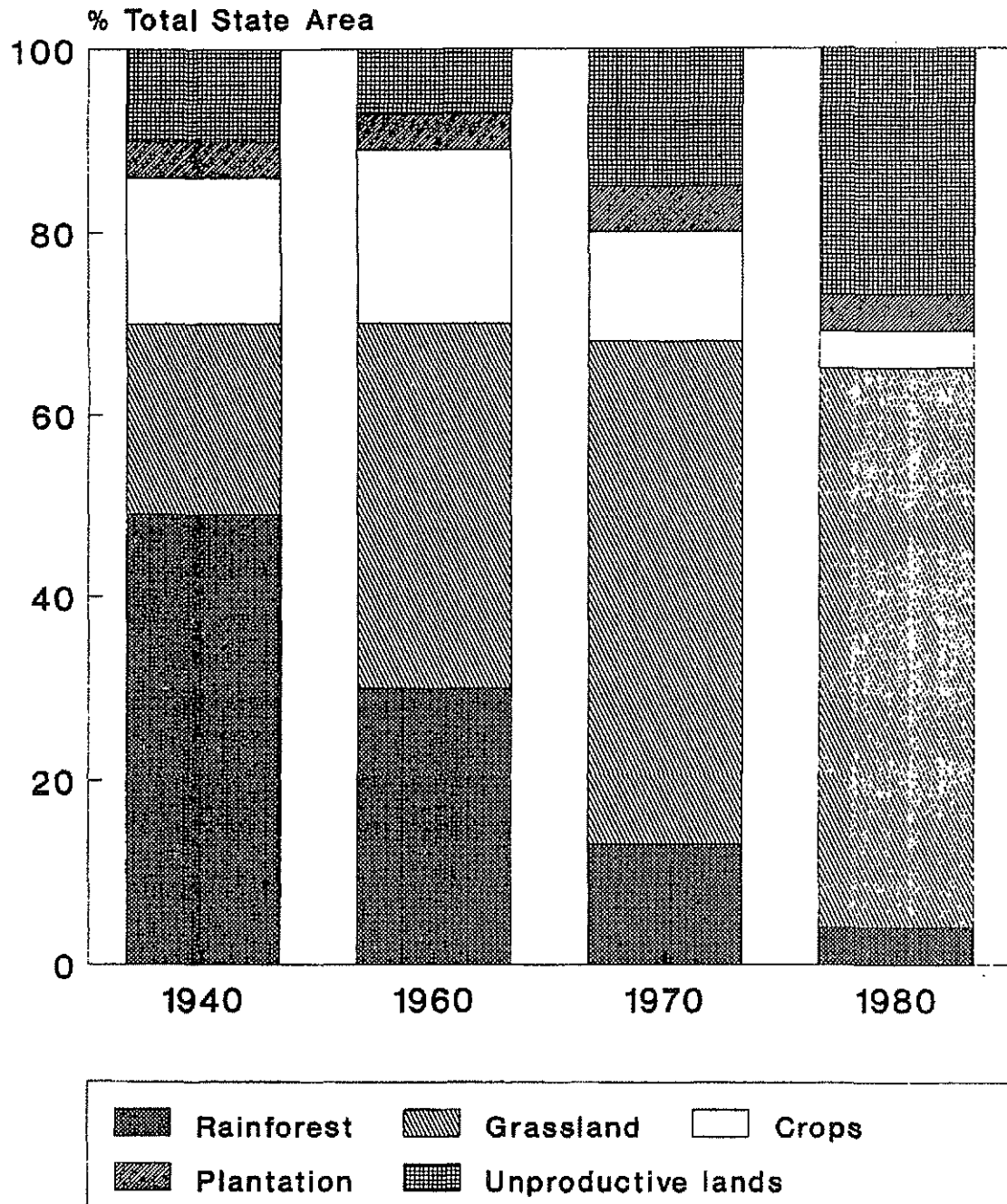


Figure 3. Evergreen forest conversion in the state of Tabasco, Mexico. Adapted from Tudela (1990); total state area is 2.5 x 10 ha.

### 5. Current Carbon Emissions from Deforestation and Forest Fires

Carbon emissions were calculated separately for each forest type and conversion activity. Estimates on deforestation rates were combined with the area affected by forest fires, forest

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

conversion activities, and biological data. The whole area affected by forest fires, as opposed to only that area which will not regenerate, is included in our calculations. This is because for the purposes of determining current carbon emissions, any activity leading to an immediate or future change in the original forest carbon content must be accounted for. As with the rest of forest conversion activities, the 'carbon uptake' from the vegetation regenerating after the fires is taken into account separately, and subtracted from emissions. We also account for the carbon uptake in the reforested areas and the uptake in degraded forest lands undertaking secondary forest regrowth.

Table VI  
Carbon-related parameters of Mexican forests used in emission estimate.

Parameter	Temperate coniferous	Temperate broadleaf	Tropical evergreen	Tropical deciduous
<i>General</i>				
Dominant species	<i>Pinus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	<i>Terminalia</i> <i>amazonia</i>	<i>Caesalpinia</i> <i>eristachys</i>
Wood basic density (t/m <sup>3</sup> )	0.48 <sup>a</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.60 <sup>c</sup>	0.50 <sup>d</sup>
Biomass (t/ha)				
Total	156 <sup>e</sup>	117 <sup>e</sup>	360 <sup>e</sup>	135 <sup>e</sup>
Aboveground	120	90	300	85
Total/aboveground	1.30	1.30	1.20	1.59
Carbon				
Content (%) <sup>f</sup>	45	45	45	45
Total (t C/ha)	179	153	232	121
Vegetation	70	53	162	61
Soils <sup>h</sup>	109	100	70	60
<i>Combustion release<sup>g</sup></i>				
Biomass carbonized	0.1	0.1	0.1	0.1
Slash-and-burn	0.6	0.6	0.5	0.4
agriculture				
pasture	0.6	0.6	0.5	0.4
Soil disturbance <sup>i</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3
agriculture				
pasture	0.3	0.2	0.2	0.2
<i>Uptake<sup>k</sup></i>				
% Fires reconverted	70	60	80	70

<sup>a</sup> Wood basic densities (dry weight/green volume) of the more than 50 species of pines in Mexico (Rzedowski, 1991) range from 0.41 to 0.55; the value chosen (0.48) corresponds to the average wood density for the most common species.

<sup>b</sup> Corresponds to the average wood basic density for broadleaf species estimated by Cannell (1984).

<sup>c</sup> Mexican tropical evergreen forests do not have a definite dominant species; there are several tree species that share the dominance; for that we use the average wood density of the most common species reported by Sarukhan (1968) and Bongers and Popma (1988).

<sup>d</sup> Dominant species reported by Martínez-Yrizar (1992); we use an average of the most common species reported.

<sup>e</sup> Aboveground biomass was estimated applying Cannell's formula (1984) (see text) to data drawn from the National Forest Inventory of 1991-1992 (SARH, 1992) and from different case studies (San Rafael (1985) and SARH (1985) for temperate forests; and Sarukhan (1968) and Bongers and Popma (1988) for tropical evergreen forests). Cannell (1984) suggests F (stand form) values of 0.4-0.5, 0.5-0.6, 0.6-0.7, for stands having an average of 5%, 15%, and 25% branches, respectively. In this study we have used the following values: conifer 0.55 (14% branches), broadleaf 0.7 (23% branches), and tropical evergreen 0.6 (19% branches). Estimates only

Total average carbon storage (vegetation plus soils) is estimated to range from 121 t C/ha for tropical deciduous forests to 232 t C/ha for tropical evergreen forests (Table VI). Other forest carbon relevant parameters (biomass combusted, soil disturbances, and forest fires re-conversion) are also presented in Table VI.

Two indexes are used for the calculation of carbon emissions from deforestation: annual carbon balance and net committed emissions. The *annual carbon balance* represents the balance between emissions and uptake originating from the deforested areas that occurs in the base year. It thus includes both the prompt emissions from deforestation and forest fires in the base year plus the inherited emissions coming from historic deforestation (that is, emissions that occur in the base year because of decomposition of woody biomass produced by past deforestation). In the absence of data on historic deforestation trends in Mexico, this study assumes that current deforestation rates do not differ very much from past deforestation. Under these circumstances, delayed emissions from present deforestation can be assumed to be equal to inherited emissions from past deforestation; consequently the data obtained for the base year suffices for calculating the annual carbon balance. After estimating prompt and inherited emissions, the uptake from vegetation regrowth in the area deforested in the base year is subtracted to get the annual carbon balance (see Table VII).

Net committed emissions represent the net long-term change in carbon content between the original forest cover and the forest conversion activity (i.e., agriculture, pasture, etc.). It is calculated as *prompt plus inherited emissions from current deforestation and forest fires minus prompt and delayed uptake from vegetation replacing the deforested area or the area affected by forest fires* (see Table VII). This indicator is necessary in order to make our estimates comparable to those from other sources (e.g., Houghton, 1990; WRI, 1990) (see also Makundi et al., 1992, for a more detailed discussion of the two indicators).

Table VII  
Carbon emissions and uptake from deforestation and forest fires in Mexico (c. 1985) ( $10^6$  t C/year)

Indicator	Temperate coniferous	Temperate broadleaf	Tropical evergreen	Tropical deciduous	Total <sup>a</sup>
<i>Emissions</i>					
Prompt	7.2	2.6	15.8	10.5	36.1
Delayed	2.1	1.1	17.0	10.9	31.1
Committed <sup>b</sup>	9.3	3.7	32.8	21.4	67.2
<i>Uptake</i>					
Prompt	0.06	0.02	0.14	0.01	0.2
Delayed	2.0	0.6	2.7	0.7	6.0
Committed <sup>b</sup>	2.1	0.6	2.8	0.7	6.2
<i>Annual carbon balance<sup>c</sup></i> ( $10^6$ t C/year)	9.2	3.7	32.7	21.4	67.0
Net committed emissions <sup>d</sup> ( $10^6$ t C)	7.2	3.1	30.0	20.7	61.0

<sup>a</sup> Totals do not always add up to the first decimal point because of rounding.

<sup>b</sup> Committed emissions (uptake) are (is) the sum of prompt and delayed emissions (uptake).

<sup>c</sup> Committed emissions-Prompt uptake.

<sup>d</sup> Committed emissions-Committed uptake.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Table VIII presents the annual carbon balance for each conversion activity and forest type. A 'carbon intensity' index (net emissions per hectare of land deforested) is estimated in order to illustrate the relative impact of each conversion activity and forest type on carbon emissions. The net committed emissions and *stored carbon* by forest type are also included in Table VIII. This last indicator helps illustrate the maximum potential cumulative releases of carbon dioxide to the atmosphere. Also in Table VIII we show *the carbon balance of the forest sector* as whole. To do this we include the prompt carbon uptake from all growing vegetation in the base year (i.e., the growth of trees in afforestation programs, plus a rough estimate of the amount of vegetation regrowth in degraded forest lands) and subtract it to the annual carbon balance from deforestation. Our results show that Mexican closed forests store about 8.6 gigatons of carbon (Gt C), from which  $67.0 \times 10^6$  t of carbon were emitted because of land-use changes in the base year. Conversion to pasture is responsible for over 60% of the total annual carbon balance. On average, 83 t C were emitted per hectare, with the highest value for conversion to agriculture (166 t C/ha). While accounting for only one-fourth of the area affected by deforestation and forest fires, tropical evergreen forests were responsible for 49% of total annual carbon balance. Eighty-one percent of total emissions comes from tropical forests.

Table VIII  
Net carbon emissions from Mexican closed forests (C: 1985)

Emissions	Temperate coniferous	Temperate broadleaf	Tropical evergreen	Tropical deciduous	Total	(%)
Annual carbon balance from deforestation ( $10^6$ t C/year) (1)	9.2	3.7	32.7	21.4	67.0	100%
Intensity (t/ha)	57	44	138	66	83	
Agriculture	2.5	1.1	4.3	3.4	11.3	17%
Intensity (t/ha)	97	78	166	75	114	
Pasture	4.4	1.6	22.3	12.7	41	61%
Intensity (t/ha)	97	68	162	69	66	
Other	2.4	1.0	6.2	5.3	14.8	23%
Intensity (t/ha)	27	21	85	56	58	
Prompt carbon uptake ( $10^6$ t C/year)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1%
Intensity (t/ha)	0.7	0.3	0.7	0.1	0.2	
Net committed emissions ( $10^6$ t C)	7.2	3.1	29.9	20.6	60.9	100%
Intensity (t/ha)	44	37	126	64	76	
Stored carbon (Gt C)	3	1.3	2.2	1.9	8.6	
Intensity (t/ha)	178	152	231	121	166	
Prompt carbon uptake in afforested and degraded forest lands (2)	Temperate forests		Tropical forests		Total	
Restoration plantations	1.8		12.9		14.7	
Degraded forest lands	0.2		0.1		0.3	
Annual carbon balance forest sector (1)-(2)	11.1		41.2		52.3	

<sup>2</sup> From Masera et al. (1995). Carbon uptake in degraded forest lands accounts for vegetation regrowth in abandoned lands created during the last 20 years (i.e., forest lands cleared for agriculture or pasture in the past where secondary forests are currently regrowing).

Carbon releases per hectare differ markedly by forest type, ranging from 44 t C/ha for temperate broadleaf to 138 t C/ha for tropical evergreen forests. The difference in intensities shows the importance of correctly assigning deforestation figures to the corresponding forest type. The prompt carbon uptake is very low because most deforested area is converted to annual agriculture and pasture, which are characterized by low carbon storage per hectare. Net committed emissions reach  $61.0 \times 10^6$  t C (or 76 t C/ha). Using this indicator, the contribution of temperate forests decreases, mainly because of delayed uptake from the growing forests regenerating after fire.

We estimate a carbon uptake of approximately  $14.7 \times 10^6$  t C in afforested and degraded forest lands ( $12.9 \times 10^6$  t C in tropical forests and  $1.8 \times 10^6$  t C in temperate forests). Therefore, the annual carbon balance for Mexican closed forests reaches  $52.3 \times 10^6$  t C.

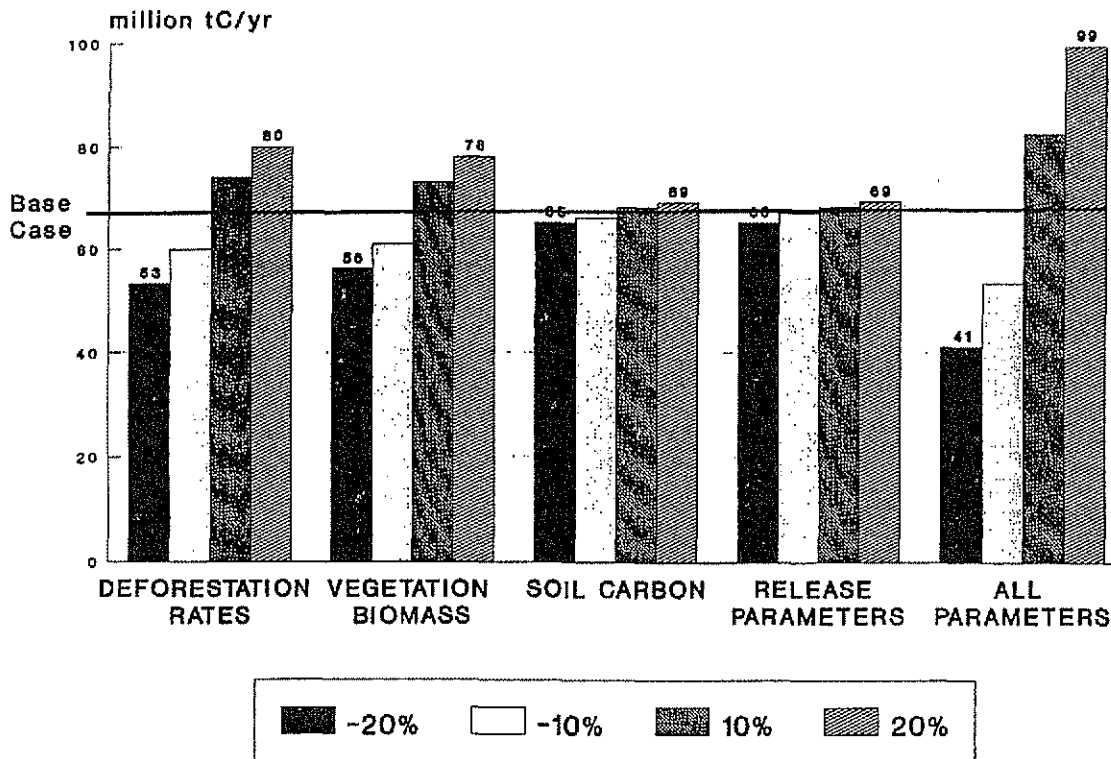


Figure 4. Sensitivity analysis annual carbon balance from deforestation and forest fires.

A sensitivity analysis was performed on the annual carbon balance from deforestation. A set of key parameters (deforestation rates, biomass, soil carbon and carbon release parameters) were selected and given values from  $-20\%$  to  $+20\%$  of the current estimate. Deforestation rates proved the most sensitive, with a close- to-linear response in carbon emissions. Total biomass showed less sensitivity. Soil carbon content carbon release parameters were found to be the least sensitive ( $-5\%$  to  $+2\%$  variation in emissions for a  $-20\%$  to  $+20\%$  variation in the parameter). When all key parameters are simultaneously varied from  $-20\%$  to  $+20\%$ , the annual carbon balance ranges from  $41.0 \times 10^6$  t C/year to  $99.1 \times 10^6$  t C/year (Figure 4).

## 6. Long-Term Carbon Emission Scenarios

Future carbon emissions from the forest sector are very difficult to estimate given the linkages among the economic, technological and social factors involved in the deforestation process. The current economic panorama and the institutional framework regulating access to forest resources are changing rapidly in Mexico, making it difficult to predict future trends in basic economic activities within the country. Two contrasting scenarios were developed on future carbon emissions from deforestation: 'reference' and 'policy'. The scenarios are intended to provide the most likely range of emissions given contrasting long-term policies on land-use patterns within the country. The year 2025 was chosen as the final year in order to make the scenarios compatible with those developed for emissions from energy use (Mendoza et al., 1991).

### 6.1. REFERENCE SCENARIO FOR THE FOREST SECTOR

Table IX illustrates the basic assumptions of the reference scenario. This scenario visualizes a future with little concern for forest conservation. We assume that current deforestation rates (as percentage of the remaining forests) will continue in the future. Carbon intensities are kept the same as in the base year (in other words, it is assumed that the present structure of carbon emissions and uptake will continue in the future). By 2025, the annual carbon balance reaches  $28 \times 10^6$  t C/year. (Table X). The reduction in forest cover is responsible for the reduction of carbon emissions with respect to the base year ( $66.7 \times 10^6$  t C/year, without including uptake in degraded forest lands).

### 6.2. POLICY SCENARIO FOR THE FOREST SECTOR

A sustainable forest management should maintain or increase the forest stocks and their productivity, while contributing both to a good standard of living for the forest owners, as well as providing goods and services to the rest of society, such as wood products and environmental services. In the policy scenario we tried to combine options that accomplish these objectives, at the same time being consistent with limitations in budget and government policies. The scenario assumes that there will be strong efforts to revitalize the Mexican forest sector, allowing Mexico to satisfy its domestic demand for subsistence and industrial forest products by 2000. Also, it is assumed that future land for food production can be accommodated on existing agricultural lands through intensification and improved yields. Seven options to both conserve existing forests and to increase the current forested area were considered. These options include, within conservation of existing forests, natural protected areas, management of native forests and dissemination of improved wood burning cookstoves; within afforestation, restoration plantations, pulpwood plantations, energy plantations, and agroforestry systems. Refer to Masera (1995) and Masera et al. (1995a) for a detailed description of the different mitigation options.

Table IX  
Main assumptions for carbon emission and sequestration scenarios in Mexico

Indicator	Base year (c. 1985)	Reference (2025)	Policy (2025)
Forested area (10 <sup>6</sup> ha)	51.7	28.2	51.8
Native forests	51.5	27.2	46.3
Afforested area	0.2	1.0	5.5
Deforestation rate (%/year)	2.44%	2.44%	0.19% <sup>a</sup>
Evergreen	2.02%	2.02%	0.20%
Deciduous	0.96%	0.96%	0.13%
Coniferous	0.94%	0.94%	0.13%
Broadleaf			
Conversion activity shares & carbon release parameters		Same as base year	Same as base year
Carbon uptake			
Afforestation	0.2 Mha (million ha) restoration plantations	1 Mha restoration plantations	2.5 Mha restoration plantations, 1.6 Mha pulpwood plantations, 0.8 Mha energy plantations, 0.6 Mha agroforestry systems
Conservation of native forests	6.8 Mha poorly managed and 2.6 Mha protected	Most managed forests and protected areas are degraded and deforested	Programs for sustainable forest management in 13.2 Mha, 4.9 Mha of natural protected areas

Notes: Refer to Masera (1995) for a complete discussion about the procedure used to construct the policy scenario.

<sup>a</sup> The figure represents the target for the year 2025. The average deforestation rate during the period 1985–2025 is higher because it is assumed that the rate will diminish gradually from the current level to the value targeted for the year 2025.

Contrasting with a 46% reduction of the base-year forested area in the reference scenario, the policy scenario shows a slight gain in the country's forested area. Native forests are estimated to diminish 1%, mainly because of the existing inertia in the deforestation process, however, afforestation programs counterbalance this area loss. The different forestry options undertaken make Mexican forests become a large net carbon sink, with an uptake of  $62 \times 10^6$  t C/yr.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Table X  
Long-term carbon emissions from deforestation in Mexico

Indicator	Base year (1985)	Reference (2025)	Policy (2025)
Annual carbon balance (10 t C/year) <sup>a</sup>	66.7	29.0	- 62.0
Emissions (10~ t C/year)	67.0	29.8	6.0
Prompt uptake (10 t C/year)	0.3	0.8	68.0

Notes: Refer to Masera (1995) for a complete discussion about the method used to estimate the carbon uptake in the policy scenario.

<sup>a</sup> We have left the uptake in degraded forest lands out of the analysis because the large uncertainty in the current estimates made it impossible to project the figures to the future.

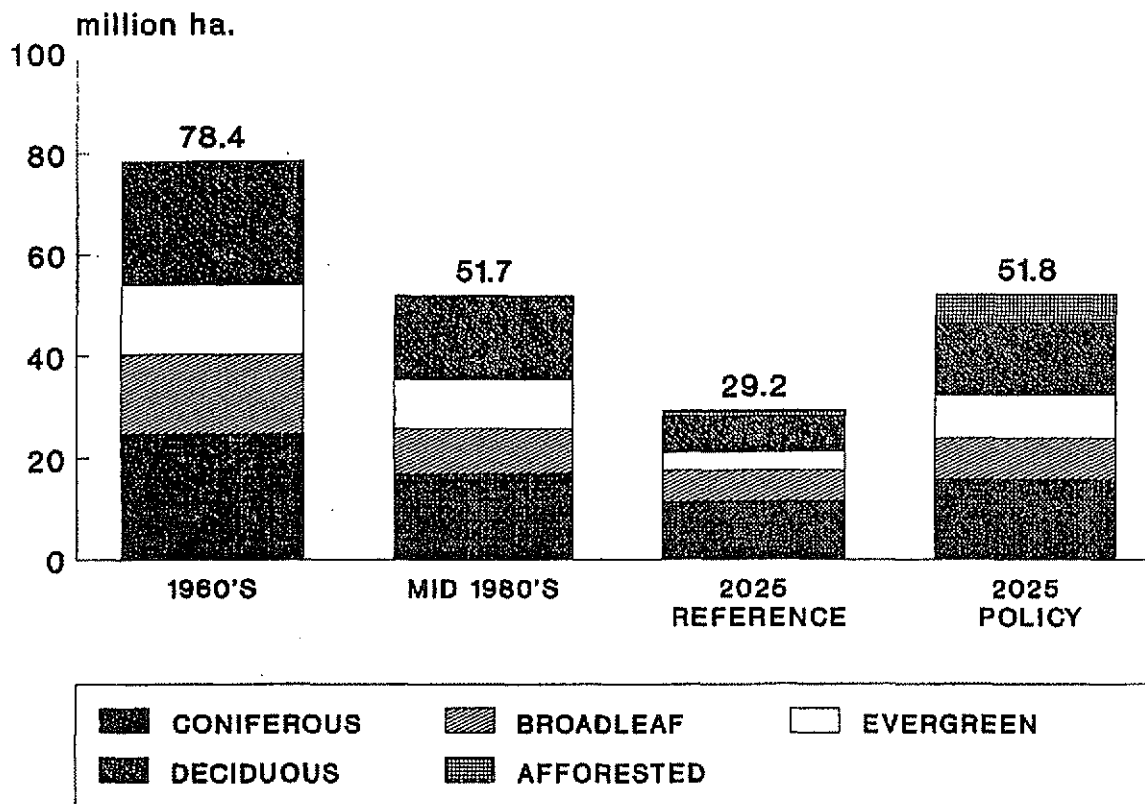


Figure 5. Historic and future estimated evolution of closed forests in Mexico.

Figure 5. Historic and future estimated evolution of closed forests in Mexico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



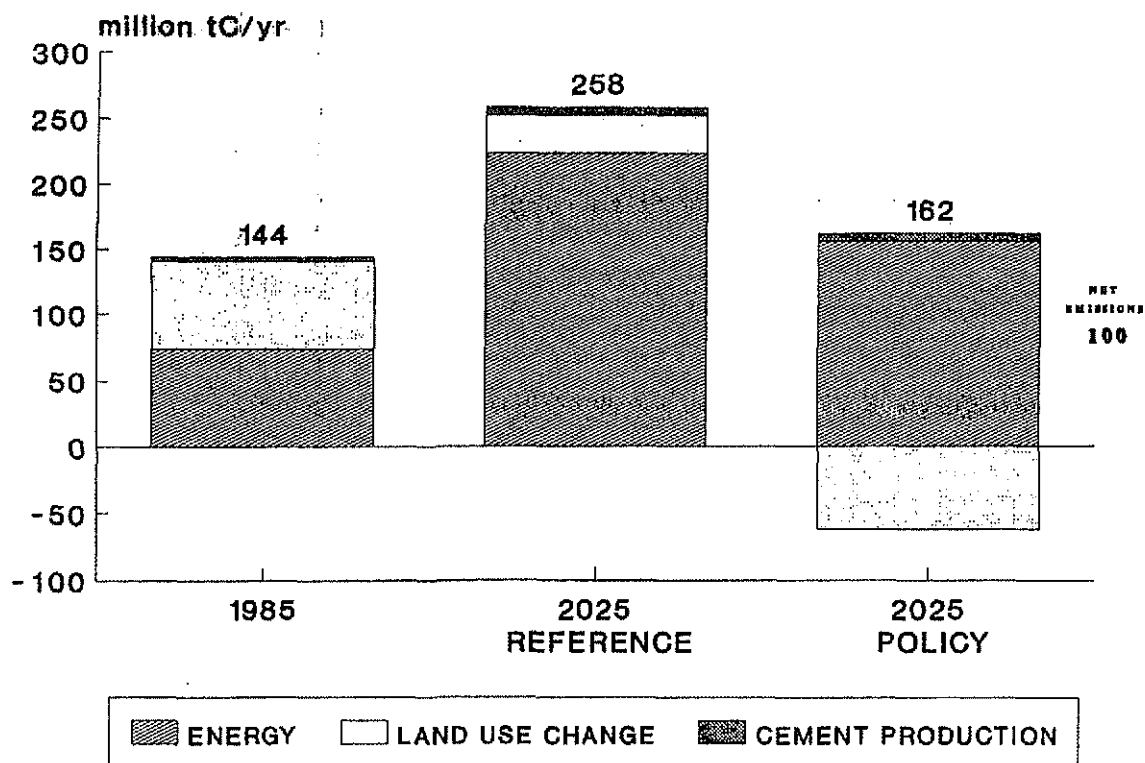


Figure 6. Overall carbon emissions in Mexico. Emissions from deforestation correspond to annual carbon balance without including the uptake from degraded forest lands.

### 6.3. OVERALL CO<sub>2</sub> EMISSIONS: LINKING ENERGY, INDUSTRY AND THE FOREST SECTOR

Adding forestry emissions to those estimated from energy use (Mendoza et al., 1991) and cement manufacturing (Ketoff et al., 1990), annual carbon emissions increase from 144 x 10<sup>6</sup> t C/year in 1985 (including the uptake of degraded forest lands the figure is 126 x 10<sup>6</sup> t C) to 258 in the reference scenario, and decrease to 100 in the policy scenario (Figure 6). The current annual carbon balance per capita (1.7 t C/year) decreases by 70% in the policy scenario and increases by 6% in the reference scenario. Carbon emissions from energy use grow substantially in both scenarios while emissions from deforestation decrease, leading to an important drop in the share of deforestation in total emissions. In the policy scenario forests help offset 39% of country emissions from energy use. Emissions from cement manufacturing increase by a factor of two in both scenarios, but this activity's share in total emissions remains low. Implementation of policies to reduce carbon emissions in the policy scenario leads to 158 x 10<sup>6</sup> t C/year savings by 2025 relative to the reference scenario (cumulative carbon sequestration in the forest sector alone is estimated to reach 2.4 Gt C by 2025). It should be noted that further savings are technically possible, both through increasing carbon sequestration in the forest sector (Masera, 1995), and through a more intensive utilization of renewable sources of energy.

## 7. Conclusions: Reducing Carbon Emissions through the Sustainable Management of Forest Resources

This study suggests that about  $67.0 \times 10^6$  t C/year were emitted in Mexico from deforestation and forest fires in closed (temperate and tropical) forests in the mid- 1980s. Emissions arise from major perturbations affecting 804,000 ha of forest annually, which, after subtracting the area that regenerates from forest fires, leads to a net deforestation rate of 668,000 ha/year, or an annual loss of approximately 1.3% of the total closed forests present in the early-1980s. Subtracting the carbon uptake in existing restoration plantations and degraded forest lands, the annual carbon balance of closed forests reaches approximately  $52.3 \times 10^6$  t C.

Overall net carbon dioxide emissions for Mexico, from forestry, energy, and industry amount to  $126 \times 10^6$  t C/year (1.6 t C/capita). This figure, both in absolute and per capita terms, indicates that Mexico's contribution to global carbon emissions is among the highest for the developing countries (WRI, 1992). Emissions are, however, still well below those from industrialized countries, especially if cumulative emissions are accounted for.

The examination of future scenarios about the forest sector shows two divergent paths for Mexico. Under a 'business as usual' future, forests will still constitute large net sources of carbon emissions forty years from now. However, if effective policies to reduce deforestation rates and increase afforestation are implemented, the potential exists for converting Mexican forests into large carbon sinks. This last path also offers two important advantages. First, carbon savings in the forest sector will help buy time for the large scale deployment of renewables in the energy sector, which are expected to be competitive with fossil fuels early in the next century. Second, and more important for Mexico, following the path suggested in the policy scenario should result in tangible benefits for local inhabitants. It is not advisable for Mexico to follow a narrow 'carbon reduction maximization' strategy for its forest resources. Addressing global warming concerns may bring about substantial benefits for the country both in the short- and long-run. But critical to actually accruing these benefits is undertaking a strategy that strikes a balance among the different uses for forest resources: wood, fuel and food for local needs, products for urban areas, biodiversity, climate regulation, watershed protection, education, recreation and others.

The best strategy for reducing carbon emissions (i.e., the strategy that maximizes the probability of long-term success and is economically realistic) is one that builds upon the solution of the more immediate needs that forest resources provide to local people and to the country. Fortunately, it appears that no intrinsic obstacles hinder the sustainable management of forest resources in the country. Population growth is not the leading factor in the deforestation process and food needs can be largely accommodated within the existing area open to cultivation through a better crop mix. As shown in the policy scenario, at least in principle, a large land area shows potential for forest use without impinging on other economic activities. Success in conserving the country's forest resource base and in afforesting the land, however, will largely depend on a thorough revision of current rural development and forest sector policies. Basic elements for an alternative long-term strategy supporting the sustainable management of the country's forests include:

- (i) *Eliminate the disparity between those who own and those who economically benefit from forests.* Given the social appropriation of most forest resources in the country, programs should be promoted which allow local residents to benefit from conservation of forest resources (e.g., through social forestry and agroforestry programs, among other options).
- (ii) *Incorporate ecological principles into forest management activities and strengthen basic and applied research on forest ecosystems.* Management methods adequate to the diversity of forest conditions within the country, which also increase productivity of wood with commercial value, should be developed. Harvesting activities should keep the balance between forest resources for local consumption (i.e., fences and other construction

materials, fuelwood, food, medicinal plants, etc.) and for external demand (timber, paper pulp, etc.).

- (iii) *Diversify forest production through development of new markets for sustainably produced non-precious woods and non-wood products, and increasing the value added of forest products at the harvesting site.* Currently, about 60% of timber extracted from villages is sold 'standing' (Jardel, 1989). Wood extraction is also heavily concentrated on wood from conifer species. Alternatives to be considered include local furniture production and other processing of forest resources; promoting the use of oak and non-precious tropical woods; in some places promotion of eco-tourism might provide incentives for stopping deforestation. Quite clearly, the success of such programs depend on simultaneously assuring peasants fair competition with large producers and control over the production and commercialization of the extracted products.
- (iv) *Eliminate direct and indirect subsidies to livestock production and reduce its comparative advantages against other less environmentally damaging economic activities.*
- (v) *Promote research and development on alternative bio-energy systems.* Currently, most demand for wood products is in the form of fuelwood. The large amount of fuelwood consumed is leading to forest degradation in certain regions. A sustainable bio-energy strategy should include: (a) improving fuelwood supply through integrated forestry and agroforestry management systems; (b) disseminating more efficient wood-burning stoves in rural and periurban areas; (c) improving the efficiency of fuelwood/charcoal combustion in rural industries; and (d) increasing support for research and development of new bio-energy systems (e.g., biomass gasification).

Industrialized countries, largely through multilateral lending institutions, also bear a responsibility for the deforestation process, for example, by encouraging large development and cattle-ranching projects during the 1970s and 1980s.

Because it is also in the best interests of these countries to help maintain existing forest resources, they have the obligation to contribute to the solution of the problem. Needed actions include facilitating the economic recovery of Third World countries, increasing funds for basic and applied research on alternative forest management systems, and helping to establish or to improve international markets for sustainably produced non-precious woods and non-wood forest products.

### Acknowledgments

We thank the Energy Studies Group of the Lawrence Berkeley Laboratory and the Climate Change Division of the United States Environmental Protection Agency for the support for the completion of this study. The authors wish to thank Manuel Maass, Angelina Martinez, and Victor Jaramillo for their help and advice on specific topics. We also thank Philip Fearnside, Ariel Lugo and Sandra Brown for their valuable comments on previous drafts.

### References

- Barrera-Marín, C., Gómez-Pompa, A., and Vázquez- Yañez, C.: 1977, 'El manejo de la selva por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas', *Biótica* 2, 47 – 60.
- Bellón, M. R., Masera, O. R., and Segura, G.: 1994, 'Response Options for Sequestering Carbon in Mexican Forests', Report to the Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA., unpublished.
- Bongers, F. and Popma, J.: 1988, *Trees and Gaps in a Mexican Tropical Rain Forest: Species Differentiation in Relation to Gap Associated Environmental Heterogeneity*, Ph.D. Dissertation, Department of Plant Ecology, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.

- Caims, M., Kolchugina, T., Turner, D., and Winjum, J. (eds.): 1995, 'The Contribution of Forest Land Use to Total National Carbon Flux: Case Studies in the Former Soviet Union, United States, Mexico and Brazil', Report #EPA/600/R-95/044, EPA, Corvallis, OR.
- Cannell, M. G. R.: 1984, 'Woody Biomass of Forest Stands', *For. Ecol. Managem.* 8, 299-312.
- Caro, R.: 1987, *Caracterización de la Industria Maderable en el Area de Influencia de la UAF No. 6 'Meseta Tarasca'*, Thesis, Universidad Nicolaíta San Nicolás Hidalgo, Uruapan, Mexico.
- Caro, R.: 1990, 'La problemática forestal en la Meseta Tarasca', *Paper presented at the seminar Los Problemas Medioambientales de Michoacán*, El Colegio de Michoacán, Zamora, Mexico, June.
- Castillo, P. E., Lehtonen, P., Simula, M., Sosa, V., and Escobar, R.: 1989, 'Proyecciones de los Principales Indicadores Forestales de Mexico a Largo Plazo (1988-2012)', *Internal Report, Subsecretaria Forestal, Cooperation Project Mexico-Finland, SARH*, Mexico City.
- CNIF (Cámara Nacional de la Industria Forestal): 1991, *Memoria Económica 1990-91*, CNIF, Mexico City.
- CNIF (Cámara Nacional de la Industria Forestal): 1992, *Memoria Económica 1991 - 92*, CNIF, Mexico City.
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA): 1984, 'Distribución del uso del suelo en las entidades de la República Mexicana', *Internal Report, COTECOCA-SARH*, Mexico City.
- Cortez-Ortiz, A.: 1990, 'Estudio Preliminar sobre Deforestación en la Región Fronteriza del Río Usumacinta', *Internal Report, INEGI*, Mexico City.
- Cuarón, A.: 1991, *Conservación de los Primates y sus Habitats en el Sur de México*, Masters Thesis, Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- De Ita, C., Sarukhán, J., and Maass, J. M.: 1991, 'Land-Use Patterns on a Tropical Deciduous Forest Ecosystem on the Pacific Coast of Jalisco, Mexico', unpublished manuscript.
- Dirzo, R. and Garfía, C.: 1991, 'Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico', *Cons. Biol.* 6, 84-90.
- Dirzo, R. and Raven, P.: 1991, 'Inventario Biológico de los Recursos Naturales de México', Manuscript Report, Centro de Ecología, National University of Mexico, Mexico City.
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., and Wisniewski, J.: 1994, 'Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems', *Science* 263, 185-190.
- FAO (Food and Agriculture Organization): 1988, *An Interim Report on The State of Forest Resources in the Developing Countries*, Forest Resources Division, Forestry Department, FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization): 1990, *Evaluación de los Recursos Forestales de 1990: Informe de México*, FAO, Mexico City.
- Fearnside, P. M.: 1992, 'Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the Brazilian Amazon', in Makundi, W. and Sathaye, J. (eds.), *Carbon Emission and Sequestration in Forests: Case Studies for Seven Developing Countries: Summary*, Lawrence Berkeley Laboratory Report #LBL-32758, University of California, Berkeley, CA.
- Flores-Villela, O. and Gerez, P.: 1988, *Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo*, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos- Conservación Internacional, Mexico City.
- FSV (Fundación Siglo Veintiuno): 1990, *Desarrollo y Medio Ambiente en México: Diagnostico 1990*, FSV, Mexico City.
- García-Barrios, R.: 1992, *Agrarian Reforms and Peasant Organization in the Mexican Forestry- Livestock Sector*.
- González, A.: 1992, 'Los Bosques de las Tierras Mexicanas: La Gran Tendencia', *El Cotidiano* 48,
- Hao, W. M., Liu, M. H., and Crutzen, P. J.: 1990, 'Estimates of Annual and Regional Release of CO<sub>2</sub> and Other Trace Gases to the Atmosphere from Fires in the Tropics', in Goldammer, J. G. (ed.), *Fire in the Tropical Biota*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 440-462.
- Holdridge, L. R.: 1987, *Ecología Basada en Zonas de Vida*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
- Houghton, R.: 1990, 'The Future Role of Tropical Forest in Affecting the Carbon Dioxide Concentration of the Atmosphere', *Ambio* 19, 204-209.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI): 1992, *IX Censo General de Población y Vivienda 1990*, INEGI, Mexico City.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 1990, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Melbourne, Australia.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 1992, *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Melbourne, Australia.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 1995, *Greenhouse Gas Inventory Workbook*, UNEP-OECD-IEA-IPCC, London.
- Janvry, A. de and García, J.: 1988, 'Rural Poverty and Environmental Degradation in Latin America: Causes, Effects, and Alternative Solutions', *Paper presented at the International Consultation on Environment, Sustainable Development, and the Role of Small Farmers*, International Fund for Agricultural Development, Rome, October.
- Jardel, E.: 1989, 'Política Forestal, Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Forestales de México', *Paper presented at IX Seminario de Economía Agrícola del Tercer Mundo*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, Mexico City.
- Ketoff, A., Sathaye, J., and Goldman, N.: 1990, *CO<sub>2</sub> Emissions from Developing Countries: Better Understanding the Role of Energy in the Long Term, Volume 11: Argentina, Brazil, Mexico and Venezuela*, Lawrence Berkeley Laboratory Report #LBL-30059, University of California, Berkeley, CA.

- Krause, F., Bach W., and Koomey, J.: 1989, *Energy Policy in the Greenhouse*, International Project for Sustainable Energy Paths (IPSEP), El Cerrito, CA.
- Lara, P. Y.: 1992, 'Posibles Impactos de las Reformas al Artículo 27 sobre los Recursos Forestales', *El Cotidiano* 48, 13-20
- Lugo, A. E., Sanchez, M. M., and Brown, S.: 1986, 'Land Use and Organic Carbon Content of Some Subtropical Soils', *Plant and Soil* 96, 185 – 196.
- Makundi, W., Sathaye, J., and Ketoff, A.: 1991, *CO-PATH: A Spread-sheet Model for Estimating Carbon Flows Associated with Tropical Forest Use*, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA.
- Makundi, W., Sathaye, J., and Masera, O. R. (eds.): 1992, *Carbon Emission and Sequestration in Forests: Case Studies from Seven Developing Countries: Summary*, Lawrence Berkeley Laboratory Report #LBL-32119, University of California, Berkeley, CA.
- Martínez- Yrizar, A.: 1995, 'Biomass Distribution and Primary Productivity of a Tropical Dry Forest', in Bullock, S., Mooney, H., and Medina, E. (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 326-345.
- Masera, O. R.: 1993, *Sustainable Fuelwood Use in Rural Mexico, Volume I: Current Patterns of Resource Use*, Energy and Environment Division Report #LBL-34634, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA.
- Masera, O. R.: 1995, 'Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results', *Interciencia* 20, 388-395.
- Masera, O. R., Hernández, T., Ordóñez, A., and Guzmán, A.: 1995, 'Land-Use Change and Forestry', in *Preliminary Inventory of National Greenhouse Gases: Mexico*, UNEP PROJECT #GF/4102- 92-01 (pp/3011) Mexico City, pp. 56 – 100.
- Masera, O. R., Ordóñez, M.J., and Dirzo, R.: 1992, 'Carbon Emissions from Deforestation in Mexico: Current Situation and Long-term Scenarios', in Makundi, W. and Sathaye, J. (eds.), *Carbon Emission and Sequestration in Forests: Case Studies from Seven Developing Countries: Summary*, Lawrence Berkeley Laboratory Report #LBL-32665, University of California, Berkeley, CA.
- Masera, O. R., Bellón, M. R., and Segura, G.: 1995, 'Forest Management Options for Sequestering Carbon in Mexico', *Biomass and Bioenergy* 8, 357-367.
- Mendoza, Y., Masera, O. R., and Macfas, P.: 1991, 'Long-Term Energy Scenarios for Mexico: Policy Options for Carbon Savings and Main Barriers', *Energy Policy* 10, 962-969.
- Myers, N.: 1989, *Deforestation Rates in Tropical Forest and their Climatic Implications*, Friends of the Earth, London.
- Ordóñez, M. J. and Flores-Villela, O.: 1995, *Áreas Naturales Protegidas*, Pronatura, Mexico City.
- Paz, M. F.: 1995, *De Bosques y Gente: Aspectos Sociales de la Deforestación en América Latina*, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City (in press).
- Ravindranath, N. H., Somashekhar, B. S., and Gadgil, M.: 1992, 'Carbon Flows in Indian Forests', in Makundi, W. and Sathaye, J. (eds.), *Carbon Emission and Sequestration in Forests: Case Studies from Seven Developing Countries: Summary*, Lawrence Berkeley Laboratory Report #LBL-32759, Part I, University of California, Berkeley, CA.
- Repetto, R.: 1988, *The Forest for the Trees? Government Policies and the Misuse of Forest Resources*, World Resources Institute, Washington, D.C.
- Rzedowski, J.: 1978, *Vegetación de México*, Limusa, Mexico City.
- Rzedowski, J.: 1991, 'Diversity and Origins of the Phanerogamic Flora of Mexico', in Ramamoorthy, T. P., Lot, A., and Ita, J. (eds.), *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*, Oxford University Press, New York, pp. 129-144.
- Rzedowski, J. and Reyna-Trujillo, T.: 1990, 'Vegetación Potencial', in *Atlas Nacional de México: Biogeografía*, Instituto de Geografía, UNAM, Mexico City.
- San Rafael: 1985, *Plan de Ordenación Forestal*, Internal Report, Tomo II, San Rafael, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1981-1989, *Mexico Forestal: Avances de la Producción Maderable y No Maderable*, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1984, *Comisión del Plan Nacional Hidráulico 1984: Desarrollo Rural Integral de la Selva Lacandona*, Mexico, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1985, *Inventario Forestal del Estado de Oaxaca*, Publicación especial No. 58, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1986, *Información Forestal de la República Mexicana*, Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Agropecuario y Forestal, Subdirección del Inventario Nacional Forestal, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1989, *Incendios Forestales, Resultados 1989*, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1990, *Tabla de Datos sobre Perturbación Forestal Anual 1990*, Internal Report, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1991, *Integración del Programa Nacional de Reforestación. Tema: Recursos Forestales*, Internal Report, Subsecretaría Forestal, Dirección General de Política Forestal, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) : 1992, *Inventario Forestal de Gran Visión*, Main Report, SARH, Mexico City.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos): 1994, *Inventario Nacional Forestal Periódico*, SARH, Mexico City.

- Sarukhan, J.: 1968, *Análisis Sinicológico de las Selvas de Terminalia amazonia en la Planicie Costera del Golfo de México*, Thesis, Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Mexico.
- SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología): 1988, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, SEDUE, Mexico City.
- SEMIP (Secretaría de Energchar 202a, Minas e Industria Paraestatal): 1994. *Balance Nacional de Energía 1993*, SEMIP, Mexico City.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto): 1980, 'Carta de Vegetación y Uso del Suelo', in *Atlas Nacional del Medio Físico*, SPP, Mexico City.
- Subak, S., Raskin, P., and Von Hippel, D.: 1993, 'National Greenhouse Gas Accounts: Current Anthropogenic Sources and Sinks', *Clim. Change* 25, 15-58.
- Synnott, T. J.: 1988, *Conservación de Ecosistemas Forestales Tropicales en el Sur-Este de México*, Internal Report, Plano de Acción de Forestas Tropicales 1988 – 2000, Mexico City.
- Toledo, V. M.: 1987, 'Vacas, Cerdos, Pollos y Ecosistemas', *Ecología, PoliticalCultura* 3, 36 – 49.
- Toledo, V. M.: 1990, 'El Proceso de la Ganaderización y la Destrucción Biológica y Ecológica de México', in Leff, E. (ed.), *Medio Ambiente y Desarrollo en México, Vol. 1*, Porrúa Eds., Mexico City, pp. 191-228.
- Toledo, V. M., Carabias, J., Toledo, C., and González-Pacheco, C.: 1989, *La Producción Rural en México: Alternativas Ecológicas*, Fundación Universo Veintiuno, Mexico City.
- Trexler, M. C. and Haugen, C. A.: 1993, *Keeping It Green: Using Tropical Forestry to Mitigate Global Warming*, World Resources Institute, Washington, D.C.
- Tudela, F.: 1990, 'Recursos Naturales y Sociedad en el Trópico Húmedo Tabasqueño', in Leff E. (ed.), *Medio Ambiente y Desarrollo en México, Vol I*, Porrúa Eds., Mexico City, pp. 149 – 189.
- WRI (World Resources Institute): 1994, *World Resources 1994-95*, Oxford University Press, New York.
- WRI (World Resources Institute): 1992, *World Resources 1992-93*, Oxford University Press, New York.

*En nuestro territorio conviven no solo distintas razas y lenguas, sino varios niveles históricos. Hay quienes viven antes de la historia; otros... desplazados por sucesivas invasiones, al margen de ella. ...*

*Varias épocas se enfrentan, se ignoran o se entrededoran sobre una misma tierra... Bajo un mismo cielo, con héroes, costumbres, calendarios y nociones morales diferentes, viven... Las épocas viejas nunca desaparecen completamente y todas las heridas, aun las más antiguas, manan sangre todavía ... como las pirámides precortesianas que ocultan casi siempre otras, en una sola ciudad o en una sola alma se mezclan y superponen nociones y sensibilidades enemigas o distantes.*

*Octavio Paz, 1950*

## Capítulo 2

### Bosquejo histórico de Oaxaca

Ma de Jesús Ordóñez\*

#### Resumen:

El presente trabajo constituye una mirada a ojo de pájaro de eventos relevantes de la historia ambiental de Oaxaca y una contribución al entendimiento del uso que se ha dado a sus recursos naturales, desde los primeros asentamientos humanos registrados desde hace 10,000 años, hasta la fecha. Históricamente la entidad ha mantenido un patrón de asentamientos muy disperso y una dinámica poblacional caracterizada por eventos cíclicos de incremento, decremento, florecimiento, decaimiento, que aún se mantiene. En su territorio se distribuyen 16 grupos indígenas que han evolucionado de cazadores recolectores a sociedades estratificadas. Existe una gran pluralidad organizativa que se ha adaptado a las condiciones locales. Desde las formas más rígidas hasta las más flexibles, manteniendo viva la lucha por la autonomía e independencia de grupos relativamente pequeños que les ha permitido ejercer cierto control sobre sus recursos. Existe evidencia de que alcanzaron grandes conocimientos sobre su entorno, algunos de los cuales siguen vigentes y continúan aplicando en el mantenimiento de diversos sistemas de manejo de sus recursos. Se proporcionan elementos para evaluar a grosso modo, el papel que han jugado la dinámica poblacional, la supervivencia de la pluralidad organizativa y las prácticas de manejo de los recursos en la permanencia de extensas superficies boscosas de la entidad.

---

\* Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM  
correo: [mordonez@correo.crim.unam.mx](mailto:mordonez@correo.crim.unam.mx)



# Bosquejo histórico de Oaxaca

Ma de Jesús Ordóñez<sup>a</sup>

## Introducción:

La intrincada geografía del territorio de Oaxaca es el resultado de múltiples y complejos procesos naturales y culturales. Su historia geológica se inicia en el Precámbrico y continúa muy activa hasta la fecha, la confluencia de tres placas tectónicas le imprimen gran dinamismo a la región. Tan compleja historia natural solo es equiparable a su historia cultural. Por lo anterior, este trabajo constituye solo un bosquejo muy general de los eventos más relevantes identificados a lo largo de su historia (prehispánica-contemporánea), en un intento por explicar el uso de los recursos naturales de la entidad. El trabajo considera cuatro épocas: la prehispánica, la colonial, el siglo XIX y la contemporánea que abarca de inicios del siglo XX a la fecha.

## Época prehispánica

Los primeros asentamientos humanos registrados en el territorio de Oaxaca datan del 10,000 a. C., se supone que eran grupos de cazadores nómadas (Flannery, 1983). A finales del Pleistoceno (8000 a.C.), el clima de Oaxaca probablemente se hizo más cálido y las condiciones ambientales fueron muy parecidas a las actuales. Se establecieron grupos de cazadores recolectores que migraban temporalmente en búsqueda de alimentos. En Guilá Naquitz, en el Valle de Oaxaca se tiene registro de una agricultura incipiente. La población debió ser reducida, hablante de protootomangue y protomixezoque ya que desde sus inicios ha existido un complejo mosaico cultural que parece haber ocupado todos los ambientes disponibles, desde las costas hasta las montañas lo que les permitió el acceso a los distintos productos y recursos disponibles en las diferentes zonas ecológicas del estado (Winter, 1993). Hacia el 1500 a. C., se asume la existencia de aldeas permanentes en los valles de

---

<sup>a</sup> Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM  
correo: [mordonez@correo.crim.unam.mx](mailto:mordonez@correo.crim.unam.mx)

Oaxaca y Nochistlán. Se ubicaban generalmente a las orillas de los ríos, en lugares de acumulación con suelos fértiles donde practicaban la agricultura. Producían maíz, frijol y calabaza. Almacenaban los granos en pozos subterráneos, hacían cerámica y enterraban a sus muertos. Las aldeas estaban formadas por grupos de tres a diez familias sin diferenciación social. Para Winter (1993) el sedentarismo promovió el incremento de la población así como el aislamiento y la diversificación de los grupos étnicos. Se estima que el Valle de Oaxaca creció de 300 a 1800 habitantes, para el mismo periodo Nochistlán creció de 300 a 1000 personas (Nicholas et al, 1986). El intercambio de bienes era importante y dinámico y conectaba a toda el área mesoamericana. A partir del 1000 a. C., se observa un periodo de expansión y establecimiento de nuevas aldeas en lugares como Tayata, en la Mixteca baja y en el Valle de Teposcolula. En los altos de Oaxaca se manifiestan cambios abruptos, se abandonan varias aldeas y se concentra el poder económico y político en unas pocas aldeas grandes como Etlatongo y Etla (Winter, *op cit*). Al parecer, en la región se establecieron unas dos mil personas. Las regiones mixteca y zapoteca ya se encuentran bien delimitadas.

Del 500 a. C., al 750 d. C., se le conoce como la etapa de los centros urbanos. Se forman comunidades de mil o más habitantes, se registran cambios en la organización política y religiosa. Surge Monte Albán en el Valle de Oaxaca y varios centros poblacionales en la Mixteca. Es una era de expansión del territorio zapoteco hacia el norte llegan a la Sierra Zapoteca, al sur a Miahuatlán, y al poniente al Valle de Etla, su población crece hasta 51,000 habitantes. Colonizan el piedemonte y surge el cultivo de riego por canales (Nicholas *et al*, 1986, 1989). Este patrón también se observa entre los mixtecos de los valles de Nochistlán y Tamazulapan, su población debió crecer hasta los 30,000 habitantes (Byland, 1980). Las aldeas coexisten con los centros urbanos que se convierten en puntos focales de la sociedad, sede de mercados, poder político y actividades ceremoniales. Florece la arquitectura monumental, actividad que se asocia a grandes transformaciones ambientales por la demanda de madera para la construcción, y enormes cantidades de leña y carbón para la producción de estuco y cerámica. Este periodo se caracteriza por la creación de territorios basados en el poder político, se formaliza y rigidiza la organización social, se exige cada vez más cooperación y tributo de la población urbana y de las

comunidades dependientes y es probable que ya existiera una clara estratificación social. En el 750 d. C., Monte Alban es abandonada, al igual que otros centros importantes como Teotihuacán en el centro de México (Winter, *op cit*).

Del 750 al 1250 de nuestra era la evidencia arqueológica casi desaparece, algunos autores sugieren sequías o enfermedades que pudieron afectar a la población. A partir del 1200 se registra otro florecimiento en Oaxaca basado en el surgimiento de ciudades estado. Las cuales constituían unidades políticas distintas, con sus límites territoriales bien definidos y con poblaciones de dos mil a diez mil personas. El patrón de asentamientos ya no obedece a factores geográficos. En el Valle de Oaxaca los centros de población se ubican cada 25 Km y continúan fuera del Valle, se supone la existencia de mercados importantes en torno a los cuales se agrupan los asentamientos (Kowaleski, 1989) La costa que había sido despoblada por los chatinos es ocupada por los mixtecos. La población de Oaxaca pudo haber crecido hasta 1,5 millones de habitantes alcanzando su apogeo en extensión y diversificación. (Spores, 1984; Nicholas, 1986; Winter, 1993). El paisaje natural debió mostrar las huellas del crecimiento de las nuevas ciudades. Las actividades productivas debieron extenderse y abrirse mayores superficies a la agricultura, caza y recolección. Como en la etapa previa, los bosques nuevamente fueron los principales abastecedores de materia prima para la construcción y combustible necesario para las actividades domesticas, producción de estuco y cerámica. En el siglo XV los aztecas llegaron a Oaxaca, incorporando a los pueblos de la región a su imperio sujetándolos a pagar tributo a excepción de los zapotecos serranos que al parecer nunca fueron sojuzgados. Los aztecas se limitaron a cobrar tributo y dejaron a los pueblos libres para gobernarse a sí mismos, al parecer el impacto de los nahuas en Oaxaca se dio principalmente en los Valles centrales, disminuyendo hacia los lugares más aislados (Chance, 1990).

En resumen, durante la época prehispánica el desarrollo de Oaxaca paso por al menos cuatro grandes etapas. De grupos de cazadores recolectores y agricultores tempranos a aldeas sedentarias, que dieron paso a los centros urbanos y posteriormente surgieron los señoríos o ciudades estado. Este proceso implicó el crecimiento de la población y la diversificación étnica y lingüística de la región. Lo anterior sugiere una continua

transformación del ambiente por las sociedades humanas, desde los primeros asentamientos hasta la llegada de los españoles. Se asume una apropiación diferencial de recursos naturales, es decir, que los cambios ambientales asociados a los primeros grupos no son equiparables a la transformación promovida en la etapa de los señoríos. En esta última etapa se continuaron las actividades productivas como la agricultura, la ganadería, y la forestería, y es muy probable que se incrementara notablemente la transformación de los ecosistemas naturales para la obtención de material de construcción, para la minería, y el mantenimiento de los grandes centros urbanos.

Algunos autores asumen que la relación sociedad naturaleza se fundamentaba en el reconocimiento de deidades a las que se les atribuyó el manejo, administración o propiedad de determinados recursos. Esta concepción pudo haber impuesto actitudes de respeto hacia los bosques, fauna, etc. que promovió la realización de sacrificios, ceremonias y ofrendas propiciatorias para la apropiación, uso o usufructo de los recursos naturales y el establecimiento de normas y preceptos que ayudaran a disminuir la presión humana sobre dichos recursos (Thacker, 1979; Valdez, J. 1974).

En la Oaxaca prehispánica estas creencias religiosas pudieron funcionar como medidas de restricción al acceso libre de recursos, preceptos imponían restricciones al acceso de los recursos menos abundantes o sobre los que existía mayor demanda. En general estas normas prevenían el agotamiento de dichos recursos, pero en aquellos territorios que al parecer no eran propiedad de nadie que se encontraban intermedias entre superficies de propiedad privada que coexistía con amplias superficies de propiedad comunal podría darse un acceso más libre a los recursos e incluso cierto nivel de abuso de los mismos (Thacker, 1979; Valdez, J. 1974).

### **Época colonial**

A la llegada de los españoles, los mixtecos y zapotecos dominaban grandes partes del territorio oaxaqueño (Chance, 1990). En la Mixteca, el centro de poder más fuerte del Postclásico fue Tututepec, que se extendía más de 200 Km a lo largo de la costa pacífica,

desde la frontera de Guerrero hasta el puerto de Huatulco. Oaxaca estaba dividido en cientos de pequeños estados hostiles, la mayoría de los cuales vivían en estado de guerra (Lockhart, 1976). Estas unidades generalmente consistían de una cabecera con varios pueblos sujetos. Las cabeceras más débiles a su vez estaban sujetas a cabeceras más poderosas. Los españoles reconocieron señoríos independientes que más tarde pasaron a ser Repúblicas de indios con autoridades indígenas, a los que las autoridades españolas llamaron cacicazgos. Conservaron territorio, cierta independencia y privilegios, los cronistas los reconocieron como una nación (Dhlgre, 1966). Para Chance (1990) los españoles pusieron fin a las guerras indígenas, quebraron el poder de los aztecas y convirtieron a todos los nativos en súbditos de la corona española. En Oaxaca, como en el resto de la recién establecida Nueva España, la población indígena es obligada a concentrarse en los nuevos territorios españoles, grandes áreas son despobladas tanto por la reubicación forzada como por el efecto de las confrontaciones, enfermedades y la búsqueda de áreas de refugio donde voluntariamente se confinan numerosos grupos en un intento por librarse de sus conquistadores. Durante los siguientes tres siglos los españoles impusieron instituciones coloniales diseñadas para explotar la propiedad y trabajo de los indígenas, que se establecieron en cientos de comunidades aisladas, hecho que les permitió mantener y desarrollar una organización comunitaria estructurada de acuerdo a sus propios esquemas.

En 1529 Carlos V recompensa a Hernán Cortés con una extensa superficie de tierras, conocida como “merced” y el título de Marqués del Valle de Oaxaca y Capitán General de la Nueva España. El Marquesado del Valle comprendía 22 pueblos que formaban siete porciones territoriales independientes que a su vez correspondían a siete jurisdicciones, una de las cuales era el Valle de Antequera, la actual ciudad de Oaxaca. El marquesado subsistió durante tres siglos, el centro administrativo se ubicó en la Alcaldía de Cuernavaca, capital del actual estado de Morelos. A su vez Cortés otorgó cesiones de tierras a sus soldados, con su correspondiente dotación de indios que las trabajaran. Los conquistadores demandaron grandes extensiones de tierra y muchos indios en un intento por reproducir el sistema feudal europeo. La Corona por su parte fomentó la pequeña propiedad y otorgó encomiendas que no implicaban la posesión de la tierra, solo el derecho a recibir tributo en

especie y/o en trabajo de los indios encomendados. Solo a través de las mercedes reales podían llegar a obtener el título de propiedad.

Barabas (1990) señala que desde la llegada de los españoles en 1521 hasta finales del siglo XVI se insurreccionan los zapotecos del Valle, de la sierra, del sur del Istmo; la Mixteca Alta, de la costa y del Valle, los mixes y en menor medida los zoques, chinantecos serranos, chontales, huaves, chatinos, chochos y triquis...”A partir de 1531 comienza la etapa de consolidación y crecimiento del gobierno colonial: se concretan las restricciones territoriales del marquesado, crece la penetración evangelizadora en regiones aisladas de Oaxaca, se desarrolla la encomienda y la tributación... Los encomenderos no estaban aún interesados en invertir en empresas agrícolas y capturar mano de obra indígena, sino aumentar la tributación y controlar el comercio... por ello, la expropiación territorial no fue tan intensa en este siglo y las comunidades indígenas quedaron en posesión de tierras suficientes, por lo menos hasta la instauración de la hacienda en el siglo XVII... La instalación de los ranchos (en los Valles Centrales) fue una fuente de enfrentamientos entre colonos españoles e indios (1547-1550), quienes se quejaban no solo de la expropiación sino de que algunos ganados destruyeran sus cultivos... Otros motivos de insurrección fueron... que los indígenas no toleraban que los Colonizadores se inmiscuyeran en la vida interna de las comunidades,... la persecución religiosa,... el mal trato hacia los indios y la sobreexplotación que fueron objeto por frailes, encomenderos, alcaldes y corregidores.”

Se cultivaba maíz, frijol, chile, calabaza, tomate, algodón, cacao y grandes cantidades de grana cochinilla que durante algún tiempo se produjo casi exclusivamente en Oaxaca por gran parte de la población indígena. La Mixteca se describe como una tierra muy poblada y rica con minas de oro y plata. Allí se introdujo el cultivo de seda que de acuerdo a algunos autores llegó a competir con la seda española por lo que la corona ordenó su destrucción (Lemoine, 1982, citado por Commons, 2000), mientras para Barabas (*op cit*) su destrucción se debió a enfrentamientos entre mixtecos y zapotecos.

La introducción del arado y la yunta permitió un uso más intensivo del suelo. El uso de abono animal elevó la productividad. La tracción animal facilitó el transporte y su fuerza se

utilizó para impulsar molinos y prensas, así como desaguar las minas. El desarrollo de la minería abrió el camino a regiones distantes e inhóspitas. Se construyeron caminos para conectar a los centros mineros con la capital y la costa. Alrededor de las minas surgieron zonas agrícolas y ganaderas para abastecer los nuevos núcleos de población. Entre 1550 y 1600 se registraron grandes mortandades de indios por las epidemias, en esta época los españoles impulsan las congregaciones de indios para ejercer mayor control y facilitar su explotación. A los indios congregados se les otorgaron nuevas tierras y aguas alrededor del pueblo, despojándolos de las que originalmente poseían. La medida fue rechazada por los indígenas que generalmente utilizaban los recursos de diferentes zonas ecológicas y ello provocó que muchos grupos huyeran de las congregaciones y se refugiaron en las montañas. En 1567 para asegurar las posibilidades de subsistencia de las comunidades y protegerlas en contra de la expansión territorial de los agricultores y ganaderos se les concedió el derecho legal sobre las tierras, aguas, montes y demás recursos naturales incluidos en un área de 500 a 600 varas (100 ha), partiendo del centro del pueblo hacia los cuatro puntos cardinales, esta superficie recibió el nombre de Fundo legal. Estas tierras generalmente se dividían en cuatro porciones, la primera se destinaba a las casas, huertos y solares, la segunda se reservaba para “ejidos<sup>1</sup>” agrícola ganaderos de explotación común, la tercera para baldíos donde se ubicaban los montes y las zonas de cría de animales, frutales y plantas silvestres que también eran de beneficio común y la cuarta fracción se dividía en parcelas individuales para cada una de las cabezas de familia del pueblo. Sobre estas tierras solas se tenía el derecho de uso, no de propiedad plena.

El tamaño de los terrenos que se cedían a los conquistadores dependía del uso al que se destinaba. Las superficies más grandes eran mayores a las 1700 ha y correspondían a los sitios de ganado mayor; 780 ha para los sitios de ganado menor, 438 ha para los criaderos de ganado mayor; 195 ha para los criaderos de ganado menor; 42 ha para las caballerías o labores (terrenos destinados a la agricultura); y los terrenos destinados a solares para casa o huerta no excedían las 6 o 7 ha. Las superficies destinadas a unidades productivas también variaban según el tipo, ingenio, mina, molino, venta, etc. Una sola persona tenía derecho a uno o dos sitios de ganado y/o de una a cuatro caballerías, es decir que una sola persona

---

<sup>1</sup> Ejido nombre asignado por los españoles a las tierras de explotación común.

podía llegar a recibir de la corona una merced de hasta 3,600 ha. Superficie considerablemente superior a la que la propia Corona otorgaba a todo un pueblo indígena a quienes se les prohibían los sitios de ganado, los cuales eran privilegio de los españoles. Las mercedes de tierra normalmente incluían una dotación de agua, de la cual se podía o no especificar la cantidad a la que el usuario tenía derecho. Para la época Von Wobeser (1983) reporta la existencia de individuos que acudían a prestanombres para obtener una mayor cantidad de mercedes.

Para la obtención de mercedes se elaboraban solicitudes dirigidas al Virrey, quien solicitaba una investigación (mandamiento acordado) con el fin de verificar que las tierras y aguas solicitadas no tenían dueño, ni se afectaba a nadie. Una vez comprobado se realizaba el mapa detallado de ubicación de las tierras, se otorgaban y el nuevo propietario se comprometía a usar la tierra y no venderla antes de seis años. En la práctica esta norma no se respetó y desde los primeros años se abrió el mercado de tierra y se tiene el registro de numerosos españoles que solicitaron mercedes con el fin de venderlas inmediatamente. La solicitud de mercedes sirvió como instrumento de regularización de tenencia, era común que se solicitaran tierras previamente ocupadas por quien las solicitaba.

Los indígenas también se valieron de este mecanismo para obtener el reconocimiento de predios cuya tenencia detentaban desde antes de la conquista o que habían adquirido bajo el nuevo gobierno. La falta de conocimiento del terreno, las herramientas de levantamiento disponibles en la época, las distancias y las irregularidades burocráticas generaron confusión. Se sobrepusieron mercedes, se repartieron tierras previamente concedidas, se dieron apropiaciones ilegales y cesiones vagamente definidas. Importantes conflictos generados por esta primera repartición de tierras han persistido hasta la fecha.

Durante el reparto de tierras la corona española, reconoce los territorios indígenas, siempre y cuando estos demuestren su posesión, anterior a la conquista. En este sentido, Oaxaca es un caso especial ya que como en ninguna otra parte del país, se presentan a la corona española, numerosas solicitudes de mercedes. El 61% de ellas fueron otorgadas a la población indígena que probablemente conservó su hegemonía dado el escaso interés de los



españoles por colonizarla. La nobleza indígena recibió el 44% de las mercedes, el más alto porcentaje de tierras destinado a este sector de la población en toda la Nueva España. Las comunidades indígenas recibieron el 16% de las mercedes que se distribuyeron entre las seis Repúblicas de Indios reconocidas por los españoles. La mayoría de las tierras cedidas a los españoles fueron sitios para ganado menor, tres caballerías y un sitio de ganado mayor.

Como Cortés, algunos españoles fundaron estancias ganaderas, ingenios azucareros, plantaciones de añil, labores de trigo que fueron los precursores de las haciendas. Las estancias por lo general se dedicaron a la producción de carne y trigo, base de la dieta española. A finales del siglo XVI, extensas superficies del territorio nacional se habían transformado, los españoles habían abierto a la producción de ganado mayor unos 45 mil km<sup>2</sup> y cerca de 14 mil km<sup>2</sup> para el pastoreo de ovejas y cabras. En Tehuantepec, Cortés estableció una estancia ganadera.

La ganadería indígena se dedicaba a la cría de aves de corral, cerdos, ovejas y cabras a nivel de subsistencia, mientras que los españoles desarrollaban la ganadería extensiva tanto de ganado mayor, como de ganado menor. La ganadería se extendió rápidamente en la Nueva España porque su cría no necesitaba de infraestructura, el ganado se abastecía de las aguas y pastos disponibles en la región y ocupaba un reducido número de trabajadores.

En resumen, con la conquista se promovieron grandes cambios en la tenencia de la tierra, modificando la extensión de los territorios indígenas. Se introdujeron nuevas técnicas de apropiación de los recursos naturales con la entrada de la yunta, el arado, la ganadería caballar, ovina, bovina, caprina, porcícola y aviar. Se impusieron las normas y leyes españolas que rigieron el uso, usufructo y tenencia de los recursos naturales. Aunado a lo anterior se promovió una notable reestructuración de la organización social, económica y jurídica del territorio nacional con un impacto directo sobre los recursos naturales. Mientras grandes extensiones productivas se abandonaron, otras se abrieron a la minería, la agricultura y ganadería extensivas.

La administración de los recursos naturales impuesta por los conquistadores se enfocó a la cuantificación e identificación de recursos susceptibles de ser explotados y comercializados en el Viejo Mundo. A todos los encomenderos y frailes se les solicitaron levantamientos pormenorizados de los territorios bajo su jurisdicción. Estas relaciones se enviaron a España y constituyen verdaderos inventarios de recursos naturales y humanos. La conquista coincide con el resurgimiento en Europa del derecho romano en el que prevalece el concepto de propiedad absoluta, plena e infinita sobre los recursos. La iglesia consideraba que los gobernantes lo eran por la gracia de Dios y estaban revestidos de un derecho sagrado, de tal manera que grandes extensiones de ecosistemas terrestres fueron sometidas a explotación abusiva para permitir la expansión del comercio.

## **Siglo XVII**

En el siglo XVII se dio un notable crecimiento de la ciudad de Oaxaca, que demandaba grandes cantidades de mano de obra indígena promoviendo la inmigración de los indígenas del Valle y regiones circundantes. La creciente demanda de productos agrícolas y ganaderos propició la expansión territorial y económica de las estancias de ganado. Para aumentar la producción muchos estancieros adquirieron más tierras y derechos sobre aguas, ocuparon un mayor número de trabajadores y construyeron obras de infraestructura física, dando paso al desarrollo de grandes unidades productivas que reciben el nombre de haciendas. De acuerdo con Nickel (1978) las haciendas se caracterizan por el dominio que ejercen sobre los recursos naturales (tierra y agua), la fuerza de trabajo y los mercados regionales y locales. Las haciendas de Oaxaca eran relativamente pequeñas (entre 400 y 500 ha), comparadas con las haciendas del centro y norte del país (de 1000 a 5000 ha). Paralelamente surgen los ranchos o rancherías que eran pequeños poblados que se establecían en terrenos propios, arrendados o en tierras concedidas por convenio entre el hacendado y el aparcerero. El primero proporcionaba tierras y en ocasiones instrumentos de labranza, animales de trabajo y semillas al segundo, quien las trabajaba por su cuenta, entregando un porcentaje de su producción al hacendado. Cuando el porcentaje era del 50% se le llamaba mediería.

Hacia 1630 se crearon varias haciendas agrícola ganaderas en los Valles Centrales, sostenidas por mano de obra indígena cautiva mediante el peonaje por deudas, los dominicos empezaron a comprar tierras y propiedades. A pesar que la Corona española dejó a los indígenas la posesión de las tierras y aguas que ocupaban y prohibió su enajenación a españoles, esta disposición no se cumplió. Las tierras y aguas de los indígenas pasaron a manos de los españoles por arrendamiento, compra o invasión. Las pestes y epidemias ayudaron al proceso, muchos indios vendieron o arrendaron las tierras que ya no podían trabajar por falta de mano de obra. Estas tierras fueron integradas a las haciendas. Hubo comunidades que desaparecieron por completo. En la costa de Oaxaca se establecieron haciendas de cacao y añil, productos de exportación.

En 1660 la insurrección iniciada por los zapotecos en Tehuantepec se extendió hasta Antequera donde los insurrectos recuperaron tierras, pastos y ganado, Barabas (*op cit*) señala que la causa principal del conflicto fue el mal trato dado a los indios, en especial gobernadores y principales y la abusiva recaudación fiscal por los alcaldes. En el Istmo las minas de oro resultaron menos ricas de lo esperado, los astilleros de Cortés habían cerrado, el marquesado había perdido sus posesiones istmeñas y la región se había empobrecido. En este contexto el justicia de Tehuantepec incrementó los impuestos, ordeno el azote del cacique de Tequisistlan hasta la muerte. Lo mismo sucedió en Ixtepeji, hecho que produjo el levantamiento inmediato de chontales, zoques, huaves, mixes que sufrían la misma situación. Las insurrecciones del siglo XVII, muestran que las autoridades de los pueblos indios aún conservaban capacidad de convocatoria y la sobrevivencia de cultos religiosos prehispánicos que unificaban a los pueblos para la rebelión antiespañola (Barabas, *op cit*).

## **Siglo XVIII**

La población de la Nueva España empieza a crecer. La Intendencia de Oaxaca llegó a ser la tercera más poblada después de las de México y Puebla con más de 400 mil habitantes. Sin embargo este siglo se caracteriza por la frecuente aparición de sequías, hambrunas y epidemias que promueven grandes mortandades. Florescano (1982) registra ocho eventos de sequía para este siglo, a las que relaciona con secuelas de escasez y carestía de

alimentos, hambre y desnutrición aguda, ingestión de alimentos descompuestos y migraciones. En 1785 con la sequía el maíz alcanza el precio más alto del siglo (subió de 8 a 48 reales la fanega), se le conoció como el año del hambre.

De 1736 a 1739 en Oaxaca se registra una alta mortandad asociada a una epidemia de tifo que se extendió por toda la Nueva España. A estas condiciones se asocia la alta migración indígena que durante este siglo se dio hacia la ciudad de Antequera la cual tenía una alta demanda de mano de obra barata para los obrajes, la industria de la construcción y en otros oficios y artesanías como hilanderos o tejedores. En los Valles Centrales los campesinos se integran más a la economía regional y al mercado urbano.

En otras regiones de Oaxaca los españoles invadieron grandes extensiones de tierras de cultivo y pastoreo, obligaron a los indígenas a producir cultivos comerciales como cochinilla y añil, situación que dio lugar a rebeliones y alzamientos que surgen cuando la estructura comunal es amenazada en su integridad y autonomía. “Los indios no permitieron.. La injerencia de las autoridades españolas, civiles y eclesiásticas, en los asuntos internos de las comunidades y ante las provocaciones se sublevaban en defensa de la libertad, formas de vida y prácticas culturales propias” (Barabas, *op cit*).

A finales del siglo XVIII la Nueva España pasaba por una de sus peores crisis política, económica e ideológica. En España, el poder se había transferido de los Asturias a los Borbones quienes reciben una colonia saqueada y empobrecida. Herederos del pensamiento ilustrado se apropian del concepto de planeación racional que considera la integración de la geografía natural, económica y humana, con el fin de aumentar la productividad y bajar los costos de los bienes necesarios, conectar el territorio por medio de caminos, puentes y puertos y mejorar los niveles de vida de sus habitantes. Para aplicar dicho concepto reorganizan el territorio en Intendencias y Provincias con el objeto de hacer una distribución más racional de los recursos, de acuerdo con el clima, las tierras disponibles, los caminos y los puertos. Uno de los instrumentos de la planeación racional fue el núcleo equilibrado, es decir, localidades que pudieran funcionar como unidades integrales en las que se establecía una relación equilibrada entre hombre, espacio y

producción en el que la salud del pueblo era relevante porque de ello dependía la disponibilidad de mano de obra sana para el trabajo, el crecimiento poblacional y la posibilidad de poblar amplios territorios y la extracción de sus recursos naturales que a su vez redundarían en la expansión de la colonia y el enriquecimiento del reino (Malvido, 1993).

## Siglo XIX

A principios del siglo XIX México se declara independiente de la corona Española. El movimiento armado, la peste, la viruela, la fiebre amarilla, el tifo y la escarlatina dejan profundas huellas en la población. Extensas superficies quedan despobladas, los asentamientos humanos son muy dispersos. Vuelven a sucederse sublevaciones masivas.

La Intendencia de Oaxaca contaba con 928 pueblos, 269 ranchos, 83 haciendas y 5 estancias de ganado. La población había alcanzado los 596 mil habitantes, 88% eran indios, 6% españoles y 5% castas. El cultivo principal de Oaxaca era la grana cochinilla, de la que llegan a sacar más de 35 mil libras, la industria textil estaba en auge se exportaba algodón, purga de Xalapa, liquidambar, Bálsamo de maría, caracol púrpura, perlas de Puerto Escondido; plata, oro, plomo, azufre de Chacahua, sal y pescado de Tehuantepec, cacao colorado, sebo de la mixteca, pieles, trigo, maíz, frijol, chile, lacre negro, pulque, cuyo comercio proporciona enormes riquezas. Los conflictos por tierra se habían agravado con la Independencia. En 1812 Morelos tomó la ciudad de Oaxaca y obtuvo un botín estimado en tres millones de pesos. En 1822 se reconoció la división del territorio nacional en 21 provincias, Oaxaca es una de ellas. En 1832 y 1853 el cólera invadió el estado, se estima que en 1853 cobró 20,000 víctimas.

De acuerdo con Barabas (*op cit.*) "El periodo se caracteriza por la ausencia de estabilidad política y la tendencia a la formación de poderes locales en detrimento del poder central... La anarquía reinante facilitaba los abusos de los funcionarios regionales... En el Istmo de Tehuantepec los juchitecos pasaban por una floreciente etapa económica, la industria textil surtía las necesidades locales y la restante producción, junto con algo de sal, grana e índigo,

se exportaban a Guatemala... este comercio irritó a la elite comercial oaxaqueña... En 1825 el estado de Oaxaca promulga una ley que otorga el monopolio de la sal de Tehuantepec a un particular negando el acceso a indígenas zapotecos, huaves y chontales, propietarios de estos yacimientos desde la época prehispánica... Dos años más tarde los zapotecos incendian dos rancherías de ganado y se levantan en armas por la recuperación de sus tierras y bienes. “

Lo mismo sucede entre huaves, zoques y chontales, los insurrectos se oponen activamente al despojo de tierras y al monopolio de las salinas y lagunas. Se levantan en varias ocasiones hasta 1853. En Juxtlahuaca, Putla y Copala, los triquis se mantienen cinco años en pie de lucha, en 1848, los mixtecos de Teposcolula también se levantan en armas.

Predomina un agitado ambiente político en toda la centuria, se dan constantes confrontaciones, la monarquía contra la república, la federación contra el centralismo, la democracia contra la oligarquía, el clero contra la milicia, los indios contra los criollos, etc. Además de los intentos de la Corona Española por recuperar la perdida colonia, así como las invasiones francesa y americana. La guerra con Estados Unidos reduce el territorio de México al perderse California y Texas, el gobierno adquirió grandes deudas.

Con la modernización económica de México se promueve la entrada del capital ingles para reactivar la minería, establecer el Banco de Avío con la Dirección de Agricultura e Industria y en 1853 se funda la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, destinada a acelerar el desarrollo económico y demográfico del país (González, *op cit*). La ley de desamortización de bienes comunales implementada en 1860 afectó las tierras comunales a favor de las plantaciones, entre las que destacan las plantaciones de café que se extendieron en el sur de Oaxaca y se relacionan con la rebelión chatina de 1879.

Estas acciones son continuadas por las leyes de colonización de 1875, 1883 y 1894, y la autorización por parte del gobierno para realizar el deslinde de terrenos baldíos, se impulsó fuertemente la colonización de extensos territorios indígenas por extranjeros para “blanquear” la población, promover la introducción de capital o máquinas útiles, estimular

el mestizaje y ofrecer baldíos a los indios al desamortizar las tierras comunales. Se impulsó la minería, gran parte a cielo abierto, se dio un gran auge a la agricultura, la ganadería y la industria. Se promovió una gran transformación de los paisajes naturales.

Durante los 30 años que Porfirio Díaz gobernó el país la red ferroviaria de la República Mexicana creció 19000 Km. se introdujo el telégrafo y el correo. Las comunicaciones y el capital nacional e internacional vincularon al país con los centros de desarrollo mundial de la época.

Prevaleció el derecho romano reconociendo el derecho absoluto de propiedad, de trabajo, de usura, de empresa. Se erigió al interés individual como motor de la economía, donde la producción ilimitada generaba el capital y conduciría a México a la modernidad. El trato injusto, la expropiación de tierras y los elevados impuestos fueron las principales causas por las cuales en diferentes regiones de Oaxaca, Yucatán, Veracruz, Puebla, Morelos, Querétaro, Sonora, se mantuvieron rebeliones indígenas hasta principios del siglo XX.

El desarrollo acrecentó las diferencias sociales, un gran número de mexicanos emigró como braceros a Estados Unidos. Fue la época de oro de las haciendas, la industria textil, el comercio y los ferrocarriles que crecieron impulsados por capital español, francés, inglés y alemán y la explotación de los indios cuyas condiciones laborales llegaron a límites esclavizantes. Las fabricas textiles desempeñaron un importante papel en la paulatina transformación de campesinos y artesanos en obreros fabriles que constituyeron el incipiente proletariado de la época.

## **Siglo XX**

A pesar de los esfuerzos realizados en el siglo anterior por poblar el país para aumentar la capacidad económica, el progreso social y la defensa del territorio nacional, a principios del siglo XX México contaba con 13.5 millones de habitantes, 90% de los cuales se distribuían en localidades rurales altamente dispersas. La política agraria de Díaz que promovió la expropiación de las tierras comunales de las comunidades campesinas del centro y sur del país, y la profunda transformación económica de la frontera norte, producto sobretudo de

inversión extranjera, son relacionadas como las principales causas que promovieron la revolución mexicana (Ordorica y Lezama, 1993). Para González (citado en Ordorica y Lezama) en México hubo dos revoluciones, la del norte, impulsada por hacendados con tendencias modernizadoras, masas medias, parvifundistas y trabajadores migratorios afectados por la inflación, los impuestos y la crisis capitalista de 1907 a 1910, y la del sur, donde peones y campesinos sin tierra reclamaban su derecho a tierra. Los ferrocarriles fueron una de las máximas realizaciones del proyecto modernizador porfirista, logró la mayor integración económica del país y posibilitó la creación de una economía nacional al eslabonar los mercados del país convirtiéndolos de locales a regionales, pero a su vez permitió la entrada de latifundistas a la economía de cambio, que orientó la producción hacia productos de exportación desplazando a los de consumo popular, lo que trajo consigo una disminución de los ingresos reales de los campesinos y en consecuencia, su mayor empobrecimiento (Calderón y Rosenzweig citados por Ordorica y Lezama, 1993). Durante la Revolución el hambre, la pobreza extrema y enfermedades como el tifo y la viruela causaron numerosas muertes. México sufrió profundas transformaciones estructurales que promovieron fuertes desplazamientos de las zonas rurales a los ámbitos urbanos.

En 1900 Oaxaca se encontraba entre las cinco entidades con mayor población de México, contaba con 948 mil habitantes. En 1910 alcanzó el millón de habitantes, que se distribuían en ocho ciudades, cuatro colonias, 50 villas, seis barrios 996 pueblos, 151 haciendas, 907 ranchos, 49 rancherías y siete cuadrillas. Contaba con cerca de 500 km. de vías férreas. El ferrocarril comunicaba a la ciudad de Puebla con la ciudad de Oaxaca que a su vez continuaba hacia el Istmo de Tehuantepec y llegaba hasta el Puerto de Salina Cruz. Este ferrocarril conectaba a los dos océanos ya que de Tehuantepec partía un ramal que llegaba hasta la costa de Veracruz.

El campo producía trigo, maíz, frijol, garbanzo, café, caña de azúcar, cacao, grana, cera, lana, algodón, tabaco, vainilla, maderas finas, añil, ganado, cebo y pieles. En la capital y varias poblaciones del estado se establecieron numerosas fábricas de puros y cigarros, sarapes, rebozos, sombreros, mezcal y cerveza, además de numerosos talleres de zapatería, cordería, herrería, hojalatería, curtiduría, latonería, relojería, talabartería e imprentas.



Durante el porfiriato el gobierno enajenó extensas superficies concesionándolas a extranjeros para impulsar el establecimiento de empresas en Jamiltepec, Juquila, Pochutla, Tehuantepec, Tuxtepec, Teotitlán y Cuicatlán. Estas tierras se dedicaron básicamente a la producción de café, tabaco y algodón, para la exportación. A principios del siglo XX se encontraban 55 minas de oro, plata y cobre en explotación, varias de ellas en manos de extranjeros. Disminuyó la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo y las exportaciones. Los salarios reales descendieron, afectando fuertemente el sector agrícola. Durante el movimiento armado se incrementó la pobreza extrema y el hambre. En 1915 el maíz registró un aumento del 1500%, el frijol del 700% y el arroz del 800%. De 1902 a 1930 el tifo causó miles de muertes. En 1921 la población del estado había bajado a 900 mil habitantes y mientras las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara incrementaban su población, la de Oaxaca disminuía notablemente.

Una vez terminada la Revolución Mexicana se inicia un periodo de reconstrucción del país, nuevamente el gobierno impulsa el crecimiento poblacional para aumentar la capacidad económica y el progreso social exaltando lo nacional contra lo extranjero. Se discute la necesidad de promover la integridad nacional, el mestizaje, el papel del indio, las condiciones de trabajo y de salud de la población. El camino a la estabilidad se vio a través de la expansión del Estado sustentado en el derecho. En 1917 se promulga la Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos y se inicia un proceso de institucionalización, caracterizado por el desarrollo de la legislación y por el establecimiento de organizaciones burocrático-administrativas responsables de la ejecución de las disposiciones legales y el diseño de políticas de desarrollo (Bernal, 1993). En 1925 se expide la Ley de Colonización que declaraba de utilidad pública la colonización de propiedades agrícolas privadas con población nacional y extranjera.

A finales del porfiriato, las comunidades indígenas del país habían sido despojadas del 90% de sus territorios. Con el movimiento armado de 1910 a 1917 numerosas comunidades lograron recuperar las tierras y bosques que les habían sido expropiados en el siglo XIX. Con el reparto agrario se formaron ejidos que comprendían terrenos boscosos. Los bosques

eran considerados terrenos ociosos a los que se les tenían que incorporar a la producción agropecuaria.

En 1926 se expidió la primera Ley Forestal de la República Mexicana. En ella se reconoció la importancia de proteger los recursos naturales a nivel nacional. En el artículo 41 se planteó la necesidad de crear un servicio forestal encargado del manejo de las zonas protectoras forestales y en el artículo 30 del Reglamento se justifica la creación de los parques nacionales en cualquier terreno forestal que reúna cualidades naturales propicias para la recreación y el fomento turístico. Esta Ley establecía la estricta inalienabilidad de los bosques comunales y exigía que cualquier explotación fuera de tipo cooperativista. Sin embargo ni la distribución de la tierra ni las leyes forestales desafiaron demasiado los intereses forestales establecidos (Klooster, 1997). La reforma agraria careció de medidas para capitalizar a las comunidades forestales y brindarles capacitación; las cooperativas que se crearon funcionaban como prestanombres de empresas privadas, escondiendo relaciones de rentismo.

Durante el gobierno del presidente Cárdenas (1934-1940) se dieron grandes cambios de política económica y social a través de una profunda reforma agraria y el impulso de la industrialización. Con la Reforma Agraria se promueve el cambio en la tenencia de la tierra al expropiarse grandes superficies de las haciendas para dotación de tierras ejidales a los campesinos. Las tierras ejidales se concibieron como terrenos que la federación presta a los campesinos solo para su usufructo quedando prohibida la venta o herencia de dichos predios. Su uso estaba restringido al designado por el gobierno (agrícola, pecuario, forestal) y su abandono por un periodo mayor de tres años por los campesinos, los hacía susceptibles de ser recuperados por el estado para distribuirlos a otros productores. El fortalecimiento del municipio, la distribución de tierras ejidales, el reconocimiento de las tierras comunales y la política de colonización en conjunto, promueven una fuerte reestructuración del territorio nacional, regional, municipal y local. Se diversifica la industria, se generan empleos, se elevan los ingresos, y se impulsan políticas de atención a las demandas de salud, educación y equidad, dando legitimidad política al gobierno (Bernal, 1993). Durante este periodo se dio un gran impulso a la creación de parques y reservas en México. Cárdenas creó dentro de la Secretaría de Agricultura y Fomento la primera Oficina de

Bosques y Parques Nacionales a cuyo cargo quedó el Ing. Miguel Ángel de Quevedo (el apóstol del árbol), promotor de la creación de 82 Áreas Naturales Protegidas. El concepto de conservación de recursos para el futuro integra la conservación de paisajes para el esparcimiento y la recreación. La conservación es estática, anímica, de contemplación, en la cual no se interfiere con el medio natural y se prohíbe todo tipo de manejo o explotación de recursos. En 1937 se decretan dos Parques Nacionales en Oaxaca, el PN, Benito Juárez con 2700 ha ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Oaxaca y El PN Lagunas de Chacahua, en la costa que cuenta con 10,000 ha. En total suman 12,700 ha que constituyen el 0.1% de la superficie estatal.

En 1940 se crearon los ejidos forestales para los cuales se establecía que debían contar con dotaciones suficientes que garantizaran la subsistencia decorosa de las familias del ejido.

Hasta la década de los 50 las comunidades indígenas de Oaxaca eran básicamente agrícolas, el maíz constituía la producción principal, junto con el trigo y la caña de azúcar, complementaban su actividad agrícola con alfarería, textiles de algodón y lana, talabartería y ganadería a pequeña escala. Los mercados regionales estaban integrados por complejos sistemas de intercambio comercial. El transporte de mercancías se hacía en mulas o por los propios comuneros. No existían las carreteras, la comunicación entre regiones se daba por medio de veredas y caminos reales. Los comerciantes viajaban solos o en caravanas haciendo circuitos que tardaban en recorrer de una semana a un mes dependiendo de las condiciones del tiempo y las distancias. El trueque era común, lo mismo se comerciaban telas y encajes que se cambiaban ollas por comida. Los caminos eran seguros, dormían donde les agarraba la noche. Establecían relaciones a lo largo del camino de tal manera que llegaban a contar con “bodegas de almacenamiento” y centros de abasto y distribución de mercancías. De los bosques obtenía leña, madera para construcción de casas, así como plantas y animales que recolectaban a lo largo del año. La densidad de población de las comunidades no fue importante, por lo que se asume que su impacto sobre el ambiente fue mínimo.

En 1947 se reformó la legislación forestal para abrir la posibilidad de decretar Unidades Industriales de Explotación Forestal. La política de sustitución de importaciones implementadas por el Estado Mexicano se tradujo en las regiones boscosas en una estrategia de concesiones a grandes empresas por periodos de 25 a 60 años otorgándoles derechos exclusivos sobre el uso y comercialización de los recursos forestales. Las comunidades rurales perdieron sus derechos sobre el recurso forestal, aún el uso doméstico quedó sujeto a la autorización y control de las empresas concesionarias. El gobierno otorgó a las empresas la cesión de los derechos de aprovechamiento maderable con el fin expreso de abastecer al país de celulosa y papel. A cambio, las empresas se comprometieron a pagar un derecho de monte a las comunidades y a financiar la realización de obras de beneficio comunitario. El dinero pagado por el derecho de monte era administrado por la Secretaría de la Reforma Agraria y para recuperarlo los campesinos tenían que pasar por engorrosos tramites burocráticos y presentar propuestas de obras comunitarias aceptables por la secretaría.

En 1947 se creó la Comisión del Papaloapan, los bosques de la Sierra de Juárez quedaron sujetos a veda, así como el resto de los bosques ubicados en la zona protectora de la cuenca hidrológica del Papaloapan. En la década de los 50 esta política se revierte al instrumentarse el Plan de Desarrollo de la Cuenca del Papaloapan cuyo objetivo era incorporar a la producción maderable la enorme superficie de bosques templados de la Sierra de Juárez.

En 1949 llegó la Compañía Forestal de Oaxaca (CFO), a la Sierra Sur, inició su actividad abriendo un camino de Zimatlán a los bosques de San Pedro el Alto, instaló aserraderos y dio inicio al aprovechamiento industrial del bosque. Años más tarde, en 1956 se suspende la veda establecida a los bosques de la Sierra Norte y se declara de utilidad pública la creación de la Unidad Industrial de Explotación Forestal, 251,823 ha bosques de 24 municipios de Oaxaca y uno de Veracruz se concesionan a la Fábrica de Papel Tuxtepec (FAPATUX), (Chapela, 1993). En 1958 se modificó el decreto de 1956 permitiéndole a FAPATUX elaborar otros productos además del papel y abastecer a otras empresas con la madera no utilizada para celulosa. Por otra parte, como único comprador la empresa fijo de

manera unilateral los precios de la madera. Por su parte la Comisión del Papaloapan construyó la carretera Tuxtepec-Oaxaca facilitando la extracción de madera de los bosques. En este mismo año se le concesionaron 163,784 ha de bosques de más de doce comunidades de la Sierra Sur a la CFO.

Las comunidades y ejidos se quejaban de promesas incumplidas, inadecuados derechos de monte, salarios ínfimos, trampas en la medición de la madera y métodos silvícolas devastadores. El manejo extensivo de los bosques, basado en la corta selectiva de los mejores ejemplares, generó durante una época altas ganancias para las empresas madereras, pues se aprovecharon los mejores árboles (Chapela, 1993), pero afectó negativamente al recurso forestal y al sector. Se estima que las existencias maderables de los bosques de clima templado concesionados disminuyeron durante los 25 años de concesión, de 250 m<sup>3</sup>/ha a 120 m<sup>3</sup>/ha (SARH, 1992; Chapela y Lara, 1995).

En la década de los 50, el Plan Nacional de Colonización inició el establecimiento de nuevos núcleos de población en las áreas tropicales del sureste del país. Flujo que se acentuó a partir de 1972 con el Programa Nacional de Desmontes (PRONADE), con dos objetivos, ampliar el desarrollo ganadero y resolver la demanda de tierras por campesinos (Castillo, 1978). Entre 1972 y 1976 el PRONADE incorporó 114,000 ha de selvas a la agricultura y 423,000 ha a la ganadería.

De 1930 a 1970, la reforma agraria, la expansión de la frontera agrícola, la industrialización como motor del desarrollo y la atención del Estado a las demandas sociales, se refleja en un crecimiento económico sostenido y elevado, en el incremento de bienestar social con crecimiento de clase media y profesional, de obreros y burócratas. La reforma agraria fue el instrumento de la expansión agrícola. En 1970 el 40% de la superficie nacional eran tierras ejidales que beneficiaban a 1.6 millones de campesinos que colonizaron grandes áreas. La infraestructura de riego benefició a 2.1 millones de hectáreas. La revolución verde se aplica en grandes extensiones del territorio nacional, se expande fuertemente la ganadería. El sector agrícola se convirtió en fuente de alimentos, materias primas, ahorro, y divisas para la creciente economía urbana e industrial. El sector manufacturero creció

aceleradamente permitiendo la absorción de la creciente población urbana. El gobierno creó con capital nacional la infraestructura física y humana: transportes, comunicación, salubridad, educación. Promovió la industria básica: petróleo, energía eléctrica, hierro, acero. Estimuló la industrialización mediante políticas comerciales, exención de impuestos, subsidios y ampliación de los servicios públicos.

Este modelo de desarrollo logró elevadas tasas de crecimiento económico del país (6%) de 1940 a 1980, pero también produjo grandes desequilibrios económicos y sociales a nivel sectorial y regional

Se realizan grandes obras de infraestructura que transforman radicalmente el paisaje. En Oaxaca destaca la construcción de presas como la Miguel Alemán y la Miguel de la Madrid (Cerro de Oro) que inundan inmensas superficies de selvas, para incrementar la productividad del campo. Estas obras conllevan la reubicación de pueblos enteros y la colonización de las zonas tropicales.

A finales de los setenta las concesiones forestales terminaron. Durante el periodo, las comunidades desarrollaron nuevas capacidades. El bosque adquirió un valor económico que antes no se vislumbraba. La organización campesina se fortaleció en algunas comunidades mientras en otras se establecieron alianzas con las compañías madereras. La lucha social por la reapropiación de sus recurso fue intensa y tuvo sus frutos. Lograron la derogación de las recientemente renovadas concesiones madereras. Con la salida de las empresas forestales el reto a enfrentar consistió en organizar las propias empresas forestales comunitarias. Les llevaría toda la década de los ochenta y principios de los noventa. Algunas comunidades lograron no solo la reapropiación del recurso forestal mediante la evaluación de sus bosques, la elaboración de los mapas de rodales, clasificación de la calidad de los rodales, sino también establecen sus propias empresas forestales. Se capacitó su personal en las tareas técnicas, el martillo paso a manos de los comuneros quienes aprendieron a estimar los volúmenes de corta, a transportar, comercializar y procesar la madera. Alatorre (1998) presenta una tipología de las comunidades forestales de la Sierra de Juárez y señala la evolución diferencial que cada una de ellas alcanza, desde

comunidades que se mantienen rentando sus bosques, hasta las que logran el desarrollo de una cultura empresarial. En este heterogéneo universo forestal identifica tensiones que estas comunidades deberán resolver, no obstante las identifica como un modelo viable de gestión del territorio y de apropiación de sus recursos naturales.

En la década de los noventa se reforma el artículo 27 constitucional que establece un sistema de propiedad basado en la premisa de que la propiedad de las tierras y de las aguas corresponde originalmente a la nación, la cual tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a particulares, estableciendo la propiedad privada. Con base en lo anterior, se da la oportunidad de que las tierras comunales y ejidales se regularicen cambiando al régimen de propiedad privada con el fin de abrir el mercado de tierras y promover la inversión en el campo mexicano. Se aplica una política capitalista neoliberal. Se firma el Tratado de Libre Comercio que establece eliminar la protección a los mercados nacionales y a la industria, permitiendo el libre comercio con Estados Unidos y Canadá.

La gestión ambiental se contempla como una función que compete de manera principal al Estado, se visualiza la problemática ambiental de índole social. Se inicia una gestión pública del ambiente, en especial una gestión administrativa a cargo del gobierno, el cual intenta generar incentivos que modifiquen la conducta de los ciudadanos con relación al ambiente con el fin de lograr la conservación de los recursos naturales, la flora, la fauna, el suelo y el funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo esta política no toma en cuenta las normas del derecho romano vigente en la sociedad que por un lado reconoce la propiedad privada como un derecho absoluto donde, el poseedor de un bien tiene el derecho de usar y disponer del bien a su libre arbitrio y por otro establece normas y sanciones que regulan la conducta humana.

La aceptación general de normas impuestas por un largo uso social, es llamada norma consuetudinaria o usos y costumbres, las cuales pueden elevarse hasta la categoría de ley, y los miembros de la comunidad la reconocen y hacen respetar. En el territorio de Oaxaca, muchas de estas normas aún se encuentran vigentes y son el sustento legal de la organización comunitaria. Coexisten con la gestión ambiental federal y estatal, pero

adquiere una dinámica propia conferida por la propia organización comunitaria persistente en la entidad. La administración de los recursos naturales se hace más compleja.

Desde los foros más especializados (reunión cumbre de Río de Janeiro) se proclama la urgente necesidad de entender las relaciones existentes entre la naturaleza y la sociedad. El discurso oficial habla de una Ciencia de la sostenibilidad que ayude a estudiar procesos a diferentes escalas para entender el comportamiento de sistemas complejos. Ello con el fin de identificar interacciones ecológicas y sociales desde lo local hasta lo global que permitan obtener diagnósticos que apoyen el desarrollo de modelos que integren procesos naturales, sociales e identifiquen tendencias que ayuden a generar escenarios, pronósticos y estrategias para el desarrollo futuro.

En el mundo prevalece el modelo económico capitalista que promueve el uso de los recursos naturales a través de la creación de mercados, incremento de rutas comerciales, intercambio de bienes y servicios. El discurso internacional asegura que este modelo genera la riqueza suficiente para acabar con la desigualdad, la pobreza y da acceso a la población a educación, salud, progreso, mejores niveles de vida y conjuntamente deben lograr el reconocimiento de la propiedad planetaria de los recursos naturales que pertenece al género humano. Sin embargo, el incremento en la obtención de patentes por parte de particulares, sobre los recursos naturales y el conocimiento tradicional asociado a su uso, cuestiona la patrimonialidad mundial de los recursos. Esto conlleva al reconocimiento de la soberanía de las naciones sobre sus recursos naturales y surge el debate sobre el reconocimiento legal de los saberes tradicionales. En el caso de Oaxaca, los recursos naturales han permanecido como propiedad de comunidades indígenas (80% de su superficie es comunal o ejidal) aunque esto no este ligado directamente con el derecho a usufructo. Como hemos visto, desde la época de la colonia, la independencia y aún después de la revolución, los diferentes gobiernos han expropiado las tierras indígenas o cedido los derechos de usufructos a sus recursos naturales.



## **Bibliografía:**

Alatorre Frenk G. 1998. *La empresa social forestal y sus asesores*. Tesis Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 360 pp.

Alba F.1993. "Crecimiento demográfico y transformación económica, 1930-1970".En: Secretaría de Gobernación, CONAPO. *El poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo IV. México en el Siglo XIX*. CONAPO. México p 74-95

Bartolomé M.A. y A.M. Barabas. 1990. "La Pluralidad desigual en Oaxaca". En: Bartolomé M.A. y A.M. Barabas (coord).*Etnicidad y pluralismo cultural: la dinámica étnica en Oaxaca*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Dirección General de Publicaciones. México pp 15-95

Bernal A.R. 1993. "El pensamiento y la política poblacionista en el México de la primera mitad del siglo XX". En: Secretaría de Gobernación, CONAPO. *El poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo IV. México en el Siglo XIX*. CONAPO. México p 54-73

Brañes R.1987.*Derecho Ambiental Mexicano*. Fundación Universo Veintiuno.México535 pp.

Castillo, R. 1978. "El presupuesto de la Federación en el sector forestal". En: *México y sus bosques. Vol. XVII* No 2.

Commons A. 1993. "Principales divisiones territoriales, 1519-1990 ". En: Secretaría de Gobernación, Consejo Nacional de Población. *El Poblamiento de México. Una visión histórico demográfica. Tomo I, El México Prehispánico*. SG, CONAPO. México. 327 pp. (41-63)

- Commons, A. 2000. *El Estado de Oaxaca. Sus cambios territoriales*. Serie Libros No 2. Instituto de Geografía. UNAM. México. 40 pp.
- Chance J.K.1990. "La dinámica étnica en la Oaxaca Colonial". En: Bartolomé M.A. y A.M. Barabas (coord). *Etnicidad y pluralismo cultural: la dinámica étnica en Oaxaca*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Dirección General de Publicaciones. México pp 145-172
- Chapela, F. 1993. "El sector forestal de Oaxaca: problemas y oportunidades". En: Madrid, S. 1993. Anexo 6. *Estudio de caso: Oaxaca*. 46 pp
- Chapela, F. y Y. Lara, 1995. El papel de las comunidades campesinas en la conservación de los bosques. *Cuadernos para una silvicultura sostenible. Serie Sociedad y Política 1*. CCMSS. Oaxaca. 29 pp
- Dalgren, B. 1966. "La Mixteca: su cultura e historia prehispánica". *Cultura Mexicana*. UNAM. México.
- Daly, H.E. (1990) "Toward some operational principles of sustainable development" *Ecological economics, Vol. 2, n. 1, pp.1-6*.
- Del Paso y Troncoso, F. 1886. "La Botánica entre los nahuas". *Anales del Museo Nacional*, 142-272. México.
- Dixon, J.A. y Fallon, L.A. (1991) "El concepto de sustentabilidad: sus orígenes, alcance y utilidad en la formulación de políticas". Vidal, J. (Comp.) *Desarrollo y medio ambiente*, Santiago de Chile, CIEPLAN.
- Ehrlich, P.R. (1989) "The limits to substitution: Meta resource depletion and new economic-ecological paradigm". *Ecological economics, Vol. 1, No. 1 p.10*.

Flannery K. And J. Marcus. Eds. 1983. *The cloud people: Divergent evolution of the zapotec and mixtec civilizations*. Academic Press. New York

Florescano E. y G. Sánchez.1982. "La época de las reformas borbónicas y el crecimiento económico, 1750-1808". En: *Historia general de México*. Colmex, No2: 183-291. México.

Gonzalez Navarro M.1993. "México en el Siglo XIX". En: Secretaría de Gobernación, CONAPO. *El poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo III. México en el Siglo XIX*. CONAPO. México p 9-21.

INEGI. 2002. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. INEGI, Aguascalientes, México.

Kowaleski, S. A., G.M. Feinman, L. Finsten, R. Blanton y L. M. Nicholas.1989. "Monte Alban's hinterland, part II. Prehispanic settlement patterns in Tlacolula, ETLA and Ocotlan, The Valley of Oaxaca, Mexico". In: *Memoirs of the University of Michigan Museum of Anthropology* 23 Ann Arbor. Michigan. 506 pp

Lockhart, J. 1976. "Capital and province, spaniard and indian: the example of late sixteenth century Toluca". En: Altman I. y J. Lockhart . Eds. *Provinces of early Mexico: Variants of spanish american regional evolution*. California. UCLA, 99-123 PP

Longcre,R.1972. "Systematic Comparison and Reconstruction". In: *Handbook of Midle American Indians. Linguistic, Vol. 5*. University of Texas, Austin.

Malvido,E.1993. "La Nueva España a principios del siglo XIX". En: Secretaría de Gobernación, CONAPO. *El poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo III. México en el Siglo XIX*. CONAPO. México p 22-41.

Mendizabal, M.O. y W. Jiménez Moreno. 1939. *Distribución prehispánica de las lenguas indígenas*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. IPN. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.

Nicholas, L.M, G.M. Feinman, S.A. Kowaleswski, R.E. Blanton y L. Finsten. 1986. "Prehispanic colonization of the Valley of Oaxaca, Mexico". *Human Ecology*, 14(2): 131-16

Nicholas, L.M., 1989. "Land use in prehispanic Oaxaca". In: Kowaleski, S. A., G.M. Feinman, L. Finsten, R. Blanton y L.M. Nicholas. 1989. *Monte Alban's hinterland, part II. Prehispanic settlement patterns in Tlacolula, Etla and Ocotlan, The Valley of Oaxaca, México*. In: *Memoirs of the University of Michigan Museum of Anthropology* 23 Ann Arbor. Michigan. 449-506

Nuttall, Z. 1920. "Los Jardines del Antiguo México". *Memorias. Sociedad Científica Antonio Alzate*. México.

Ordorica M y J.L. Lezama. 1993. "Consecuencias demográficas de la Revolución Mexicana". En: Secretaría de Gobernación, CONAPO. *El poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo III. México en el Siglo XIX*. CONAPO. México p32-53.

Ortega Gutiérrez, F. 1998. "Oaxaquia, Historia de un antiguo continente". *Ciencias* 52, octubre-diciembre: 30-37

Ortega Gutierrez, F, R.L. Sedlock & R.C. Speed. 2000. "Evolución Tectónica de México durante el fanerozoico" Vol. II: 3-59. En Llorente J., E. González y N. Papavero (Eds). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II*. UNAM. CONABIO. México, 675 PP

Spores, R. 1984 *The Mixtecs in ancient and colonial times*. University of Oklahoma Press. Oklahoma

Thacker, C. 1979. *The History of gardens*. Croom Held Pub. London. Great Britain. 288 pp.

Valdez, J. 1974. "Los Jardines Botánicos en el México Antiguo". *Revista de la Universidad*. UNAM. México.

Von Wobeser G. 1983. *La formación de la hacienda en la época colonial*. UNAM. México. 216 pp

Winter M. 1993. "Los Mixtecos y los Zapotecos". En: *El Poblamiento de México. Una visión histórico-demográfica. Tomo I. El México prehispánico*. Secretaría de Gobernación. Consejo Nacional de Población. 327 pp. p 259-281

*Pueblo que no conoce su historia está condenado a repetirla*

*Milán Kundera*

### Capítulo 3

# El territorio del estado de Oaxaca: una revisión histórica

María de Jesús Ordóñez\*

Recibido: 16 de agosto de 1999

Aceptado en versión final: 10 de enero de 2000

**Resumen.** Este trabajo reseña el cambio que a través de la historia ha presentado la división territorial del estado de Oaxaca, con énfasis en el nivel municipal. Se compara la información contenida en diferentes cartas de división territorial generadas tanto por instancias gubernamentales como por centros de investigación. Se intenta relacionar la división municipal con la información censal registrada desde fines del siglo XIX hasta la fecha y la reciente información ambiental generada por el INEGI. Se describe la metodología empleada por la autora para la obtención de la carta de división municipal del estado de Oaxaca y se enfatiza la importancia de contar con información digital accesible, confiable, fácil de actualizar, necesaria para la planificación.

**Palabras clave:** Oaxaca, división municipal, mapa digital.

**Abstract.** This document reviews the historical changes of the territorial division in the State of Oaxaca, with an emphasis in those that occurred at a municipal level. The information contained in several territorial division maps developed by government agencies and research centers is compared. An effort is made to relate the municipal division with information obtained through censuses since the end of the nineteenth century to date, and with environmental information recently generated by INEGI. The methodology used by the author to obtain the municipal division map for the state of Oaxaca is described, emphasizing the importance of having accessible, reliable and easy-to-update digital information, that is necessary for planning.

**Key words:** Oaxaca, municipal division, digital map.

## INTRODUCCIÓN

Los límites del territorio de Oaxaca y la división interna de su espacio se han visto modificados desde la época prehispánica hasta nuestros días, de tal suerte que su reconstrucción histórica requiere de la identificación de pistas, que permitan la recreación de hechos pasados, la reconstrucción de los límites de unidades espaciales equivalentes, de las cuales se puedan realizar comparaciones de datos estadísticos.

Todos los eventos bióticos, abióticos, políticos, sociales y culturales se desarrollan en un tiempo y espacio determinados, constituyen eslabones de procesos complejos. Las divisiones territoriales las realiza el hombre y no siempre toma en cuenta estos parámetros. Su reconstrucción es importante, ya que dan cuenta del paso de diferentes grupos culturales, eventos históricos, políticos, sociales y económicos acaecidos en la entidad que ayudan a explicar su desarrollo histórico y su situación actual.

Desde épocas inmemorables, el hombre ha llevado un registro de los recursos de su medio,

herramienta fundamental para la planificación de los asentamientos humanos y el desarrollo de actividades económicas en cualquier lugar. Las divisiones territoriales conforman unidades geográficas, las cuales constituyen unidades geoestadísticas, con base en las cuales se realiza el recuento de bienes y servicios contenidos en ellas. Estas unidades han cambiado en el tiempo y en el espacio; en superficie, forma, denominación, tenencia y toda una serie de atributos ligados a ellas (cobertura, población, uso del suelo, etc.), que complica su seguimiento en el tiempo, y la comparación de las estadísticas reportadas que permitan reconstruir la historia y evolución de su espacio, distribución y aprovechamiento de sus recursos.

Por lo anterior, este trabajo revisa, con base en bibliografía, las diversas divisiones territoriales del estado de Oaxaca, desde la época prehispánica hasta la actualidad. Se enfatiza en el nivel municipal, dado que el artículo 115 de la Constitución Mexicana reconoce al municipio como la célula básica de la división territorial y de la organización política y administrativa de los estados que conforman a la República Mexicana. Propone un sistema de organización

\*CRIM-UNAM, A. P. 4106, Cuernavaca, Morelos, México. E-mail: mordonez@correo.crim.unam.mx

política y social federalista basada en una corresponsabilidad de tres órdenes de gobierno: federal, estatal y municipal (Secretaría de Gobernación, Gobierno del Estado de Oaxaca, 1988).

El concepto de municipio fue implantado por los españoles en los territorios conquistados con el fin de dividirlos, asignando dichas tierras a encomenderos o a caciques. Los municipios han surgido como consecuencia de divisiones territoriales dadas por reconocimiento de derechos sobre tierras a diferentes grupos sociales; litigios por la posesión de tierras cultivables o comunales; divisiones familiares o intergrupales; decisiones políticas o factores socioeconómicos como la recaudación de impuestos o la dotación de servicios.

## OAXACA

El estado de Oaxaca está situado en la porción meridional de la República Mexicana. Limita al norte y noreste con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Se creó por decreto del Congreso de la Unión el 3 de febrero de 1824. Políticamente está dividido en 30 distritos y 570 municipios (24% de los municipios del país). Tiene una extensión de 91 783 km<sup>2</sup>, representa 4,8% de la superficie nacional, superficie que lo coloca en el quinto estado más grande de la República.

De acuerdo con Barabas y Bartolomé (1990), en Oaxaca existen tantas Oaxacas como regiones o culturas estudiadas. En su territorio se han registrado más de 4 000 comunidades hablantes de 15 idiomas (amuzgo, chatino, chinanteco, chocho, chontal, culcateco, huave, ixcateco, mazateco, mixe, mixteco, náhuatl, triqui, zapoteco y zoque). Parecería que en Oaxaca existen tantas culturas como comunidades estudiadas. Al hablar de 15 etnias se reconocen con base en criterios lingüísticos, sin embargo, dentro de una misma etnia idiomática existen, con frecuencia, variaciones dialectales, cuya intensidad va desde pequeños problemas de comunicación hasta la mutua ininteligibilidad.

## PRIMEROS ASENTAMIENTOS

Winter (1990) señala que la trayectoria prehispánica del hombre en Oaxaca es compleja. Abarca un largo período de 10 000 o más años y un desarrollo que va desde sociedades sencillas de recolectores-cazadores, hasta sociedades estratificadas con artesanos especializados, arquitectura monumental y sistema de escritura.

El territorio de Oaxaca encierra diferentes zonas geográficas y ecológicas. Sus límites no corresponden a fronteras geográficas naturales únicas, sino que constituyen prolongaciones de regiones naturales que se encuentran presentes en las entidades colindantes. La distribución geográfica de los grupos étnicos y lingüísticos tampoco corresponde a zonas naturales. Los territorios de grandes grupos abarcan múltiples zonas ecológicas, desde la cálida costa hasta las frías montañas, infiriéndose el uso de distintos productos y recursos presentes en cada ambiente. Desde la época prehispánica, el territorio comprendido por el actual estado de Oaxaca se ha conformado como un complejo mosaico de ambientes y culturas.

Por su ubicación geográfica, Oaxaca quedó entre dos áreas culturales bien definidas, al este colindó con la cultura maya que floreció en Chiapas, Yucatán y Guatemala; al noreste con las culturas de la cuenca de México, como las de Tlailco, Teotihuacán, Tula y Tenochtitlán, con las cuales mantuvieron contacto los grupos culturales de Oaxaca (Winter, *op. cit.*).

## Aldeas tempranas

Hopkins (1984) sugiere la existencia de una lengua madre conocida como protootomangue, a partir de la cual evolucionaron todas las lenguas oaxaqueñas. El estudio glotocronológico de los idiomas actuales da la pauta para medir el grado de relación y separación entre ellas, y apoyados por la reconstrucción hipotética de los grupos prehispánicos locales se puede arribar a una propuesta de distribución histórica de dichos grupos. McNeish *et al.* (1967) y Winter *et al.* (1984) sugieren la existencia de una tradición cultural a la que denominaron "Tradición Tehua-



cana", la cual, hacia el 7000 a.C. se distribuyó desde el noreste de la cuenca de México, en Hidalgo y Querétaro, hasta los valles de Oaxaca (Figura 1). Se considera que los grupos presentes en el Valle de Oaxaca y la Mixteca Alta, fueron los ancestros de los grupos actuales.

Este autor propone que los dos principales grupos –la familia otomangue y la familia mixezoqueana– han ocupado y habitado aproximadamente los mismos territorios desde hace milenios, en tanto que los hablantes de chontal, náhuatl, pochuteco y huave llegaron a Oaxaca hacia fines de la época prehispánica. Postula que la colonización del istmo sur por los zapotecos fue realizada en tiempos tardíos y por ello sugiere que los grupos lingüísticos tempranos en Oaxaca eran hablantes de protomixezoque en el istmo y protootomangue en los altos. De aceptarse la hipótesis anterior, el territorio oaxaqueño pudo estar dividido en la época de las aldeas tempranas (1500 a.C.; Hopkins, 1984) como se muestra en la Figura 2.

Estos grupos evolucionaron de cazadores-recolectores, pasando por bandas con sencillas formas de organización social, hasta señoríos con una estratificada y compleja organización que se ha reconstruido parcialmente, gracias a la historia legada a través de los códices y numerosos grabados encontrados en sus zonas arqueológicas, algunas de las cuales muestran el esplendor de antiguas ciudades con edificios monumentales. Los registros más antiguos se han encontrado cerca de Mitla (Cueva Blanca y Guilá Naquitz) y en las proximidades de Yanhuítlan (Yuzanú).

Hacia el 1000 a.C. los grupos étnicos de Oaxaca estaban más o menos bien diferenciados. Los zapotecos y los mixtecos desempeñaron a partir de ese momento un papel fundamental en el desarrollo cultural de la región oaxaqueña. Winter (*op. cit.*) señala que hacia el 400 a.C. estos grupos entraron en contacto estrecho con los teotihuacanos y establecieron una hegemonía política y económica que les permitió mantener el control en regiones distantes.

## Centros Urbanos

Entre el 700 y 1300 d.C., la Mixteca estuvo subdividida en pequeños reinos, entre los que sobresalían los señoríos de Achiutla, Tequixtepec-Chazumba, Apoala, Coixtlahuaca, Diquiyú, Yanhuítlan, Tilantongo, Teposcolula, Jaltepec, Tlaxiaco y Tututepec. Los zapotecos debieron ocupar una amplia región que pudo haberse extendido por San José Mogote, Zaachila, Tlapacoyan, Ayoquezco, Xoxo, Huixtepec, Tleticpac, Reyes ETLA, Loma Cuache, Lambytienco, Huijazoo, el Valle de Teotitlán, Quialana, Yan Dani, entre varias otras.

El florecimiento de los centros urbanos trajo consecuencias respecto a la formación de distintos grupos y la dinámica étnica de Oaxaca. Los centros mismos fueron sedes de poder e influencia donde se concentraron los líderes, se reunieron y distribuyeron los bienes a través de mercados, y se celebraron grandes rituales y ceremonias. Hopkins (*op. cit.*) anota que los datos lingüísticos indican un incremento en la pluralidad étnica, alrededor del 500 al 400 a. C., con tres cambios internos en la familia otomangue. De la rama mixteca se separó el mixteco y el cuicateco; de la rama popolacana se separó el mazateco del ixcateco popolacanochocho; de la rama zapotecana se separó el chatino del zapoteco. Con el incremento de población y la formación de centros urbanos se delimitaron territorios; los grupos se expandieron a otras zonas ambientales. Para Winter (1990), ya no se trata de correlaciones fáciles o sencillas entre ambientes y culturas o etnias, sino de expansiones y formaciones de territorios basados en el poder político. A través del tiempo las sociedades urbanas de Oaxaca llegaron a ser más rígidas y formales en su organización. Este proceso se debió al crecimiento de los centros urbanos mismos y, en consecuencia, a la necesidad de exigir cada vez más cooperación y tributo, en bienes y servicios de la población urbana, así como de las comunidades dependientes.

## Señoríos

En el 750 d.C. los grandes centros de Mesoamérica fueron abandonados y se inició un

proceso de cambio. La etapa de los señoríos se presenta del 750 al 1521 d.C. Se caracteriza por la presencia de numerosas entidades políticas conocidas como reinos, señoríos o cacicazgos. Todas las regiones de Oaxaca fueron pobladas con un patrón de residencias dispersas. Las sedes de los señoríos fueron pueblos (o pequeños centros urbanos) de unos 1 000 a 3 000 habitantes, conformados por los palacios de los nobles, residencias de comuneros, templos, áreas de administración y mercado, y en algunos casos, contaban con un juego de pelota y una fortaleza o refugio cercano. En vez de grandes centros dominantes e importantes, como Monte Albán o Yucuñudahui de la etapa previa, existían numerosas sedes como Mitla, Yagul, Zaachila, Apoala, Inguitería, Yanhuitlán, Tamazulapan, Tejuapan, Teposcolula y varios más en la Mixteca Alta.

### Conquista Mexica

Los aztecas llegaron a Oaxaca en 1250 y la expansión del imperio mexica se produjo entre

1400 y la llegada de los españoles. Para Lockhart (1976), la ocupación prehispánica en Oaxaca alcanzó su apogeo en población, extensión de ocupación y diversificación en los años inmediatamente anteriores a la Conquista. Los señoríos representaron una alternativa más flexible en cuanto a la adaptación a condiciones variables locales y funcionales para la autonomía e independencia de grupos relativamente pequeños. Este autor señala que durante el período del 950 al 1521 d.C., Oaxaca estaba dividido en cientos de pequeños estados hostiles, la mayoría de los cuales vivió en un estado de guerra. Eran ciudades-estado o pueblos-estado, aunque eran quizás menos ciudades o estados y más asociaciones de grupos de gente con ciertos territorios extensos. Estas unidades generalmente consistían de una cabecera con varios pueblos subordinados, aunque las cabeceras más poderosas frecuentemente lograron sujetar a otras cabeceras más débiles.

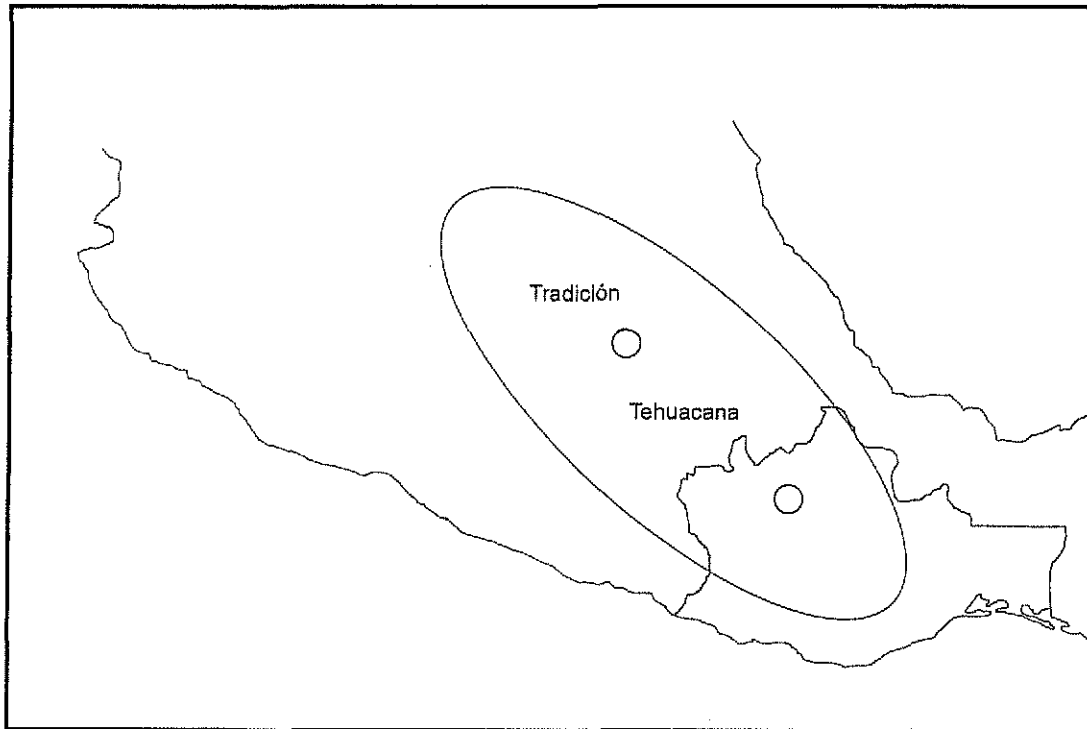


Figura 1. Distribución aproximada de la tradición tehuacana (tomado de Winter, 1990).

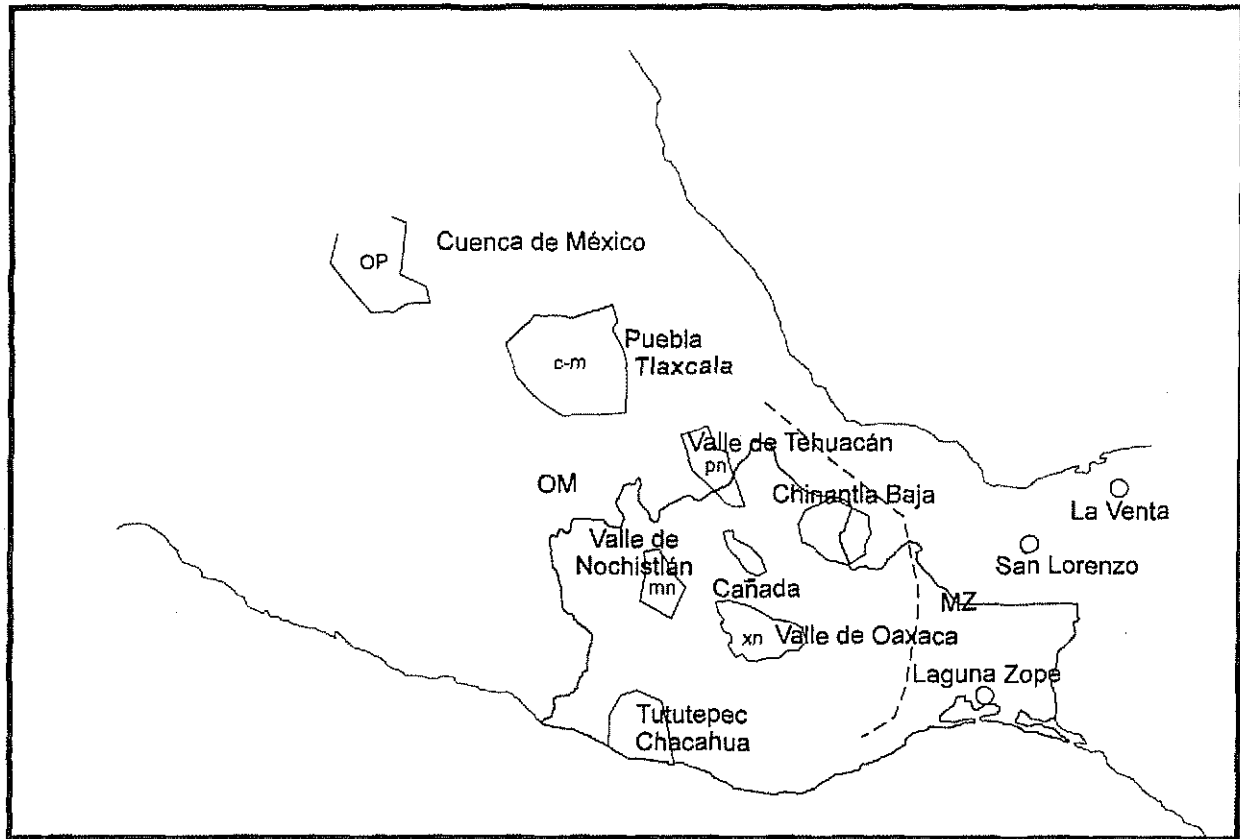


Figura 2. Localización de concentraciones de aldeas en el año 1300 a.C. (línea continua) y posibles concentraciones (línea quebrada) con posibles grupos de la familia (OM); op-otopameano; c-m.chiapameco-mangué; pn-popolocano; mn-mixtecano; zn-zapoteco. Laguna Zope, San Lorenzo y La Venta son sitios arqueológicos tempranos probablemente ocupados por habitantes de lenguas mixe-zoqueanas.

En los siglos XV y XVI, el complejo económico-cultural Mixteco-Zapoteco quedó integrado por una serie de alianzas que se conservaron hasta la llegada de los españoles. Moctezuma I inició en 1457 la conquista mexicana del territorio oaxaqueño por Tlaxiaco y Coixtlahuaca. A partir de 1458 controlaron el territorio e impusieron tributo, respetando la integridad de los señoríos, a excepción de los de Tuxtepec, Coixtlahuaca y Sosolá, donde los aztecas establecieron guarniciones. Con la conquista mexicana los nombres de pueblos, ríos, montañas y accidentes geográficos se cambiaron al náhuatl. Winter (1990) señala que la distribución actual de ciertos grupos corresponde a la distribución histórica a los siglos posteriores a la conquista y en tiempos prehispánicos tardíos (Figura 3).

## CONQUISTA ESPAÑOLA

A la llegada de los españoles, el centro y sur de México estaban atestados de agricultores. A medida que algunas comunidades indígenas declinaban e incluso desaparecían, muchas de las antiguas tierras comunales fueron adquiridas por vastas haciendas de propiedad de españoles. En la mayor parte de esta región los españoles encontraron antiguas estructuras políticas indígenas, de naturaleza militar-teocrática. La mínima unidad política era el clan o grupo de familias residentes en el mismo lugar. El gobernante funcionaba normalmente como supremo dirigente religioso, militar y político (Gerhard, 1986).

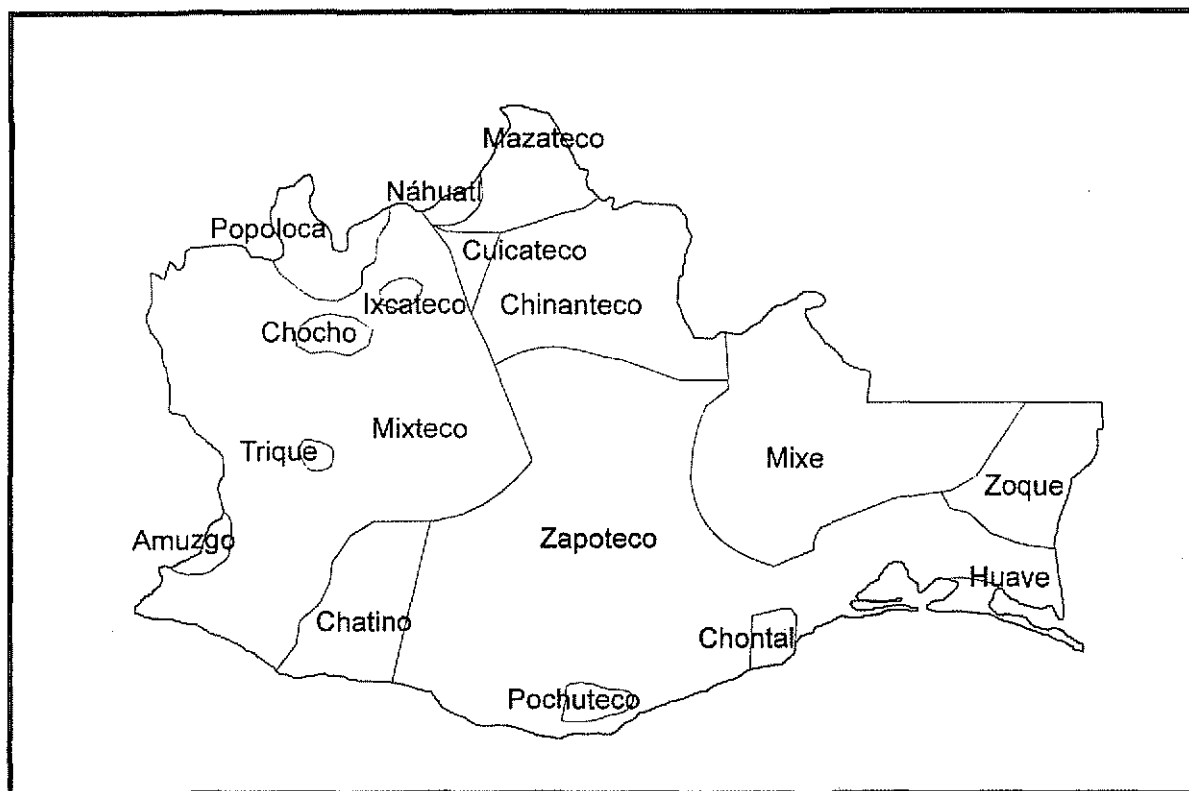


Figura 3. Distribución de grupos lingüísticos en Oaxaca en la etapa de las ciudades estado.

Había diversos grados de independencia entre esos Estados indígenas y considerables diferencias en su tamaño e importancia. A menudo un Estado constaba únicamente de un grupo de clanes en un territorio muy pequeño e, incluso, parte de un gran asentamiento complejo. En muchos casos, los Estados colindantes tenían dinastías emparentadas, ya fuera por matrimonio o porque un gobernante había dividido su territorio entre sus herederos. Si bien los límites entre los Estados estaban, en la mayoría de los casos, cuidadosamente definidos, ocasionalmente había una zona desocupada entre comunidades vecinas (Gerhard, *op. cit.*).

Existieron innumerables Estados casi autónomos con sus propios gobernantes, y áreas como la huasteca, la mixteca y la zapoteca, que parecen haber estado ocupadas por numerosos estados pequeños, flojamente unidos por lazos dinásticos o federaciones militares. Los españoles reconocieron las

dinastías indígenas y conservaron los límites políticos locales. En algunas áreas había poblaciones de nivel cultural relativamente primitivo con instituciones políticas y sociales más simples. Tal parece haber sido el caso de los chontales y huaves de Oaxaca, a quienes sus vecinos veían con desprecio, dominaban y explotaban (Gerhard, *op. cit.*).

Para Chance (1990), los españoles pusieron fin a las guerras indígenas, quebraron el poder de los aztecas y convirtieron a todos los oaxaqueños en súbditos de la Corona Española, a quienes ubicaron en una sola categoría genérica, la de indio. Durante los siguientes tres siglos, los españoles impusieron una gran variedad de instituciones coloniales diseñadas para explotar su propiedad y su trabajo. Aplicaron la política de dividir y conquistar. Intentaron destruir los lazos étnicos, más allá del nivel de la comunidad y enfatizaron la autonomía de las cabeceras indígenas a las que denominaron Repúblicas de Indios. Más que nunca,

se aisló a las poblaciones indígenas, con un estatus legal separado, explotado y viviendo en cientos de comunidades separadas.

En el siglo XVI, en la extensión de la Oaxaca actual existía una población indígena mayoritaria, que se había resistido a desaparecer, adaptándose a las transformaciones impuestas por los españoles (Winter *et al.*, 1988). Los constantes conflictos por límites entre comunidades tienen su origen en la forma en la que los señoríos prehispánicos defendieron sus territorios, reafirmando su autoridad y la identidad del grupo; de ahí también la permanencia de fuertes cacicazgos que, a diferencia de otros estados, no desaparecieron durante la Colonia e incluso en el siglo XIX se fueron transformando y adaptando a las nuevas condiciones históricas y geográficas, a las cuales Winter *et al.* (*op. cit.*) asocia el desarrollo desigual entre sus regiones y grandes diferencias económicas y culturales entre los grupos sociales.

### Las Encomiendas

Una vez establecido el dominio español, los indios fueron distribuidos en encomiendas (1523-1525). En ocasiones un Estado indígena grande fue dividido en dos o más encomiendas, aunque también sucedió lo contrario, que a un encomendero le asignaran varios Estados. En la primera década de la Colonia la mayoría de las comunidades indígenas cambió de amo por lo menos dos o tres veces. Subsistieron grupos de resistencia, entre los que se menciona a los habitantes de las montañas zapoteco-mixes. El período comprendido entre 1524 y 1530 fue de conflicto entre los antiguos dirigentes indígenas, que en su mayoría conservaron el poder, y los encomenderos españoles; ambos grupos insistían en sus derechos al trabajo y al tributo de los indios. Muchos pequeños señoríos fueron asignados a encomenderos, caciques locales o funcionarios de la Corona y posteriormente a autoridades políticas. Así surgieron muchos de los municipios actuales, otros fueron el resultado de disputas por la posesión de tierras cultivables o comunales, varios por divisiones familiares o intergrupales y otros más como producto de decisiones políticas tomadas desde el siglo XVI.

### Corregimientos

La primera medida efectiva para establecer la autoridad real a nivel local en las comunidades indígenas fue la introducción en México del corregimiento. Entre 1531 y 1535 la Audiencia nombró más de cien corregidores para pueblos de la Corona. A las principales comunidades indígenas se les permitió conservar su propio gobierno interno (llamado Gobierno o República de Indios).

Entre 1550 y 1570 la Nueva España fue dividida en alrededor de cuarenta provincias gobernadas cada una por un alcalde mayor encargado de supervisar una serie de corregimientos. El máximo fraccionamiento político de la Nueva España se alcanzó en 1570, cuando se nombraron alrededor de setenta alcaldías mayores y más de doscientos corregimientos.

### Partidos

En el siglo XVII, en el territorio de la actual Oaxaca se ubicaron 18 Partidos, concepto territorial usado desde 1580 (Figura 4).

- Partido de Teotitlán del Valle, con Mitla y Tlacolula
- Partido de Zimatlán-Chichicapan
- Partido de Huitzo
- Partido de Tehuantepec (Villa de Guadalcázar)
- Partido de Huamelula
- Partido de Nejapa (área de negros y mulatos)
- Partido Chontal (Santa Ma. Ecatepec)
- Partido de Miahuatlán
- Partido de Villa Alta
- Partido de Choapan
- Partido de Teococuilco, con Teozacoalco y Teojomulco
- Partido de San Pedro Teutila
- Partido de Teotitlán del Camino-Cuicatlán
- Partido de Jamiltepec (área de negros y mulatos)
- Partido de Nochixtlán
- Partido de Teposcolula
- Partido de Huajuapán

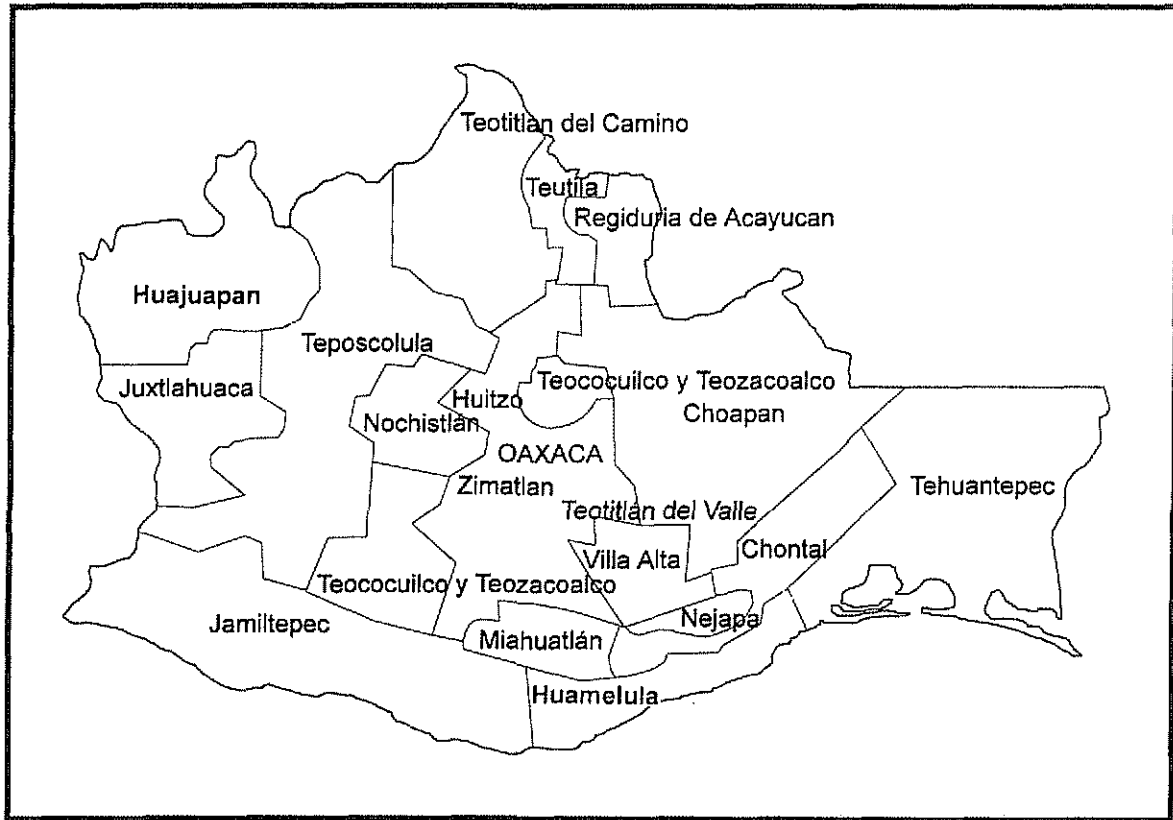


Figura 4. División en partidos, siglo XVII.

La forma y extensión de cada Partido fue muy disímil, algunos muy pequeños como el de Nejapa, que contrastaba con el de Teposcolula, en el que quedaron incluidos varias Alcaldías y Corregimientos, o como el de Teococuico que estaba formado por dos polígonos separados por los partidos de Nochistlán y Huitzo.

### Intendencias

En el siglo XVIII el rey Carlos II decretó una nueva división de la Nueva España que entró en vigor en 1786, a partir de la cual se establecieron las Intendencias. El sistema de Intendencias estuvo vigente de 1786 a 1821. De acuerdo con Commons (1981) la Intendencia constituye una modificación al sistema de gobierno y administración de las colonias; con ella, se limitaron las atribuciones de los virreyes, otorgando amplias atribuciones a los intendentes. Los distritos de las intendencias se integraron teniendo en cuenta las jurisdicciones ya existentes de alcaldías y corregimientos. Esta división territorial de la Nueva España confirió a las demarcaciones, por

vez primera, carácter propio, dejando establecida la base de la división estatal de los actuales estados de la República. La intendencia de Oaxaca quedó integrada por 16 alcaldías y un corregimiento (Figura 5):

Corregimiento de Oaxaca, incluía a la ciudad capital con la jurisdicción de su corregimiento y de los agregados de Atlatlahuaca de Oaxaca y Guexolotitlan.

- Alcaldía Mayor de las Cuatro Villas, pertenecientes al Marquesado del Valle
- Alcaldía de Chichicapa y Zimatlán
- Alcaldía de Ixtexepi, perteneciente al Ducado de Atlixco
- Alcaldía de Teposcolula con la de Tuxtlahuaca (Juxtlahuaca)
- Alcaldía de Teotitlán del Camino, con los agregados de Cuicatlán y Papalotipac
- Alcaldía de Ixquintepeque-Peñoles, con los agregados de Teosacualco y Teococuico
- Alcaldía de Miahuatlán

- Alcaldía de Nejapa
- Alcaldía de Xicayan
- Alcaldía de Teutilán del Valle, alias Macuilsuchil con sus agregados de Mitla y Tlacolula
- Alcaldía de Yanguitlán con su agregado Nochistlán
- Alcaldía de Xalapa del Estado, perteneciente al Marquesado del Valle
- Alcaldía de Tehuantepeque
- Alcaldía de Teutila con su agregado Chinantla
- Alcaldía de Villalta
- Alcaldía de Huajuapapa y Tonalá

El desarrollo de la intendencia se adjudica al Intendente-corregidor Don Antonio de la Mora y Peysal, quien la tuvo a su cargo de 1787 a 1809. En 1813, año de la toma de Oaxaca por las fuerzas independentistas de Morelos, el territorio de Oaxaca estaba considerado Corregimiento al que se había subdividido en 20 subdelegaciones.

## ESTADO DE OAXACA

En el México independiente, al suprimirse las intendencias, el territorio de Oaxaca se reconoció en 1814 como una de las 17 Provincias de la América Mexicana. En 1821, una vez lograda la independencia, se estableció la división política del país por estados. En 1824 Oaxaca pasó a ser uno de los estados de la federación. En 1825 se le declaró Estado Libre y Soberano y se dividió en ocho Departamentos (Figura 6):

- Departamento de Oaxaca
- Departamento de Villa Alta
- Departamento de Teotitlán del Camino
- Departamento de Teposcolula
- Departamento de Huajuapán
- Departamento de Jamiltepec
- Departamento de Miahuatlán
- Departamento de Tehuantepec

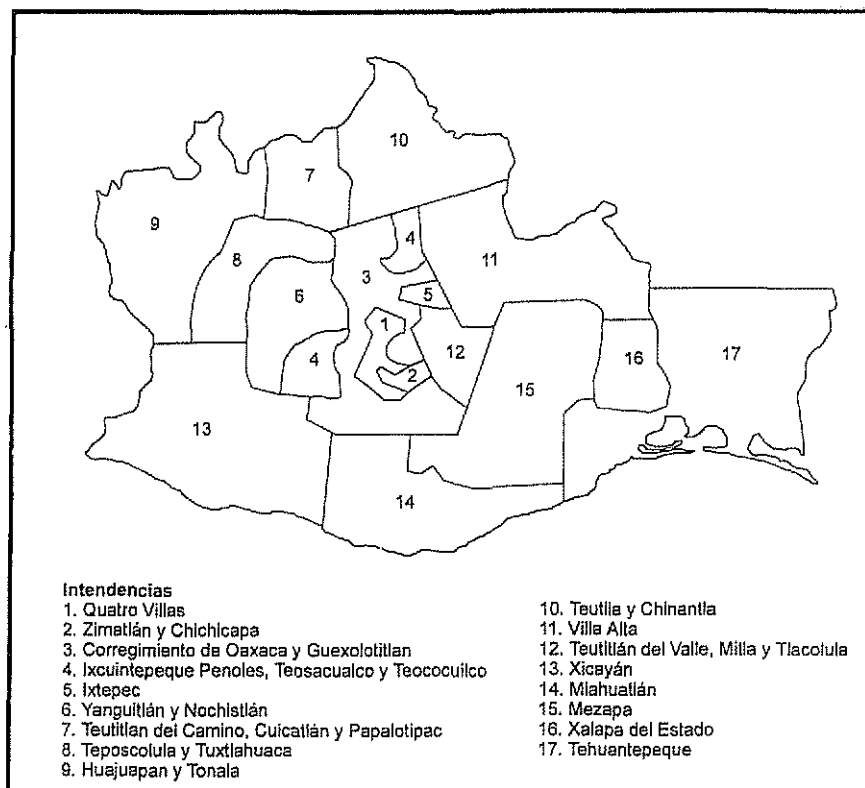


Figura 5. Intendencia de Oaxaca. División en 16 alcaldías y un corregimiento (1766-1821).

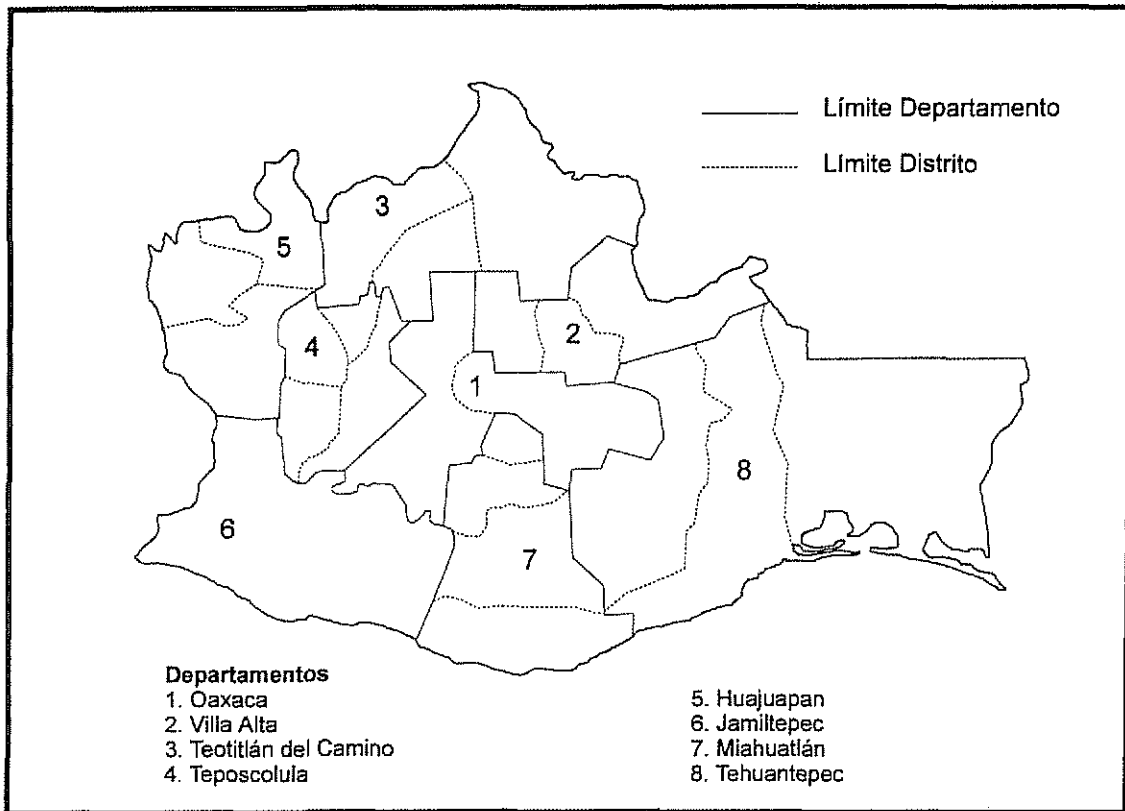


Figura 6. División del estado de Oaxaca en ocho departamentos (1825).

Al finalizar la época virreinal, Murguía y Galardi construyó en 1826 un mapa con la descripción de la provincia de Oaxaca. De las 18 jurisdicciones establecidas al inicio de la época colonial, al final de la misma estaba dividida en 21.

Commons (*op. cit.*) indica que por esas fechas se presentaron serios problemas para definir los límites de los partidos, sobre todo en la parte central, donde no fue posible marcar ni siquiera límites aproximados, ya que unas jurisdicciones se interponían entre otras, por lo cual se hizo una amplificación de esta región. Se ubicaron todas las poblaciones, se dejaron sin límites y a todas las que pertenecían a la misma jurisdicción se las marcó con una misma simbología. Las jurisdicciones observadas en la amplificación fueron:

- Pueblos que pertenecen al partido de Guajaca
- Pueblos que pertenecen al señorío del Marquesado del Valle

- Pueblos de la Subdelegación de Teococuilco a la que pertenecía también Teosacualco
- Pueblos de la Subdelegación de Teotitlán del Valle
- Pueblos de la Subdelegación de Ixtepeji
- Pueblos de la Subdelegación de Huiso
- Pueblos de la Subdelegación de Chichicapa y Zimatlán

En 1832 el territorio de Oaxaca se dividió en 26 Distritos Políticos, y no fue sino hasta el siglo XX que se crearon los cuatro restantes: Putla, Sola de Vega (Guerrero), Zaachila (Trujano) y Mixe (Figura 7). En la división del territorio de 1836 los Estados se denominaron Departamentos, Oaxaca permaneció como Departamento hasta 1847, que de vuelta al federalismo quedó como estado de la federación, hasta la fecha. A partir de 1890 se reconoció la división municipal, dependiente de los Distritos.



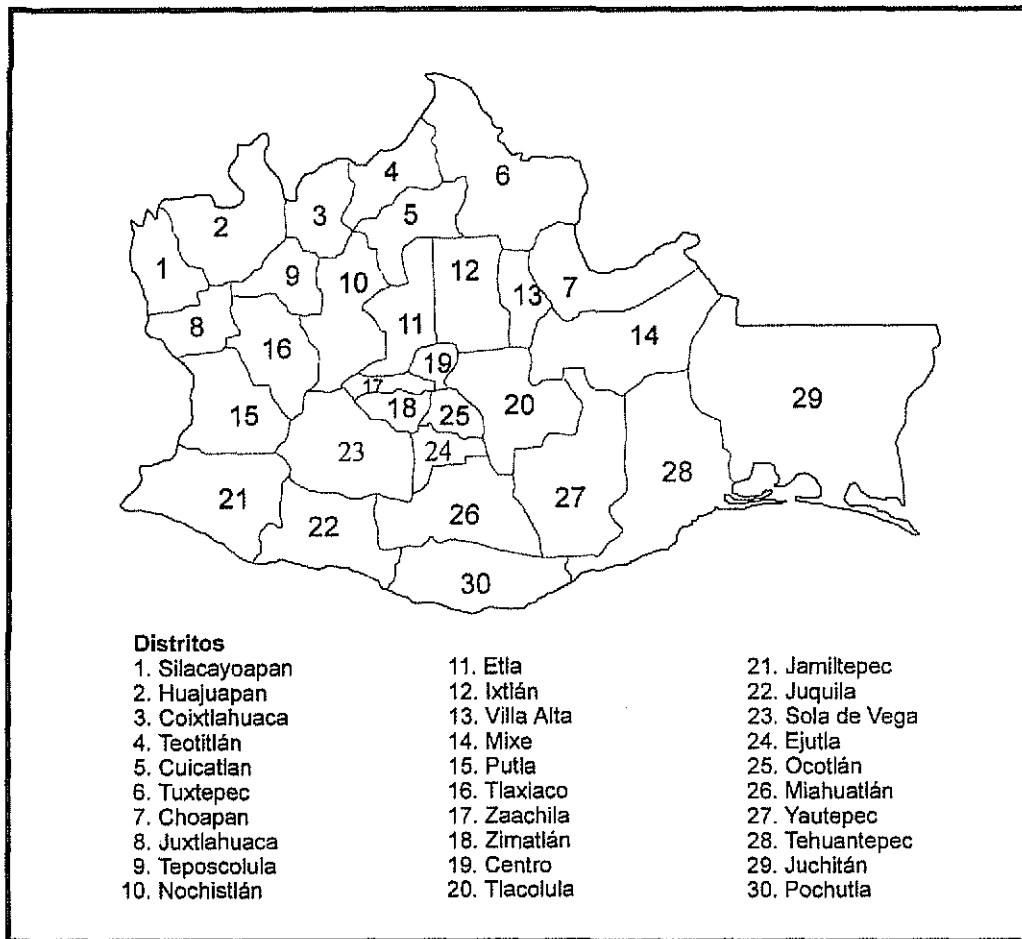


Figura 7. División distrital del estado de Oaxaca de 1940 a la fecha.

Al final de la Revolución, los Distritos fueron anulados oficialmente y se les denominó ex distritos. En 1940 el número de Distritos se incrementó de 27 a 30, y en 1942 un decreto del Congreso local les restableció su rango original. Por el histórico patrón de poblamiento disperso y la gran diferencia existente en el tamaño de los municipios, el Distrito como unidad territorial ha jugado un importante papel en la administración de la entidad.

Desde la época prehispánica, la división territorial del estado de Oaxaca ha sido una de las más complejas del país; por ello, no es extraño que los primeros censos realizados a finales del siglo pasado e inicios del actual registraran una fragmentadísima división municipal. Como se muestra en el Cuadro 1, en 1900 se registraron 1 123 municipios, número

que afortunadamente se ha reducido hasta un poco menos de la mitad. En 1960 se registraron 571 municipios y a partir de 1970 se reportan 570 (Figura 8), número que se mantiene hasta la fecha.

Sin embargo, en los dos censos posteriores (1980 y 1990), se registraron numerosos cambios en los nombres de los municipios.

### Regionalizaciones

Otro tipo de divisiones se han aplicado al país y a la entidad. En 1932, atendiendo a una clasificación etnográfico-folklórica, encaminada al rescate de ceremonias y tradiciones que hasta la fecha se conservan, el estado se dividió en siete regiones (Álvarez, 1994):

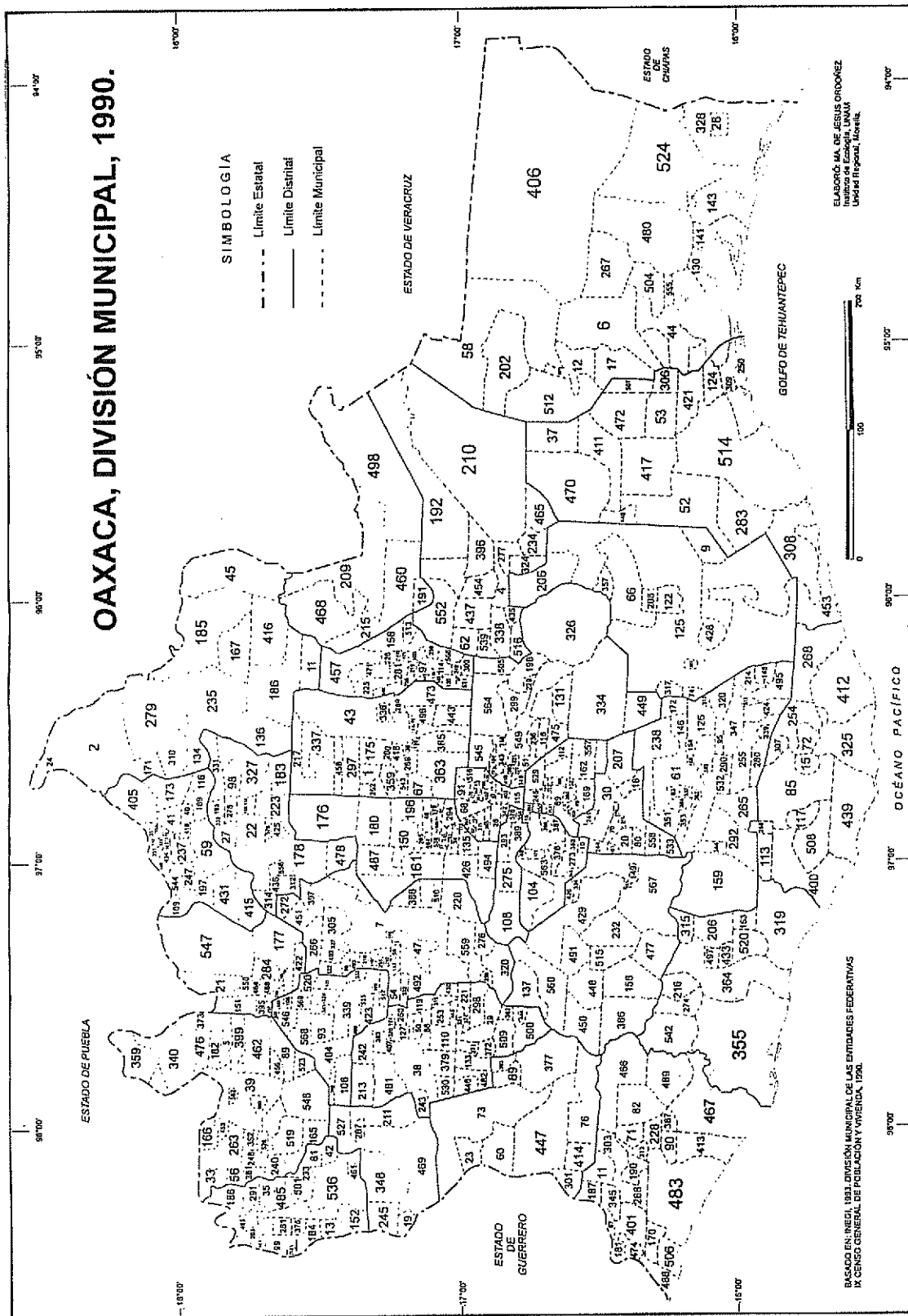


Figura 8. Oaxaca división municipal, 1990.

- Región de la Cañada
- Región de la Costa
- Región del Istmo
- Región de la Mixteca
- Región del Alto Papaloapan y Tuxtepec
- Región de la Sierra
- Región de los Valles Centrales

Cuadro 1. Dinámica en el cambio de la división territorial de Oaxaca a nivel de Distrito y Municipio 1900-1990

Censo	Distritos	Municipios
1900	26	1 123
1910	26	1 128
1921	27	618
1930		590
1940	30	572
1950	30	571
1960	30	571
1970	30	570
1980	30	570
1990	30	570

Estas regiones presentan una gran diversidad geográfica, ecológica y económica. En 1970 la Comisión Promotora del Desarrollo Económico de Oaxaca (COPRODEO) subdividió la región de la Sierra en Sierra Norte y Sierra Sur. Actualmente subsiste la división de estas ocho regiones económicas (Figura 9).

### Antecedentes cartográficos

De los códices prehispánicos una parte considerable fue realizada por los mxtecos o bajo su influencia, y en ellos, el territorio y los personajes representados pertenecieron al actual estado de Oaxaca. Los códices Nuttall, Selden II, Vindobonensis y Becker I, entre otros, relatan la formación de familias dinásticas en diferentes lugares de la Mixteca. Algunos códices detallan muy bien los límites territoriales de pueblos y ciudades que a lo largo de la historia se han mantenido y ahora constituyen municipios. Su representación es tan exacta, que han servido para la resolución de litigios sobre diversas unidades territoriales.

Durante la conquista, muchos códices fueron realizados con la finalidad de acompañar a las descripciones o relaciones solicitadas por las

autoridades para conocer la disponibilidad de recursos naturales y humanos de los territorios incorporados a la Corona, a muchos de los cuales se les impusieron, desde entonces, los nombres cristianos que antecedian al nombre indígena original o lo sustituía por completo y que hoy en día se conservan (San Juan Numi, San Baltazar Chichicapan o Santiago Nuyoo).

Del actual estado de Oaxaca se realizaron 41 Relaciones Geográficas, siete de las cuales se han extraviado, conservándose a la fecha solo 34. Desafortunadamente no todas incluyen mapas. Las relaciones comprenden la descripción de los pueblos de Antequera y de los corregimientos de Coatzacoalco y Tehuantepec (Acuña, 1984). Antequera era sumamente complicada por estar dividida en varios segmentos no contiguos. La mayor parte de ellos se encontraba en el amplio valle de Oaxaca; otra parte al norte de la división continental en la cuenca del Papaloapan; y una última ubicada al sur sobre la costa del Pacífico, incluía territorios mixtecos, zapotecos, náhuas y chatinos (Gerhard, 1986)

En 1847, Benito Juárez ordenó la elaboración del mapa de la ciudad y del estado de Oaxaca. En 1887 la Comisión Geográfica Exploradora preparó un mapa a escala 1:500 000 de los territorios estatales de entidades del centro del país, incluyendo Veracruz y Oaxaca, éste último desafortunadamente quedó inédito (Álvarez, 1994).

En 1930 la Dirección General de Estadística publicó los resultados del Censo de 1930, en el que aparece el primer mapa de Oaxaca con la división distrital de la entidad, no es sino hasta 1954 que Ernesto Lemoine, investigador del Instituto de Geografía de la UNAM, realizó el primer mapa de división municipal del estado, tomando como base la carta estatal, elaborada en 1942 por la Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología a escala 1:1 000 000 y la división municipal reportada por el censo de 1950. En 1960 la Dirección General de Estadística (DGE), dependiente de la Secretaría de Industria y Comercio, publicó el mapa de división municipal de la República Mexicana en el cual se incluyó la división municipal de Oaxaca, enmarcada por la división distrital.

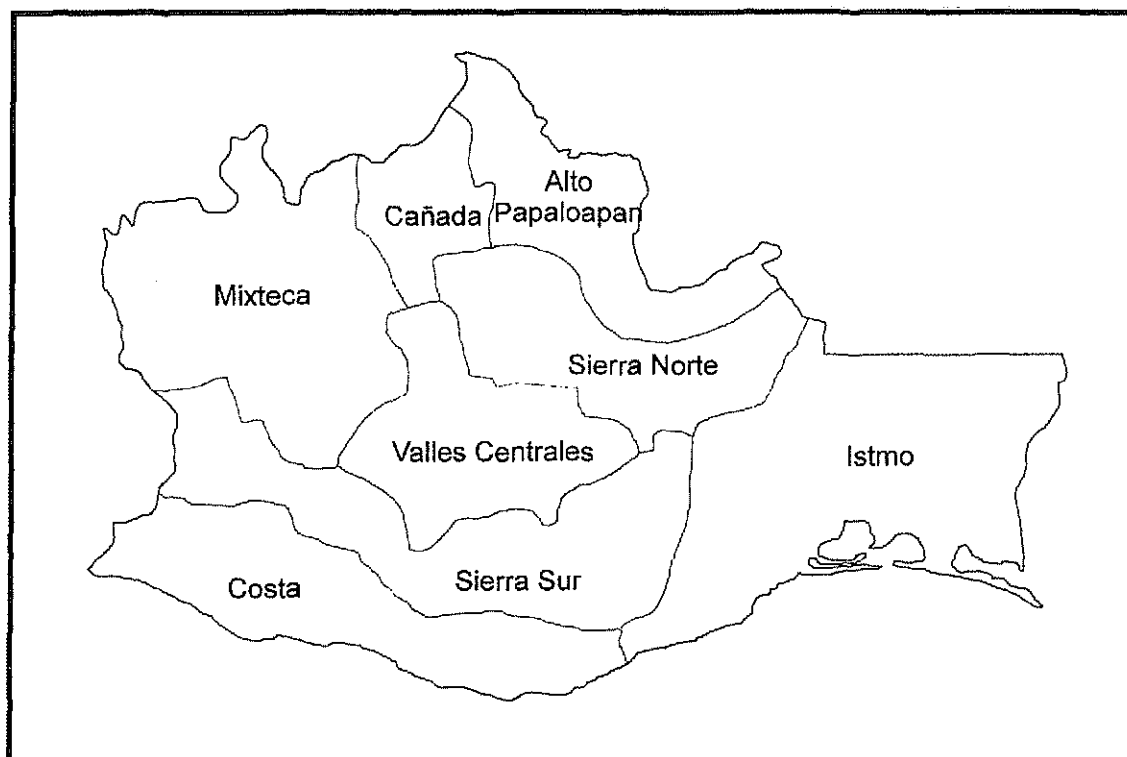


Figura 9. Regiones económicas de Oaxaca.

En 1970 el Instituto de Geografía (IGg) de la UNAM publicó un mapa de división municipal de la República Mexicana. Las diferencias más importantes encontradas en relación con el publicado en 1960 por la Secretaría de Industria y Comercio son las siguientes: el mapa del IGg es una carta geográfica, es decir, es el resultado de la corrección y restitución cartográfica de los polígonos municipales, presenta gradícula, escala y proyección. Las cartas empleadas por los censos son croquis que carecen de las características ya mencionadas. Otra diferencia es la representación de las etiquetas de los municipios. En las cartas censales los municipios son numerados en orden ascendente, de acuerdo con su ubicación en la lista ordenada alfabéticamente por entidad federativa. Estos números se asocian al mapa directamente y es difícil de ubicar esta numeración en estados que, como Oaxaca, presentan una fragmentada división municipal. En el mapa del Instituto de Geografía a cada municipio se le asignó una clave numérica que guarda una correlación con su localización geográfica en dirección poniente-

oriente y oriente-poniente, norte-sur y sur-norte, en el estado. Esto facilita su localización, dado que la clave toma en cuenta la posición geográfica de los elementos y mantiene un orden en relación con su ubicación espacial. Este sistema facilita la ubicación de los municipios en el mapa y la clave no se altera con el cambio de nombre del municipio (Del Valle y Escamilla, 1991).

En 1980, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) da a conocer el Marco Geoestadístico Básico del Sistema Nacional de Información. Este documento presenta la división del territorio nacional en áreas geoestadísticas básicas (AGEB). La AGEB es considerada como la unidad mínima de levantamiento censal resultado de la división de las áreas geoestadísticas municipales. Las AGEB's contenidas en un municipio representan una porción del territorio nacional casi coincidente con el área municipal. Esta subdivisión de los municipios en AGEB's y la creación de polígonos municipales resultado de la poligonal envolvente

de las AGEB's dio como resultado, municipios de forma y tamaño notoriamente diferentes a los reportados en los mapas de división municipal publicados de 1950 a 1970.

En los censos de 1960 a 1990, se presentaron cambios en los nombres de algunos municipios, esto promovió un cambio en la numeración de los municipios, tanto en los censos como en los mapas. Dado que los nombres se ubican en una lista organizada alfabéticamente, su modificación implica un cambio en su posición en la lista, y por tanto, su número de ubicación en el mapa. Por ejemplo, en 1960 Santa María Mixistlan apareció con el número 423, en 1970 su nombre cambió a Mixistlan de la Reforma y su número cambió al 60. En 1980 apareció como el municipio número 63 de Oaxaca, ya que se arreglaron alfabéticamente los municipios de Ánimas Trujano, Capulalpan de Méndez y Díaz Ordaz (al cambiar de nombre también cambiaron de posición). Este cambio implicó el corrimiento de la numeración de todos los municipios que le seguían y por tanto el cambio de número en el mapa. En cambio, en el mapa del Instituto de Geografía, que también se actualizó a 1980, los polígonos municipales no sólo mantuvieron su forma y tamaño, sino también su clave, a pesar del cambio de nombre de los municipios. Por el contrario, en el mapa de división municipal por AGEB's, la forma, el tamaño e incluso la ubicación del municipio se modificaron notablemente (Figura 10). La escala no permite ver claramente las etiquetas de los mapas, sin embargo, se muestran para comparar la forma de los polígonos municipales.

### Antecedentes censales

Del México prehispánico se tienen referencias del siglo XII. De Oaxaca se tiene abundante información para los mixtecos y zapotecos, pero muy escasa para el resto de los otros grupos culturales que coexistieron en su amplio territorio. De acuerdo con reconstrucciones logradas a través de investigaciones arqueológicas, Winter *et al.* (1984) han estimado que del 750 al 1521 d.C., Oaxaca pudo haber contado con una población de alrededor de 2.5 millones de habitantes.

Commons (*op. cit.*) señala que el Censo de Revillagigedo, levantado a fines del siglo XVIII, refiere que las actividades agrícolas, ganaderas e industriales de la Intendencia de Oaxaca fueron importantes, no así la minera. Destaca el cultivo de la cochinilla que fue utilizada como colorante en la industria de los hilados y tejidos, producto que exportó la Nueva España en grandes cantidades. La cochinilla llegó a considerarse como la principal riqueza de Oaxaca, y constituyó su casi exclusivo ramo de cultivo (en cien años, de 1758 a 1858, se estima que se exportaron alrededor de 60 millones de libras de este producto). La agricultura constituyó el principal ramo en casi todo el territorio oaxaqueño.

La Intendencia de Oaxaca producía trigo, maíz, frijol, frutas, verduras, caña de azúcar, algodón, vainilla, tabaco y grana. Southworth (1901) relata que durante la época colonial, Oaxaca fue famoso especialmente por su producción de cochinilla, donde gran parte de la población indígena la preparaba para la venta, sin embargo, esta industria decayó a finales del siglo XIX por el descubrimiento de tinturas más baratas. En once de las subdelegaciones de Oaxaca se crió ganado mayor y menor. Winter *et al.* (*op.cit.*) consideran que el trigo, el ganado y el impulso a la producción de grana cochinilla quizá sean los productos que más transformaron la economía de muchas comunidades indígenas de la Mixteca, de los Valles Centrales y del Istmo, convirtiendo a muchas de ellas en casi monoproduccionas de estos cultivos comerciales.

En 1794, Villaseñor Cervantes envió al Virrey Revillagigedo una relación de molinos, fábricas, trapiches, ingenios, ríos, puentes y lagunas que existían en el Distrito de la Intendencia de Oaxaca. En ésta reporta 31 molinos, un ingenio, 42 trapiches, cuatro puentes, 14 lagunas, dos fábricas de añil, 500 telares de algodón, siete telares de seda y otros telares de menor importancia.

A excepción de Huajuapán y Juxtlahuaca, la mayoría de las subdelegaciones de Oaxaca tuvieron escasas vías de comunicación, esto no permitió que prosperara el comercio con otras regiones de la Nueva España. La Villa de

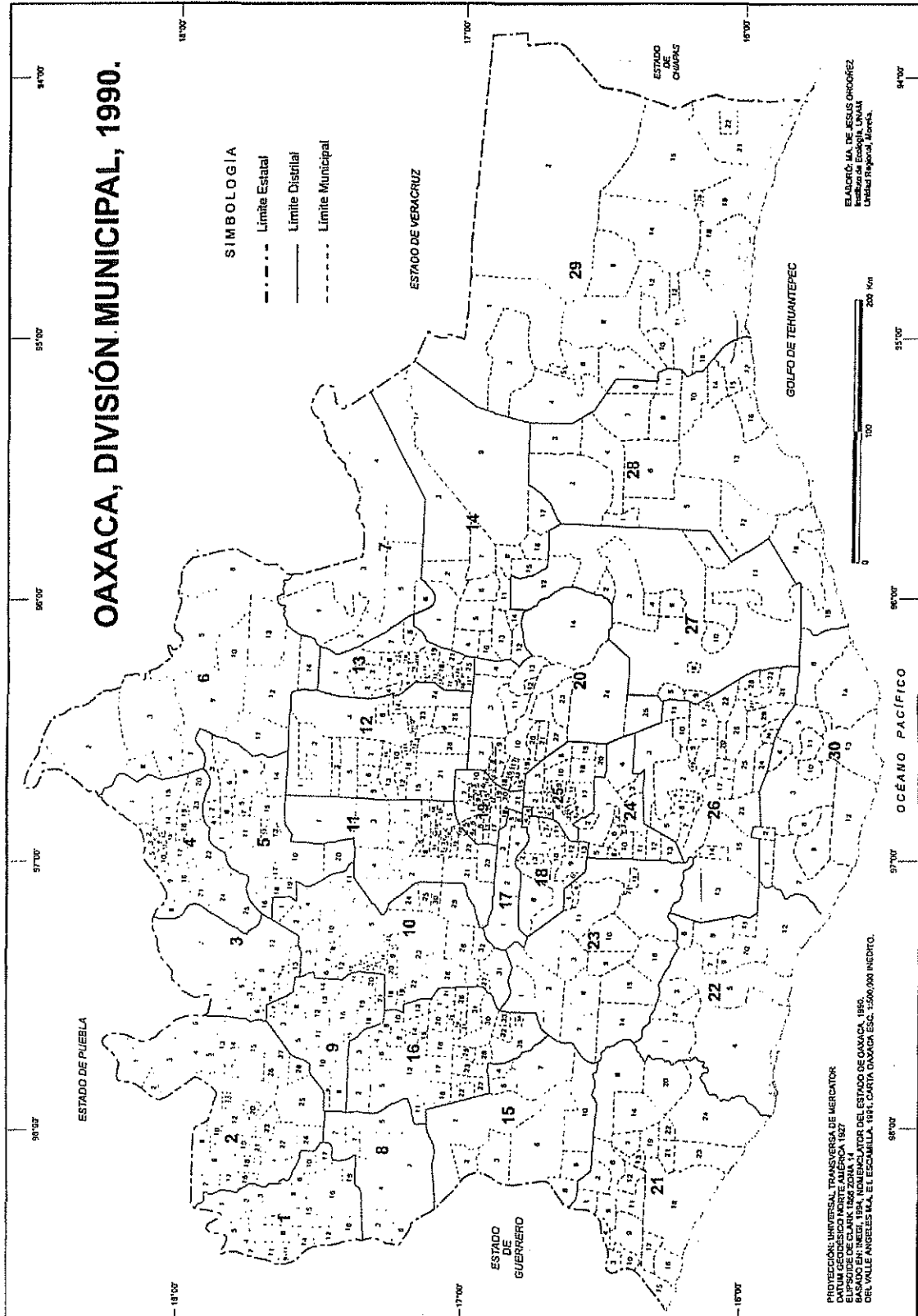


Figura 10. Oaxaca, división municipal, 1990.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tehuacán era el paso obligado para llegar a México, Puebla, Córdoba, Orizaba o Veracruz. Juxtlahuaca tenía mucha mulada de arriería, sus recuas transportaban los algodones que allí se cosechaban y se llevaban para su expendio en Puebla.

Según el Censo de Revillagigedo, en 1793 la Intendencia de Oaxaca contaba con 411 336 habitantes, en 1803 Humboldt consignó 534 800, Navarro y Noriega en 1810 contabilizaron 596 326 y para 1990 el INEGI reportó 3 019 560 habitantes. Como puede observarse, en este siglo se ha presentado un notable crecimiento poblacional de la entidad.

A decir de Commons (*op. cit.*), la Intendencia de Oaxaca no tuvo problemas importantes de límites territoriales con sus colindantes, pero sí problemas internos, debido a la gran extensión que tuvieron algunas de sus subdelegaciones, porque algunas de ellas se sobrelapaban con otras y no tenían continuidad en su territorio, lo que hacía difícil su control administrativo. Por su ubicación geográfica, el sur de la Nueva España y sus pocas vías de comunicación, no tuvieron movimiento comercial importante, a excepción de Tehuacán, en la Intendencia de Puebla.

A partir del primer censo, levantado en 1895, se tiene información estadística de Oaxaca. Sin embargo, no toda puede ser comparable entre sí, dado que la unidad censal, los parámetros medidos y la forma de evaluarlos, ha cambiado a lo largo de la historia. El Censo de 1895 registró 877 municipalidades y agencias municipales. En censos posteriores, la información estadística se agrupó a nivel de distrito. Es a partir de 1930 que ésta se vuelve a desglosar a nivel municipal.

### **LA CARTA DE DIVISIÓN MUNICIPAL DE OAXACA 1990**

La división municipal de este mapa retoma el mapa digitalizado por Del Valle y Escamilla, del Instituto de Geografía de la UNAM. Éste se cotejó con la información proporcionada a nivel de localidad por el Censo General de Población y Vivienda de 1990. El mapa está ligado a una base de datos que registra el nombre y clave del estado (número dado por INEGI de acuerdo con

el arreglo alfabético de las entidades federativas del país), la clave del municipio dado por el IGg (formado por el número del distrito y el número del municipio), en esta clave tanto los distritos como los municipios se numeraron siguiendo su ubicación geográfica, norte-sur, oriente-poniente (ej. 1-1), el primero, dentro del estado y el segundo, dentro del distrito (Figura 8).

Dado que la cartografía temática más completa generada durante los últimos 25 años a nivel país es la publicada por el INEGI, se validó la proyección del mapa de municipios del IGg de la UNAM con el mapa previamente digitalizado del límite del estado de Oaxaca publicado en el *Atlas Nacional del Medio Físico* (SPP, 1980). Se corrigieron las distorsiones y se volvieron a validar los límites municipales.

La definición de los límites municipales se llevó a cabo por medio de la consulta de la ubicación en latitud y longitud de todas las localidades reportadas en el Censo de Población y Vivienda de 1990 (INEGI, 1993). El INEGI capturó esta información en formato digital para todos los municipios del país. Se agruparon las localidades por municipio, se desplegaron en la pantalla y sirvieron para corregir los límites municipales de la carta del Instituto de Geografía. Con este procedimiento se obtuvo un mapa de municipios corregido y georreferenciado acorde con los parámetros del INEGI. Esta corrección fue un tanto difícil de realizar porque de las 7 210 localidades reportadas en el censo de 1990, sólo están georreferenciadas 6 031 y en muchos municipios existe una sola localidad para ubicar los límites municipales, en esos casos no se modificó el mapa.

Entre los dos mapas existe una gran diferencia en la forma y tamaño de los 570 municipios de la entidad. En ambos, los municipios con los tamaños extremos (máximo y mínimo) corresponden a los mismos municipios, aunque la superficie cambia. El municipio más grande corresponde a Santa María Chimalapa, el cual reporta en el mapa del IGg una superficie de 4 723 km<sup>2</sup> y en el de INEGI, de 3 477 km<sup>2</sup>. El municipio más pequeño resultó ser San Agustín Yatareni de 4 km<sup>2</sup> en el mapa del IGg y de 3.9 km<sup>2</sup> en el del INEGI. Al graficar los rangos

de tamaños de municipios se observa que 60% de los municipios (342) ocupan superficies de cuatro a 100 km<sup>2</sup>; el 19% (108 municipios) se ubica entre 101 y 200 km<sup>2</sup>; 9% (51 municipios) alcanzan superficies de 201 a 300 km<sup>2</sup> y el resto (69 municipios) ocupa superficies mayores a los 4 000 km<sup>2</sup>. Una alta proporción de los municipios más pequeños se ubica en la porción central del estado, lugar en el que se ha registrado desde épocas muy antiguas hasta la fecha una continua presencia de asentamientos humanos. Los municipios más grandes se localizan en áreas que históricamente han estado menos pobladas.

El interés por obtener un mapa confiable de la división municipal del estado de Oaxaca se debe a que este proyecto se ubica en el contexto de un trabajo más amplio que intenta evaluar el cambio en la cobertura vegetal y la dinámica de cambio de uso del suelo en Oaxaca a nivel municipal, entidad considerada la número uno en riqueza y diversidad biológica y cultural de México.

El objetivo principal consiste en evaluar la tasa de deforestación para diferentes tipos de vegetación del estado, con el fin de intentar modelar las tendencias en el cambio de cobertura y uso del suelo en los últimos 20 años. Esta información es indispensable para la identificación de áreas prioritarias para la conservación. Reportar el cambio de cobertura por tipo de vegetación a nivel estatal no ofrece tanto problema como reportarlo a nivel municipal, sobre todo porque el proyecto intenta identificar tendencias en el cambio de uso del suelo y cobertura, tratando de relacionar la información proveniente de los censos de población y vivienda con los mapas de cambio de uso del suelo y el de división municipal. Pero, al no contar con un mapa oficial de municipios y existir gran diferencia entre los mapas existentes, variables demográficas tan importantes como la densidad de población, a nivel municipio, son sólo aproximaciones.

## CONCLUSIONES

El territorio de Oaxaca ha estado dividido desde tiempos históricos en cientos de pequeños

estados. La tenencia de la tierra ha cambiado al paso de sucesivas conquistas generando muy diversas divisiones territoriales, cambios en los nombres de pueblos, ríos, montañas, accidentes geográficos, así como cambios en la distribución de la población y sus relaciones económicas, sociales y políticas.

Desde la llegada de los españoles existió una población indígena mayoritaria, que se ha resistido a desaparecer, adaptándose a las transformaciones impuestas en la Colonia y en la época actual (Winter *et al.*, 1988). Los constantes conflictos por límites entre comunidades tienen su origen en la forma en la que los señoríos prehispánicos defendieron sus territorios, reafirmando su autoridad y la identidad del grupo; de ahí también la permanencia de fuertes cacicazgos que, a diferencia de otros estados, no desaparecieron durante la Colonia e incluso en el siglo XIX se fueron transformando y adaptando a las nuevas condiciones.

Por el histórico patrón de poblamiento disperso y la gran diferencia existente en el tamaño de los municipios, el Distrito como unidad territorial ha jugado un importante papel en la administración de la entidad.

En Oaxaca la división espacial interna se ha visto modificada desde la época prehispánica hasta nuestros días, de tal suerte que su reconstrucción histórica es indispensable para la evaluación de unidades espaciales equivalentes, de las cuales se puedan realizar comparaciones de datos estadísticos. Hasta la fecha se carece de un mapa de división municipal oficial que registre la superficie real de cada municipio, y falta cotejarlos con la información de la Secretaría de la Reforma Agraria y los mapas generados recientemente por esta Secretaría, en conjunto con el INEGI, para regularizar la tenencia de la tierra a través del PROCEDE.

En la próxima integración territorial que se realice para actualizar el material cartográfico y el inventario de localidades y municipios del país, y por supuesto del estado de Oaxaca, sería conveniente que se retomaran las aportaciones proporcionadas por el IGg en cuanto a la propuesta de etiqueta por distrito y municipio, se



estandarizaran las claves de los municipios, de las AGEB's y se corrigieran los límites de las AGEB's, de tal manera que la división territorial permita dar seguimiento a las estadísticas oficiales del país e integrar la información temática (geología, suelo, vegetación, clima, etc.) generada por la Dirección de Geografía del mismo INEGI.

El mapa de división municipal de Oaxaca 1990 se elaboró con el apoyo económico brindado por la CONABIO y sirvió de base para la elaboración a nivel municipal de los siguientes mapas, entregados en formato digital con su correspondiente base de datos a la CONABIO: Regionalización ecológica de Oaxaca, Población hablante de lengua indígena de Oaxaca, Niveles de bienestar de los municipios de Oaxaca, Porcentaje de viviendas que usan leña en los municipios de Oaxaca, División estatal de

Oaxaca y División distrital de Oaxaca. Estos mapas pueden consultarse en la CONABIO así como en las instalaciones del Instituto de Ecología de la UNAM, en Morelia. De considerarse importante su uso en otros proyectos pueden solicitarse copias a los autores

## AGRADECIMIENTOS

A los doctores Víctor Toledo, Omar Masera y Gerardo Bocco y al biólogo Benjamín Ordóñez, se les agradece la lectura y sugerencias para mejorar este documento. Al ingeniero Francisco Garza y al personal técnico de INTERGRAPH, el apoyo técnico brindado en el manejo del sistema de información geográfica. A los árbitros anónimos designados por el Editor de esta revista, la revisión del manuscrito y sus oportunos comentarios.

## REFERENCIAS

Acuña, R. (1984; ed.), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Antequera*, tomos I y II, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Serie Antropológica 54, UNAM, México.

Álvarez, L. R. (1994), *Geografía general del estado de Oaxaca*, Carteles editores, Oaxaca, México.

Bartolomé, M. A. y A. M. Barabas (1990), "La pluralidad desigual en Oaxaca", en Bartolomé, M. A. y A. M. Barabas (coords.), *Etnicidad y pluralismo cultural: la dinámica étnica en Oaxaca*, Conaculta, Dirección General de Publicaciones, México, pp 15-95.

Cea Herrera, M. E., M. A. del Valle Ángeles y L. Godínez (1989), *Cartas de división municipal*, escala 1:1 000 000, Instituto de Geografía, UNAM (inédito).

Commons, A. (1981), *Las Intendencias de Nueva España*, Tesis Doctor en Historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

Chance, J. K. (1990), "La dinámica étnica en la Oaxaca colonial", en Bartolomé, M. A. y A. M. Barabas (coords.), *Etnicidad y pluralismo cultural: la dinámica étnica en Oaxaca*, Conaculta, Dirección General de Publicaciones, México, pp. 145-172.

Del Valle Ángeles, M. A. e I. Escamilla Herrera (1991), *Carta Base Municipal*, versión digital, 1980, en

INEGI, Dirección General de Geografía, *Memorias de la Primera Convención Nacional de Productores y Usuarios de Información Geográfica*, CPUIG, noviembre de 1989, vol. II, Aguascalientes, México, pp. 279-285.

Gerhard, P. (1986), *Geografía histórica de la Nueva España 1519-1821*, Instituto de Investigaciones Históricas-Instituto de Geografía, UNAM, México.

INEGI (1992), *División municipal de las entidades federativas, XI Censo General de Población y Vivienda 1990*, INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI (1993), *XI Censo General de Población y Vivienda, 1990*, INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI (1993), *Sistema para la consulta de información censal (SCINCE)*, INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI (1994), *Los cien primeros años de la Dirección General de Estadística*, INEGI, Aguascalientes, México.

Ministerio de Fomento (1898), *Censo General de la República Mexicana, estado de Oaxaca, 1895*, Dirección General de Estadística, México.

Lemoine Villicaña, E. (1954), *Ensayo de división municipal del estado de Oaxaca en 1950*, Yan vol. 2, núm. 1.

- Moncada, J. O. e I. Escamilla (1993), "Cartografía indiana e hispánica", *Ciencias*, 29:27-34, México.
- SIC, Dirección General de Estadística, Departamento Técnico, Oficina de Representaciones Gráficas y Cartografía (1970), *Estados Unidos Mexicanos. División municipal al 28 de enero de 1970*, Secretaría de Industria y Comercio, México.
- Secretaría de Fomento (1907), *Censo y división territorial del estado de Oaxaca, 1900*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de la Economía Nacional (1930), *Quinto Censo de Población, estado de Oaxaca, 1930*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de la Economía Nacional (1948), *Sexto Censo de Población, estado de Oaxaca, 1940*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de Economía (1950), *Séptimo Censo General de Población, estado de Oaxaca, 1950*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de Industria y Comercio (1963), *VIII Censo General de Población, 1960, estado de Oaxaca*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de Industria y Comercio (1971), *IX Censo General de Población, 1970, estado de Oaxaca*, Dirección General de Estadística, México.
- Secretaría de Gobernación, Gobierno del estado de Oaxaca (1988), *Los municipios de Oaxaca*, Colec. Enciclopedia de los municipios de México, México.
- SPP (1981), *Cartografía geoestadística de México*, Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- SPP-INEGI (1984), *X Censo General de Población y Vivienda, 1980, estado de Oaxaca*, Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI, México.
- Vidal Zepeda, R. y J. Rodríguez Rojas (1988), *Carta Base Municipal 1980*, esc. 1:4 000 000, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Winter, M. C., M. de los Á. Romero, L. Reina, M. Esparza y F. J. Ruiz (1988), *Historia de la cuestión agraria mexicana. Estado de Oaxaca*, vols. I y II, Juan Pablos Editores, Gobierno del estado de Oaxaca, UABJ, Centro de Estudios Históricos del Agrarismo en México, México.
- Winter, M. C. (1990), "La dinámica étnica en Oaxaca prehispánica", en Bartolomé, M. A. y A. M. Barabas (coords.), *Etnicidad y pluralismo cultural: la dinámica étnica en Oaxaca*, Conaculta, Dirección General de Publicaciones, México, pp. 99-141.

*Para los antiguos mexicanos espacio y tiempo estaban ligados y formaban una unidad inseparable. A cada espacio, a cada uno de los puntos cardinales, y al centro en que se inmovilizaban, correspondía un "tiempo" particular. Y este complejo de espacio-tiempo poseía virtudes y poderes propios, que influían y determinaban profundamente la vida humana.*

*Nosotros disociamos espacio y tiempo, meros escenarios que atraviesan nuestras vidas.....*

*Octavio Paz, 1950*

## Capítulo 4

# CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL Y EL USO DEL SUELO EN UN TERRITORIO DE ALTA DIVERSIDAD BETA: EL CASO DE OAXACA, MÉXICO, 1970-2000

Ma de Jesús Ordóñez<sup>º</sup>, Omar Masera, Víctor Toledo,  
José Antonio Benjamín Ordóñez y Laura Luna.

### RESUMEN

Se analiza el proceso de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo del estado de Oaxaca, México, para el periodo 1970-2000. Se revisa la cartografía histórica, se señalan los problemas para comparar las leyendas y se propone una tabla de equivalencias que incorpora la leyenda aplicada en este trabajo. Se presentan cinco mapas de cobertura vegetal y uso del suelo de la entidad: el potencial, el de 1970, el de 1980, el de 1990 y el de 2000. Por la metodología aplicada en las cartas históricas, el mapa de 1970 puede compararse con el de 1990 y a su vez el de 1980 con el del 2000. Se estima que de 1970 a 1990 se transformaron 389 mil ha de la cobertura vegetal del estado de Oaxaca, mientras que de 1980 al 2000, se modificaron 250 mil ha. Se señalan las superficies transformadas por tipo de vegetación así como sus probabilidades de transición a otros usos del suelo. Adicionalmente se muestran los contenidos de carbono total estimados por hectárea para cada una de las clases de cobertura vegetal y uso del suelo en los diferentes periodos evaluados.

---

<sup>º</sup> Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias CRIM-UNAM  
[mordonez@correo.crim.unam.mx](mailto:mordonez@correo.crim.unam.mx)

## **Cambio en la cobertura vegetal y de uso del suelo en un territorio de alta diversidad beta: el caso de Oaxaca, México, 1970-2000**

Ma de Jesús Ordóñez<sup>º</sup>, Omar Masera, Víctor Toledo,  
José Antonio Benjamín Ordóñez y Laura Luna.

### **Introducción:**

En el ámbito mundial, se ha reconocido la diversidad biológica de México al ubicarlo dentro de los diez países megadiversos, los cuales ocupan una cuarta parte de la superficie de la Tierra y concentran cerca del cincuenta por ciento de la riqueza y diversidad florística y faunística del planeta (Toledo, 1988; Mittermier, 1990 y 1998; CONABIO, 2002). En cuanto a las comunidades vegetales, en México se presentan prácticamente todos los grandes tipos de vegetación que se conocen en nuestro planeta. Se estima que en el país existen aproximadamente 30,000 especies de plantas ubicándolo entre los primeros lugares en el mundo en cuanto a riqueza vegetal se refiere, con alrededor de 220 Familias y 2410 Géneros de plantas vasculares (Rzedowski, 1978 y 1992; Toledo, 1988; Toledo y Ordóñez, 1993).

En México, Oaxaca es considerada la entidad número uno en cuanto a riqueza y diversidad biológica del país. Su territorio concentra alrededor del 30% de la riqueza florística de la República; más del 50% de la riqueza faunística de vertebrados y registra un elevado número de endemismos (Flores y Gerez, 1988 y 1994).

En el ámbito nacional, se han realizado numerosos estudios para evaluar la cobertura vegetal de México, cuantificar los volúmenes maderables disponibles; estimar la tasa de

---

<sup>º</sup> Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias CRIM-UNAM  
[mordonez@correo.crim.unam.mx](mailto:mordonez@correo.crim.unam.mx)

pérdida de la cobertura vegetal y los usos a los cuales cambian las superficies antes forestadas (Leopold, 1950; West, 1964; Wagner, 1964; Flores Mata, 1971; Rzedowski, 1978; INEGI, 1980, 1994 y 2000; SARH, 1960, 1985, 1991 y 1994; Palacios *et al.*, 2000; FAO, 1981, 1990, 1997, 1999 y 2001; Masera *et al.*, 1992 y 1997).

A nivel estatal, la cobertura vegetal de Oaxaca, también ha sido estudiada desde el S XIX (Conzatti, 1926; COTECOCA, 1980; SARH, 1985, 1991 y 1994; INEGI, 1980 y 1985; Flores y Manzanero, 1985; Lorence y García, 1989; Gob. de Oaxaca, 1990; López Paniagua, 1992; SERBO, 1992, 1994 y 1995; Acosta *et al.*, 1993; Bojorquez *et al.*, 1994). Sin embargo, tanto para los estudios nacionales como estatales, los enfoques, criterios y metodologías aplicadas han sido muy diversos. Se han generado más de mil términos para describir la cobertura vegetal del país y numerosas leyendas a diferentes escalas, de tal suerte que los resultados obtenidos difícilmente pueden ser comparados entre sí.

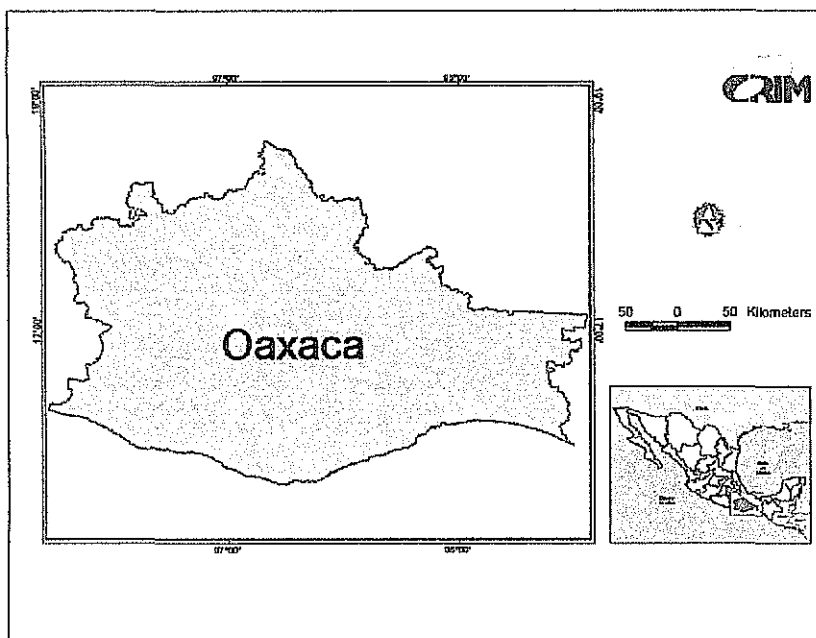
En 1997, Masera y colaboradores publican el primer estudio a nivel país para estimar la pérdida de cobertura forestal y cuantificar las emisiones de carbono producto de la deforestación. Reportan una superficie de 668,000 ha deforestadas al año debido principalmente al cambio de uso del suelo por la explotación forestal y los incendios. Identifican a las entidades federativas del centro y sureste del país como las de mayor cambio. El estudio señaló la falta de información confiable, actualizada y comparable que permitiera dar seguimiento al cambio en la cobertura y uso del suelo del territorio nacional. Así mismo sugirió el establecimiento de un programa de seguimiento de la cobertura vegetal que permitiera identificar los patrones de cambio y sus tendencias con el fin de evaluar el impacto de las actividades que promueven el cambio en la cobertura vegetal en México.

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo general, evaluar el cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del estado de Oaxaca con el fin de obtener información actualizada y confiable que permita estimar las tasas de cambio tanto en la cobertura vegetal como en el uso del suelo e identificar patrones de deforestación y sus tendencias de cambio.

## Descripción del área de estudio

El estado de Oaxaca está situado en la parte sur de México, al oeste del Istmo de Tehuantepec. Colinda al este y noreste con los estados de Chiapas y Veracruz, al norte y noroeste con el estado de Puebla, al oeste con el estado de Guerrero y al sur con el océano Pacífico. Se ubica entre los paralelos 15° 40', y 18° 30' de latitud Norte y entre los meridianos 93° 50' y 98° 30' de longitud Oeste (figura 1). Cuenta una extensión de 92,452 km<sup>2</sup>, la cual representa el 4.8% del territorio nacional. Se creó por decreto del Congreso de la Unión el 3 de febrero de 1824. Políticamente está dividido en 30 distritos y 570 municipios (24% de los municipios del país).

Figura 1. Ubicación geográfica de Oaxaca.



La historia natural del estado es muy compleja y se refleja en su intrincada orografía y fisiografía (Centeno, 2002; Ortiz y Hernández, 2002). Su paisaje está constituido mayormente por cadenas montañosas y en menor proporción por lomeríos, valles y cañones (Maldonado Koerdell, 1970; Subdirección Regional de Geografía de Oaxaca, 1988; Ortiz y Hernández, *op cit*).

El abrupto relieve de Oaxaca, atestigua una larga y compleja historia geológica iniciada desde el Precámbrico y continuada en múltiples etapas hasta el presente, forma la segunda columna geológica más completa en todo el territorio mexicano (Centeno, *op cit*). Debido a la confluencia del límite de tres placas continentales, Oaxaca presenta una alta sismicidad y el mayor número de epicentros se han localizado al sur del estado. El área Oaxaqueña geofísica y geológica desborda los límites norte, sur, este y oeste, de la entidad, ya que, muchos rasgos estructurales y dinámicos abarcan porciones de los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Guerrero (Maldonado Koerdell, *op cit*).

El estado presenta un marcado gradiente altitudinal que permite la presencia de cinco zonas térmicas y una marcada diferencia en la distribución y cantidad de precipitación. La combinación de estos factores da origen a tres grupos climáticos: los cálidos húmedos y subhúmedos (A); los secos semiáridos, áridos y muy áridos (B) y los templados húmedos y subhúmedos (C) (García, 1964; INEGI, 1985) y seis grandes tipos de suelo: Regosoles, Litosoles, Cambisoles, Acrisoles, Luvisoles y Feozem (S.P.P, 1980; INEGI,1985).

Oaxaca se ha considerado, como una de las entidades más importantes a nivel nacional, con vocación forestal por las superficies reportadas en diferentes inventarios (SARH, 1985, 1991, 1992, 1994 y 2001). El 80% de la superficie de la entidad pertenece a comunidades y ejidos.

## **Metodología**

El presente trabajo se inició con la recopilación de mapas de cobertura vegetal y uso del suelo elaborados por diferentes instancias de gobierno y publicados para la entidad. Se obtuvieron tres mapas. El más antiguo fue el del inventario forestal de Oaxaca, publicado por la SARH en 1985, con información de 1970. Dos mapas de cobertura vegetal y uso del suelo, el primero, elaborado enteramente por el INEGI, con información de 1980 y publicado en 1985 y el segundo, elaborado por el Instituto de Geografía de la UNAM, en colaboración con INEGI, con información del 2000. Se analizaron los enfoques, criterios y clasificaciones empleadas en la elaboración de las cartas. La leyenda de la SARH identifica cinco formaciones vegetales en las que clasifica la cobertura vegetal de Oaxaca. Los mapas de INEGI presentan la cobertura vegetal agrupada en 54 tipos de vegetación con sus



correspondientes etapas sucesionales: herbácea, arbustiva y arbórea. Estas diferencias en las clasificaciones no permiten una comparación directa de la cobertura vegetal. Por lo anterior, se desarrolló una propuesta de leyenda jerárquica, relacional e inclusiva a partir de la cual se elaboró una tabla de equivalencias que permitiera estimar y comparar, la cobertura vegetal y el uso del suelo reportado en los diferentes mapas (tabla 1). Esta leyenda también se aplicó en la generación del mapa de vegetación potencial y en el procesamiento de seis imágenes LANDSAT TM, a partir de las cuales se obtuvo el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de 1990.

Se obtuvieron cinco mapas de cobertura vegetal para 1970, 1980, 1990 y 2000. Se incorporaron en formato digital a un sistema de información geográfica. Para cada mapa se cuantificaron las superficies por tipo de cobertura y uso del suelo. Se estimó la tasa de cambio de la cobertura vegetal y el uso del suelo de la entidad, así como las probabilidades de transición de las principales clases de cobertura vegetal y uso del suelo, esto último con la construcción de matrices de markov. Finalmente se cuantificó el contenido de carbono para cada tipo de vegetación.

## **Resultados**

La vegetación como cobertura es un componente del paisaje, es considerada como la síntesis de procesos biogeográficos, geológicos y ambientales (Toledo y Ordóñez, 1993). Es un indicador de la distribución de la riqueza y diversidad biológica. Sin embargo, es un elemento altamente dinámico que presenta variaciones en el espacio y en el tiempo, en composición, estructura y distribución.

En México se han empleado numerosas clasificaciones para evaluar la cobertura vegetal. Los criterios más empleados consideran aspectos de composición florística, estructura fisonómica y aspectos ecológicos. Las diferencias en el número de clases presentadas en cada mapa, no permiten una comparación inmediata entre ellos. Es necesario realizar un procesamiento previo de reclasificación para poder establecer unidades comparables.

Tabla 1. Clasificaciones de vegetación empleadas en los mapas históricos de Oaxaca y su equivalencia con la leyenda empleada en este trabajo.

SARH, 1985		INEGI, 1985		INVENTARIO FORESTAL NACIONAL 2000		Leyenda este trabajo	
Grupos	Tipos de Vegetación	Formación	Formación	Tipo de Vegetación y uso del suelo	Formación	Formación	
Agropecuario	Agropecuario	6. Agricultura	i. Cultivos	1. Agricultura (riego y humedad) 2. Agricultura (temporal) pastizal cultivado 3. Plantaciones forestales	Agropecuario	Agropecuario	
Bosques	Coníferas	1. Bosques	II. Bosques	4. Coníferas		Bosques húmedos y subhúmedos	
	Latifoliadas			5. Coníferas-latifoliadas 6. Latifoliadas 7. Mesófilo de montaña			
Selvas	Selva alta	2. Selvas	III. Selvas	8. Perennifolia y subperennifolia		Selvas húmedas	
	Selva mediana						
	Selva baja						
Agropecuario	Pastizal	3. Pastizales	V. Pastizal	9. Caducifolia y subcaducifolia 12. Pastizal		Selvas subhúmedas	
	Matorrales	4. Matorrales	IV. Matorral	11. Matorral xerófilo 10. Mezquital		Pastizal Matorral	
Otros tipos	Chaparral	5. Otros t. V.	VII. Otros tipos Vegetación	14. Otros tipos vegetación		Vegetación acuática y costera	
	Manglar Playas y dunas costeras Vegetación hidrófila		VI. Vegetación hidrófila	13. Vegetación hidrófila 15. Areas sin vegetación aparente		suelo descubierto	
Areas perturbadas	Desmontes Acahuales Otras áreas perturbadas						
		7. Otros	VIII. Otras coberturas	16. Asentamientos humanos 17. Cuerpo de agua		Asentamientos humanos Cuerpo de agua	

Se encontraron diferencias significativas en los enfoques, los criterios de clasificación y las metodologías empleadas en la elaboración de los mapas analizados en este trabajo. La SARH reconoce la existencia de comunidades vegetales con límites discretos, desarrolla y aplica una leyenda mixta que incorpora elementos de las escuelas forestal y botánica. Su objetivo es realizar un inventario de recursos forestales a partir de la clasificación de las superficies arboladas basándose en su estructura y composición florística, así como por la disponibilidad de volúmenes maderables susceptibles de aprovechamiento forestal. Su clasificación identifica seis formaciones vegetales: bosques de coníferas, latifoliadas, selvas altas y medianas, bajas, y matorrales. Con base en estos criterios agrupan a los bosques y selvas en diferentes zonas de aprovechamiento forestal. Adicionalmente reconoce polígonos bien definidos de áreas abiertas a la producción agrícola, ganadera o forestal y las clasifica en zonas desmontadas, acahualadas, perturbadas y agropecuarias, las cuales no son susceptibles de aprovechamiento forestal inmediato.

La leyenda de INEGI de 1985, muestra dos claras influencias: 1.- la clemenciana que propone la existencia de formaciones vegetales con límites discretos y la existencia del concepto de clímax y etapas serales (Clemens, 1936). Reconocen “asociaciones vegetales que poseen especies propias o una combinación característica de plantas estadísticamente fieles, utilizables como diferenciales, así como peculiaridades ecológicas, biogeográficas, dinámicas e históricas...las asociaciones se ubican en un ámbito ecológico preciso que solo pueden cambiar en el tiempo debido al proceso de la sucesión”, (INEGI, 1985). 2.- la de Miranda y Hernández X (1963), base de su clasificación, identifican sus 32 asociaciones vegetales más 22 asociaciones adicionales que en total suman 54 clases de vegetación y tres variantes de cada una de ellas que representan tres etapas de la sucesión, la herbácea, la arbustiva y la arbórea. Todas ellas agrupadas en cinco formaciones vegetales: Bosques, selvas, pastizales, matorrales y otros tipos de vegetación. Los polígonos de cada clase de vegetación contienen diferentes pantallas de asegurados que representan las etapas sucesionales presentes en cada asociación vegetal. Las pantallas no forman polígonos bien definidos de las áreas cubiertas por las etapas sucesionales, ya que señalan que las etapas serales pueden extenderse sobre áreas muy amplias que incluyen varios tipos de vegetación, o bien, ocupar pequeñas superficies dentro de una sola comunidad. En cuanto al uso del suelo, INEGI reconoce seis tipos de

agricultura y tres clases sin cobertura vegetal. En el mapa del 2000 esta leyenda es modificada. Los 54 tipos de vegetación de 1985 se reagrupan en 45 y se mantienen las cinco formaciones vegetales: Bosques, selvas, pastizales, matorrales y otros tipos de vegetación, conserva las mismas clases de uso del suelo agrícola y se añade la clase uso urbano.

Las dos clasificaciones reconocen a las formaciones vegetales de bosques, selvas, pastizales, matorrales y otros tipos de vegetación como la categoría de clasificación más general. Sin embargo, los criterios para delimitar los polígonos son completamente diferentes. La SARH clasifica como polígonos de bosques y selvas solo a aquellas comunidades forestales maduras que presentan una estructura y composición vegetal susceptible de un aprovechamiento forestal potencial. Es decir, no incluye a las etapas sucesionales en estos polígonos forestales. Esta es sin lugar a dudas la mayor y más importante diferencia identificada con relación a los polígonos de los mapas de INEGI. Estos últimos constituyen una mezcla de diferentes calidades, edades y estructuras de los tipos de vegetación reconocidos en su clasificación y la suma de sus respectivas etapas sucesionales.

La tabla de equivalencias permitió agrupar las clases de los diferentes mapas en clases más generales, pero finalmente no son completamente comparables entre sí. Por lo anterior, se decidió elaborar el mapa de 1990 aplicando el criterio de la SARH. De esta manera fue posible comparar dos series. El mapa de 1970 de la SARH, con el mapa de 1990 así como el mapa de INEGI de 1980 con el mapa del Instituto de Geografía del 2000.

La escala a la cual se pudo comparar tanto la información histórica como la actual fue 1:250,000. A esta escala, la unidad mínima de mapeo son los polígonos de 1 mm<sup>2</sup>, los cuales representan una extensión de 25 ha en el terreno. A esta escala es posible delinear los bordes de tipos de vegetación bien definidos, pero otros, son difíciles de identificar al encontrarse entre áreas de vegetación con cambios estructurales o con amplios gradientes de transición.

La tabla 1 presenta la leyenda empleada en este estudio que incluye cinco formaciones vegetales posibles de identificar en los mapas de la SARH y del INEGI, las cuales son: selvas altas y medianas perennifolias (selvas húmedas), selvas bajas caducifolias (selvas

subhúmedas), bosques de pino-encino (húmedos y subhúmedos), matorrales y vegetación acuática y costera. Son clases muy generales, de amplia cobertura; contienen mezclas estructurales ya que incorporan mosaicos de diversos tipos de vegetación (Toledo y Ordóñez, 1993). También se identificaron tres clases de uso del suelo como la agrícola que agrupa los seis subtipos de agricultura descritos por el INEGI (1985, 2000); la clase pecuaria, la cual describe los pastizales inducidos para la cría de ganado; y finalmente, la clase suelo urbano. Del ambiente abiótico se identificaron las clases de suelo desnudo, en el que se clasifican áreas sin cobertura vegetal y playas arenosas, y la clase cuerpo de agua incluye, cuerpos de agua continentales naturales (lagos) e inducidos (presas).

Finalmente se obtuvieron cinco mapas de cobertura vegetal y uso del suelo de la entidad: el potencial, el de 1970, el de 1980, el de 1990 y el de 2000. Por la metodología aplicada en las cartas históricas, el mapa de 1970 se comparó con el de 1990 y a su vez el de 1980 con el del 2000. En el presente trabajo la deforestación se define como la remoción o pérdida de la cobertura forestal en un área determinada que puede o no relacionarse con cambios en el uso del suelo.

### **Dinámica de la cobertura vegetal y cambio en el uso del suelo**

A finales del Pleistoceno el territorio de Oaxaca ya presentaba la fisonomía que hoy le caracteriza. El clima del planeta se ha mantenido relativamente “estable” en los últimos 10,000 años. Por lo anterior, para la elaboración del mapa de vegetación potencial se asumió que la vegetación pudo haberse distribuido en los mismos intervalos de altitud, precipitación y temperatura en los que actualmente se distribuye, y se extrapoló a las zonas abiertas a diferentes uso del suelo o sin vegetación (figura 2). Como resultado, la cobertura vegetal de Oaxaca pudo haberse distribuido de la siguiente manera, 52 % con bosques de pino encino, 20% de selvas altas y medianas perennifolias; 26% de selvas bajas caducifolias; 1% de matorral y 1% de vegetación acuática y costera.

## COBERTURA POTENCIAL DE OAXACA

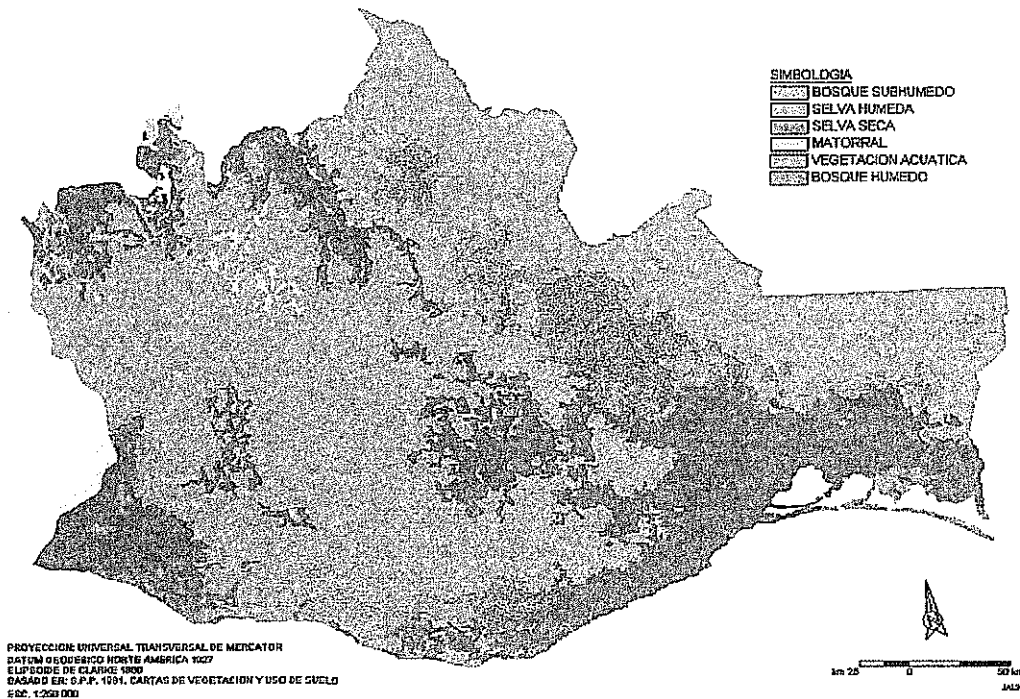
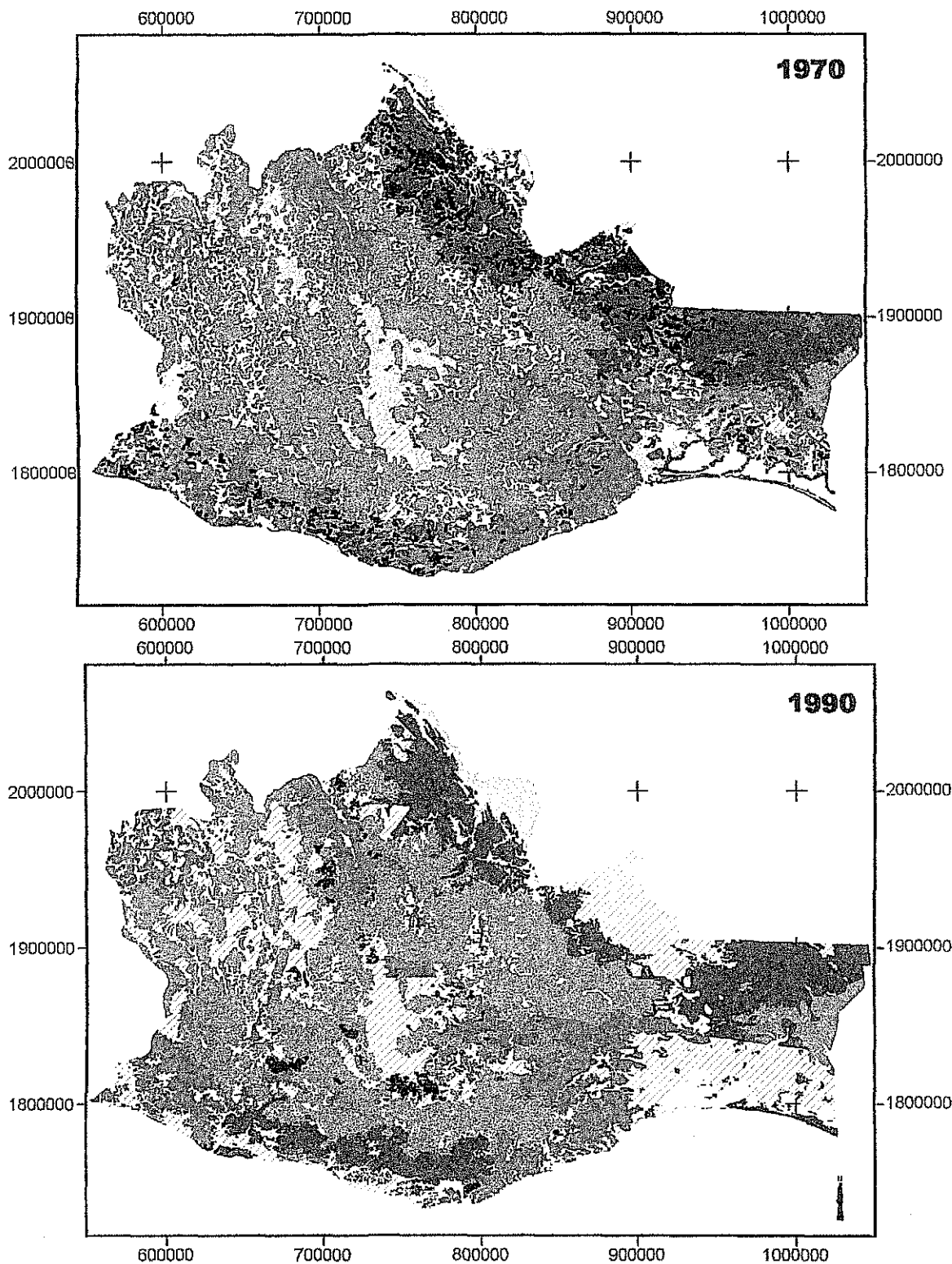


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal potencial de Oaxaca.

Las figuras 3 y 4 muestran los mapas de 1970, 1980, 1990 y 2000. El mapa de cobertura vegetal de 1970 de la SARH registra 5% de superficie forestal menor que el mapa de INEGI de 1980, y lo mismo sucede al comparar los mapas de 1990 y 2000. Esto puede deberse a una sobreestimación de la cobertura forestal por los criterios de clasificación ya mencionados o debido a procesos de regeneración natural. En caso de tratarse de una sobreestimación, el 5% de superficie forestal adicional reportado en los mapas de 1980 y 2000 podría corresponder a las superficies de bosques y selvas que ya se han abierto y se encuentran en alguna de las tres etapas de sucesión consideradas por INEGI.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3. Vegetación de Oaxaca 1970 y 1990



Clases

- |  |                           |  |                               |
|--|---------------------------|--|-------------------------------|
|  | Agrícola                  |  | Pastizal natural y cultivado  |
|  | Agropecuario              |  | Salinera                      |
|  | Asentamientos humanos     |  | Selva húmeda                  |
|  | Bosque húmedo y subhúmedo |  | Selva subhúmeda               |
|  | Cuerpo de agua            |  | Suelo desnudo                 |
|  | Matorral                  |  | Vegetación acuática y costera |
|  | Nube                      |  |                               |

0 20 40 60 80 100 km

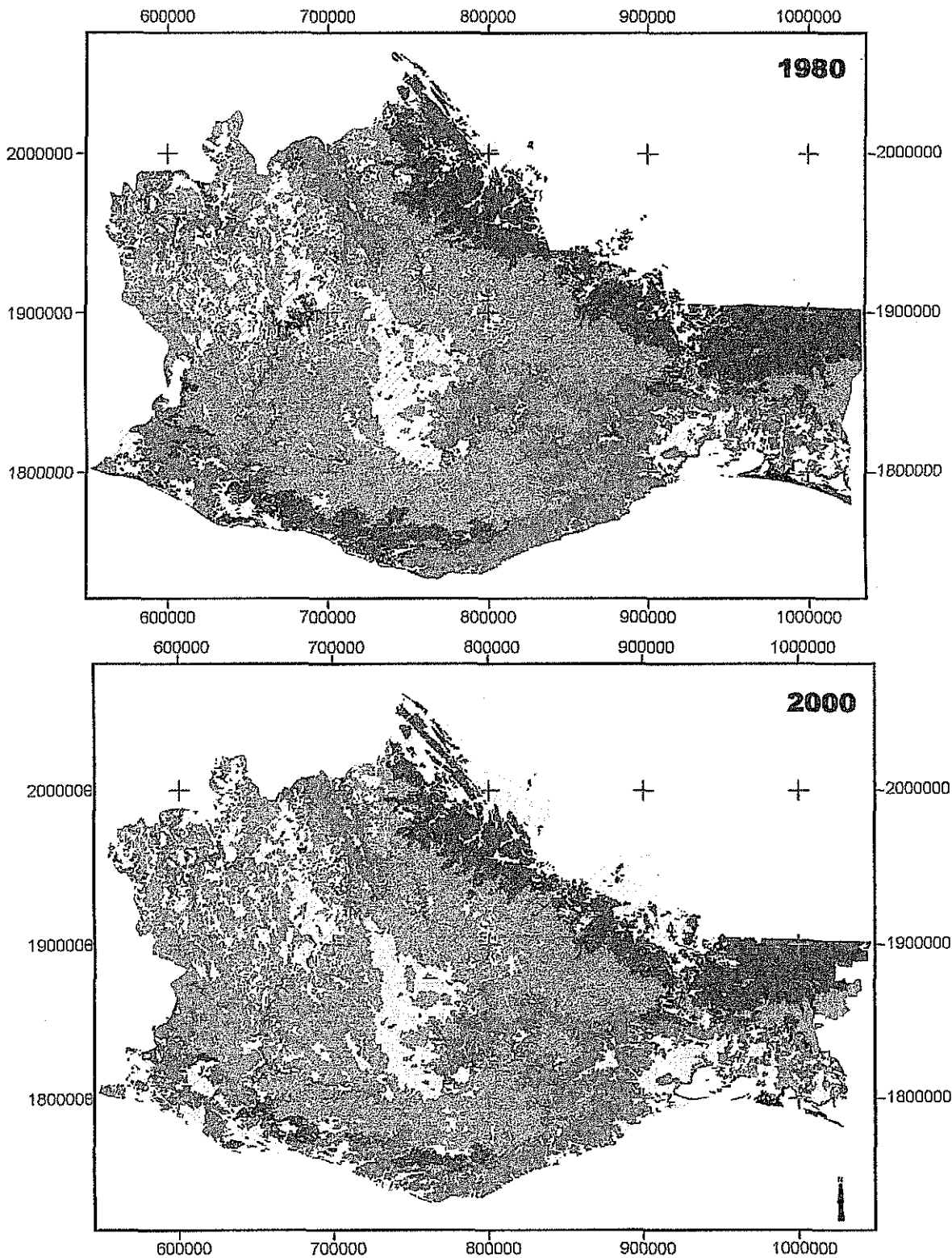
Fuentes:

- 1970, SARH. 1975. Inventario Nacional Forestal Oaxaca.
- 1990, Imagen de Satélite Landsat TM. 1993

Proyección: Universal Transversa de Mercator  
 Elipsoide: Clarke de 1866  
 Datum: Norteamericano de 1927

Elaboró: Claudia Aguilar Zúñiga

Figura 4. Vegetación de Oaxaca 1980 y 2000



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Clases

- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Agrícola                  | Pastizal natural y cultivado  |
| Agropecuario              | Salinera                      |
| Asentamientos humanos     | Selva húmeda                  |
| Bosque húmedo y subhúmedo | Selva subhúmeda               |
| Cuerpo de agua            | Suelo desnudo                 |
| Matorral                  | Vegetación acuática y costera |
| Nube                      |                               |



Fuentes:

- 1980, INEGI. 1985. *Cartas de Vegetación y uso del suelo* escala 1:250 000.
- 2000, IG-UNAM. 2000. *Inventario Nacional Forestal*.

Proyección: Universal Transversa de Mercator  
 Elipsoide: Clarke de 1866  
 Datum: Norteamericano de 1927

Elaboró: Claudia Aguilar Zúñiga





## Cambio en la cobertura vegetal

Entre 1970 y 1990 se estima que se transformaron 389 mil ha de cobertura vegetal, mientras que de 1980 al 2000, se modificaron 250 mil ha (figuras 5 y 6; tablas 2 y 3).

Figura 5. Cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, potencial, 1970 y 1990.

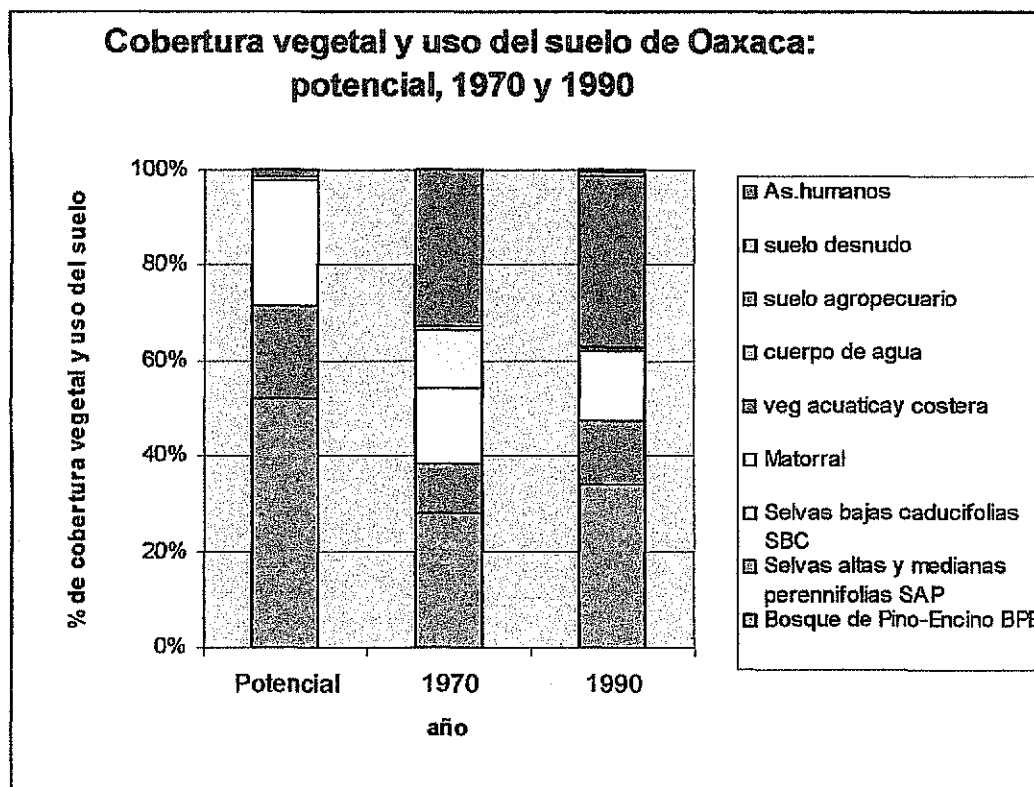


Tabla 2. Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo de Oaxaca, 1970-1990.

Tipo de vegetación	Potencial	1970	1990	TC7-9
Bosque de Pino-Encino	4.8	2.59	3.13	0.96
Selvas altas y medianas perennifolias	1.8	0.94	1.24	1.38
Selvas bajas caducifolias	2.4	1.50	1.36	-0.48
Matorral	0.1	1.11	0.02	-18.64
vegetación acuática y costera	0.1	0.01	0.03	3.87
cuerpo de agua		0.05	0.05	0.20
suelo agropecuario		3.04	3.28	0.38
suelo desnudo		0.01	0.10	16.22
Asentamientos humanos			0.03	
Total	9.2	9.24	9.24	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6. Cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, 1980 y 2000.

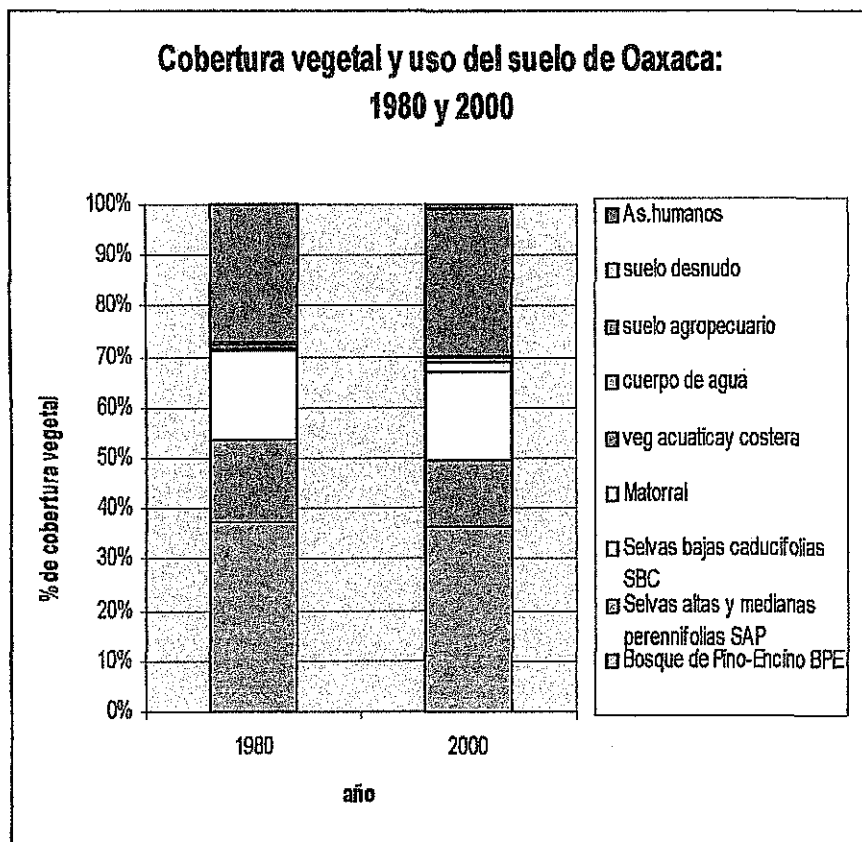


Tabla 3. Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo de Oaxaca, 1980-2000.

Tipo de vegetación	Potencial	1980	2000	TC8-0
Bosque de Pino-Encino	4.8	3.45	3.39	-0.09
Selvas altas y medianas perennifolias	1.8	1.49	1.21	-1.06
Selvas bajas caducifolias	2.4	1.63	1.63	-0.01
Matorral	0.1	0.05	0.14	4.95
vegetación acuática y costera	0.1	0.07	0.08	0.38
cuerpo de agua		0.04	0.07	3.02
suelo agropecuario		2.49	2.67	0.35
suelo desnudo		0.01	0.03	3.97
Asentamientos humanos		0.01	0.04	11.30
Total	9.2	9.24	9.24	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Periodo 1970-1990

En este periodo, los bosques se incrementaron 0.54 millones de ha, las selvas húmedas ganaron 0.30 millones de ha, mientras que las selvas subhúmedas perdieron 0.14 millones de ha y los matorrales decrecieron 0.9 millones de ha. El incremento de bosques y selvas húmedas podría explicarse porque la SARH realizó su levantamiento en 1970 captando el efecto de la deforestación realizada por las empresas forestales después de un periodo de 25 años de funcionamiento en la entidad. La década de los 80 se caracterizó por una baja extracción maderable tanto por cuestiones políticas como financieras. Coincide con la lucha iniciada por las comunidades indígenas por apropiarse de sus bosques y selvas y su inicio en la organización de empresas forestales comunitarias. Durante estos veinte años pudo haberse promovido la regeneración que en términos de superficie resultan en los incrementos ya mencionados. La superficie agropecuaria se incrementó 0.24 millones de ha. Cabe destacar que el mapa de 1970 no registra la superficie urbana que ya en 1990 suma 0.03 millones de ha.

## Periodo 1980-2000

Los bosques disminuyen en 0.6 millones de ha, las selvas húmedas se reducen 0.29 millones de ha; las selvas subhúmedas no registran cambio y los matorrales se incrementan en 0.9 millones de ha. El suelo abierto a las actividades agropecuarias crece 0.18 millones de ha, de igual manera, las áreas urbanas se incrementan en 0.04 millones de ha.

## **Probabilidades de transición para las diferentes clases**

Con base en los datos obtenidos en las matrices de transición, al analizar las superficies de cada uno de los diferentes tipos de cobertura vegetal y uso del suelo, para los diferentes periodos de comparación, se obtuvieron las tasas de cambio anual, expresadas en porcentajes de transición y reportadas en forma de grafo (figuras 7 y 8) para cada uno de los periodos sugeridos en el análisis (1970-1990 y 1980-2000), de donde se desprende lo siguiente:

## Periodo 1970 – 1990

El bosque presentó una dinámica muy particular, su superficie se incrementó a razón del 1% anual, comportamiento similar al observado en la selva alta que creció a una tasa del 1.4% anual. Los matorrales y el suelo desnudo sin duda fueron las clases que registraron el mayor incremento en el periodo observado con una tasa de crecimiento del 18.6% y 16.2% respectivamente. La vegetación acuática y costera aumenta su superficie en un 3.9%, el suelo agropecuario creció 0.2% y los cuerpos de agua incrementaron su superficie en un 0.4%, debido al establecimiento de presas, mientras que las selvas bajas pierden 0.48% de su superficie.

## Periodo 1980 – 2000

Los asentamientos humanos ganan superficie en un 11.3%, el matorral incrementa su superficie en un 5%, el suelo desnudo registra un incremento del 4%, los cuerpos de agua también aumentan su superficie a razón de un 3%, y el suelo agropecuario presenta un incremento del 0.4%, por otro lado las clases que presentan reducción en sus superficies son: selvas altas con 1%, bosques con 0.1% y selvas bajas con el 0.01%.

## **Contenido de carbono por tipo de cobertura vegetal y uso del suelo**

Con base en el estudio de Masera *et al.* (2001), se cuantificó el contenido de carbono para las superficies de cobertura vegetal por tipo de vegetación y uso del suelo obtenidas en los diferentes mapas, aplicando la siguiente fórmula: se asignaron valores de densidad de carbono total (carbono contenido en la vegetación+carbono en suelo+carbono en materia en descomposición+carbono almacenado en productos forestales) por tipo vegetación y uso del suelo. La tabla 4 presenta los resultados de multiplicar las superficies de cobertura vegetal por los valores de densidad total adoptados en este trabajo.

Tabla 4: Densidad de Carbono estimado por tipo de vegetación de Oaxaca

Superficie en Mha y tasa anual	CC		1970		1980		1990		2000		CC 2000		TC7-9		SupC7-9		FyAC7-9		TC8-0		SupC8-0	
	MgC/ha	Potencial Mha	Mha	MgC/Mha	Mha	MgC/Mha	Mha	MgC/Mha	Mha	MgC/Mha	Mha	MgC/Mha	% anual	Mha	MgC/Mha	% anual	Mha	MgC/Mha	% anual	Mha	MgC/Mha	
Bosque Pino-Encino	246.50	4.80	1183.2	2.59	637.47	3.45	650.21	3.13	771.14	3.39	835.66	0.96	0.54	133.67	-0.09	-0.06						
Selvas húmedas	305.00	1.80	549	0.94	286.98	1.48	455.44	1.24	377.65	1.21	368.07	1.38	0.30	90.67	-1.06	-0.29						
Selvas subhúmedas	154.00	2.40	369.6	1.50	230.75	1.63	251.21	1.36	209.72	1.63	250.65	-0.48	-0.14	-21.03	-0.01	0.00						
Matorral	80.00	0.10	8	1.11	88.86	0.05	4.24	0.02	1.44	0.14	11.14	-18.64	-1.09	-87.42	4.95	0.09						
veg acuaticay costera	282.00	0.10	28.2	0.01	3.63	0.07	20.09	0.03	7.76	0.08	21.66	3.87	0.01	4.13	0.38	0.01						
cuerpo de agua	n.a.	n.a.	n.a.	0.05	n.a.	0.04	n.a.	0.05	n.a.	0.07	n.a.	0.20	0.00	n.a.	3.02	0.03						
suelo agropecuario	92.00	n.a.	n.a.	3.04	279.30	2.49	228.75	3.28	301.52	2.67	245.37	0.38	0.24	22.22	0.35	0.18						
suelo desmudo	n.a.	n.a.	n.a.	0.01	n.a.	0.01	n.a.	0.10	n.a.	0.03	n.a.	16.22	0.10	n.a.	3.97	0.01						
As.humanos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.01	n.a.	0.03	n.a.	0.04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11.30	0.04						
Total		9.20	2138.00	9.24	1526.99	9.24	1809.94	9.24	1669.23	9.24	1732.54	-0.03	-0.03	142.24		0.01						

Valores de densidad de carbono total tomados de Masera *et al*, (2001) y expresados en MgC/ha: Bosque de Pino-Encino 246.5; Selva húmeda 305; selva subhúmeda 154; matorral 80; vegetación acuática y costera 282; suelo agropecuario 92

Figura 7. Probabilidades de transición para las clases de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, para el periodo comprendido entre 1970 y 1990.

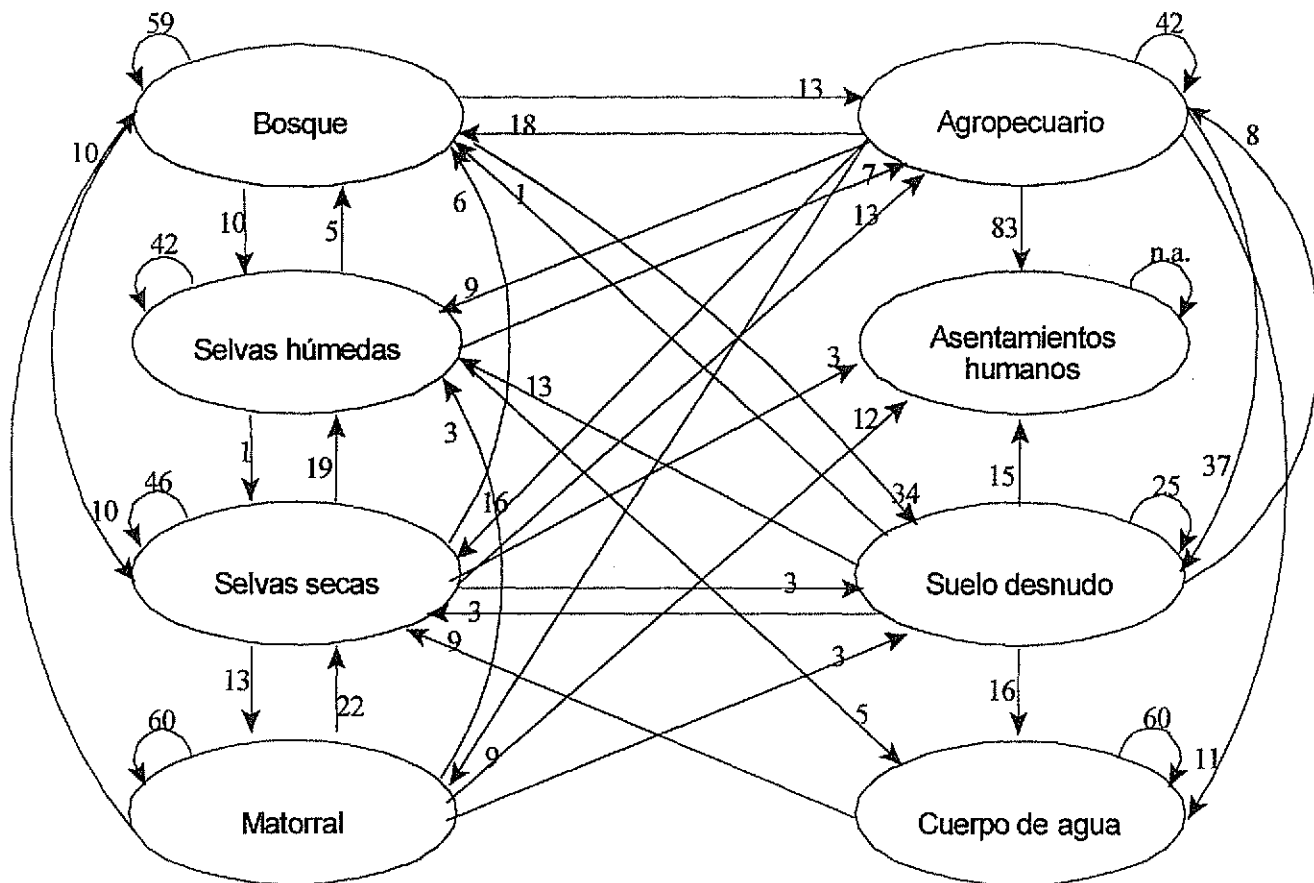
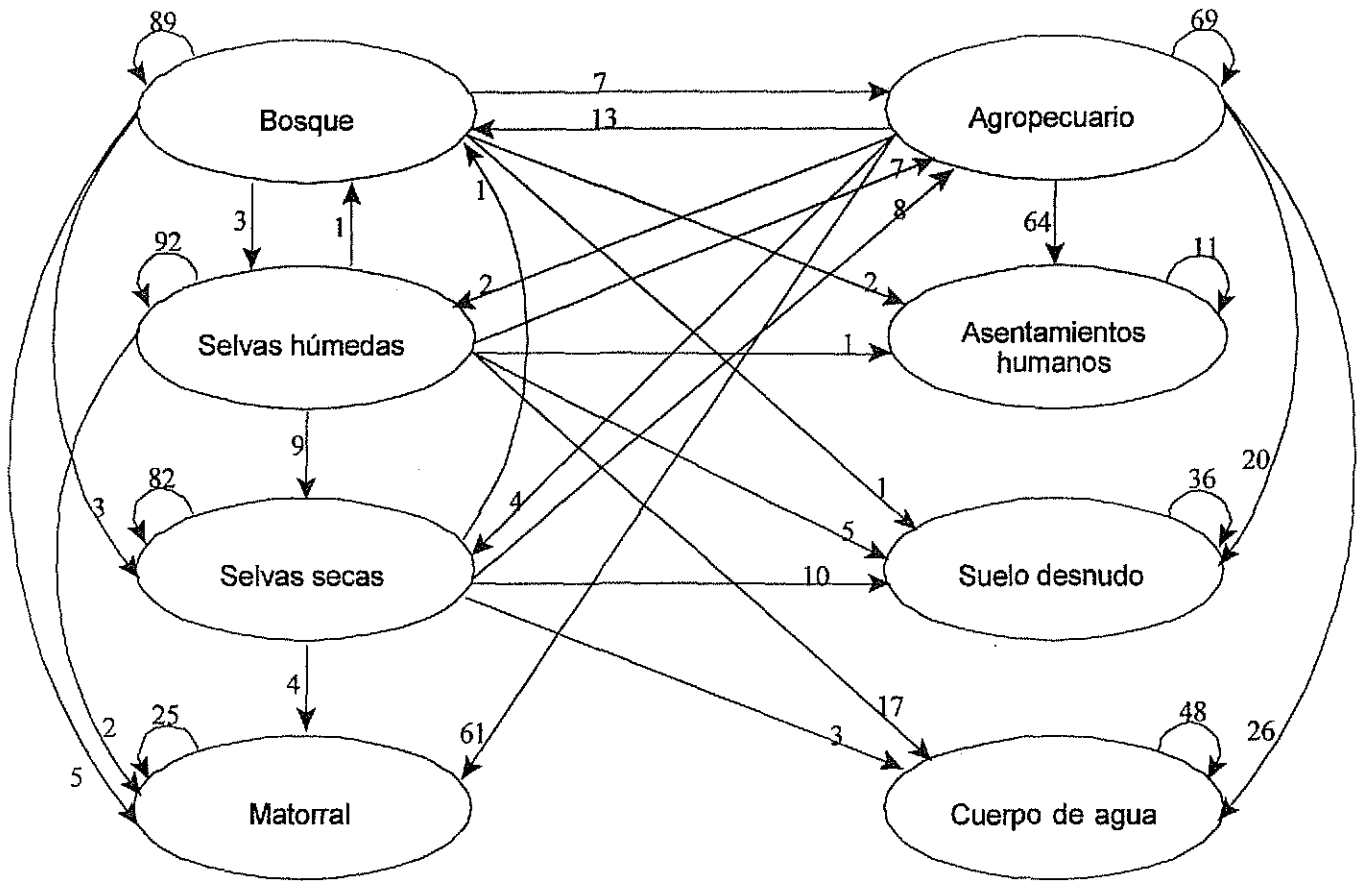


Figura 8. Probabilidades de transición para las clases de cobertura vegetal y uso del suelo de Oaxaca, para el periodo comprendido entre 1980 y 2000.



## Vegetación potencial

El mapa de vegetación potencial estima 4.8 millones de hectáreas de bosques y 4.2 millones de hectáreas de selvas, lo que equivaldría a un almacén de carbono de 1,183 Millones de toneladas de Carbono en bosques y 918 millones de toneladas de carbono en selvas, que sumadas darían un total de 2,101 millones de toneladas de carbono para la entidad.

## Vegetación 1970

En las superficies del mapa de 1970, los bosques alcanzan 2.59 millones de ha y su contenido de carbono equivale a 637 millones de toneladas, mientras que las selvas suman un total de 2.44 millones de ha y representan 517 mill de toneladas de carbono que suman un total de 1,155 millones de toneladas de carbono.

## Vegetación 1980

Para 1980 se registran 3.45 millones de ha de bosques con 850 millones de toneladas de carbono y 3.12 millones de ha de selvas que representan 706 millones de toneladas de carbono. Para esta fecha el almacén de carbono total sería de 1,556 millones de toneladas.

## Vegetación 1990

Los bosques cubren una superficie de 3.13 millones de ha, equivalentes a 771 millones de toneladas de carbono, mientras que las selvas con 2.6 millones de ha representan 587 millones de toneladas de carbono, lo que suma un total de 1,358 millones de toneladas de carbono.



## Vegetación 2000

Los bosques cubrían 3.39 millones de ha con un contenido de 835 millones de toneladas, las selvas ocuparon una superficie de 2.83 millones de ha equivalentes a 618 millones de toneladas, la suma asciende a 1,454 millones de toneladas de carbono almacenados.

Las estimaciones obtenidas para la vegetación potencial de bosques y selvas señalan que la entidad pudo haber almacenado 2,101 millones de toneladas de carbono. En tiempos históricos y en ausencia de alteración de la cobertura vegetal. El registro de la cobertura vegetal de Oaxaca para los últimos treinta años, muestra que la cobertura de bosques y selvas de Oaxaca se ha reducido con relación a la cobertura potencial. Sin embargo, ha mantenido un almacén de carbono promedio de 1,381 millones de toneladas, cantidad que sería equivalente al 66% del potencial. Si estableciéramos opciones de mitigación y tomáramos como base la distribución potencial de bosques y selvas, esto equivaldría a un probable 44% de almacén de carbono equivalente a 720 millones de toneladas de carbono. Este potencial podría ser incorporado a los proyectos de mecanismos de desarrollo limpio. Sin embargo, se requiere de numerosos estudios que permitan hacer un diagnóstico del estado actual de esta superficie ya que actualmente la entidad esta cubierta por un complejo mosaico de diferentes usos de suelo (agrícola, pecuario) y cobertura vegetal de muy diferentes calidades y bajo diferentes grados de alteración, por lo que los datos de contenido de carbono aquí estimados requieren de la cuantificación de carbono existente y potencial a corto, mediano y largo plazo.

### **Flujos y Almacenes de carbono**

Se realizó una comparación del cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo para los periodos 1970–1990 y 1980-2000. Para ello, se utilizaron los valores de las densidades de carbono de las diferentes clases de cobertura vegetal y uso del suelo empleadas por Masera *et al.* (op cit). Se tomó el valor del carbono total ante la ausencia de información sobre la dinámica de pérdida de suelo y biomasa, debido a la conversión.

## Periodo 1970-1990

Los cambios observados para el periodo 1970-1990 registran un incremento de 0.54 millones de ha para bosques que representan 133 millones de toneladas de carbono. Las selvas húmedas se incrementaron 0.30 millones de ha que equivalen a 90 millones de toneladas de carbono. La pérdida de 0.14 millones de selvas subhúmedas corresponden la emisión de 21 millones de toneladas de carbono. El matorral perdió 1.09 millones de ha equivalentes a 87 millones de toneladas de carbono. El suelo agropecuario se incrementó 0.24 millones de ha con un contenido de 22 millones de toneladas de carbono. En resumen, el balance final de este periodo registra una pérdida neta de 0.03 millones de ha en la cobertura vegetal, pero con una ganancia neta en los diferentes almacenes de carbono de 142 millones de toneladas.

## Periodo 1980-2000

En este periodo los bosques presentan una reducción en su superficie de 0.06 millones de ha, con una emisión de 14 millones de toneladas de carbono. La selva húmeda decrece 0.29 millones de ha y pierde 87 millones de toneladas de carbono. El suelo agropecuario se incrementa 0.18 millones de ha que representan 16 millones de toneladas de carbono. En resumen el balance de este periodo registra un incremento de 0.01 millones de ha en la cobertura vegetal y una emisión de 77 millones de toneladas de carbono.

## Discusión y conclusión

El análisis de los enfoques, criterios y metodologías empleadas en la elaboración de los mapas de de 1979, 1980 y 2000 (SARH, 1985; INEGI, 1985; Palacios *et al.*, 2001) muestran importantes diferencias que no permiten una comparación directa entre ellos. Mientras los polígonos de bosques y selvas definidos en el mapa de la SARH contiene comunidades forestales maduras, los polígonos de los mapas de INEGI constituyen una mezcla de diferentes calidades, edades y estructuras de los tipos de vegetación reconocidos en su clasificación y la suma de sus respectivas etapas sucesionales.

Lo anterior explica porqué los mapas de 1980 y 2000 reportan una superficie forestal, 5% mayor a la registrada en los mapas de 1970 y 1990. Es necesario establecer metodologías estándares que permitan hacer un seguimiento de la cobertura vegetal y el cambio en el uso del suelo de manera más explícita.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio podemos observar que durante el periodo 1970-1990 Oaxaca no contribuyó sustancialmente a la deforestación del país, mas bien incrementó las superficies de bosques y selvas de la entidad. Sin embargo para el periodo 1980-2000, las superficies deforestadas de bosques y selvas contribuyeron con el 7.24% de la superficie nacional deforestada, tomando como base la superficie de 804,000 ha anuales reportadas por Masera *et al.* (1997), quienes señalan que para la década de los 80 las entidades del centro y sur del país registraron la mayor tasa de deforestación del país.

Si se asume una tasa lineal de emisión y captura de carbono se puede decir que durante el periodo de 1970 a 1990 el incremento en la superficie de selvas y bosques de Oaxaca, permitió el almacenamiento de 7.1 mill de toneladas de carbono anualmente. Mientras que durante el periodo de 1980 al 2000 el balance fue negativo y aun cuando la deforestación fue menor, la emisión anual de carbono se estimó en 3.85 mill de toneladas.

Las estimaciones de contenido de carbono obtenidas en este trabajo están sujetas a discusión dada la incertidumbre existente en cuanto a la cuantificación del contenido de carbono por tipo de vegetación in situ. Se cuenta con muy pocos estudios de caso que contabilicen el contenido de carbono en los diferentes almacenes, para la cobertura vegetal de México ya que además de ser estudios muy laboriosos, son también muy costosos (ver 1ª y 2ª Comunicación Nacional de México ante el Cambio Climático Global, 2001).

#### Bibliografía:

Beard J.S. 1944. "Climax Vegetation in Tropical America". *Ecology* 25 (2):127-158

Binford L.C.1968. *A preliminary survey of the avifauna of the Mexican State of Oaxaca. Vol. I.* University microfilms International. Ann Arbor. Michigan, USA.

Bojorquez-Tapia L.A., P. Balvanera & A. Cuarón. 1994. "Environmental Auditing. Biological Inventories and Computer Data Bases: Their role in environmental Assessments". *Environmental Management* 18(5):775-785

\_\_\_\_\_, I. Azuara & E. Ezcurra. 1995."Identifying conservation priorities in Mexico through geographic information systems and modeling". *Ecological Applications* 5(1):215-231

Centeno, E. 2002. *Evolución paleogeográfica de Oaxaca*. Manuscrito. Instituto de Geología.UNAM. 21 PP

Clemens, F.E. 1936."Nature and structure of the climax". *J. Ecol.* 24:252-284

Conzatti C. 1926. *Las regiones botánico-geográficas del estado de Oaxaca*. Oaxaca. México. 23 pp

Cruz-Cisneros R. y J.Rzedowski 1980. "Vegetación de la Cuenca del río Tepelmeme, Alta Mixteca, estado de Oaxaca, México". *An. Esc. Nat. Cienc. Biol. Vol. XXII*:19-84

COTECOCA. 1980. *Oaxaca, tomos I y II*. SARH, Subsecretaría de Ganadería, COTECOCA, México. 136 pp.

FAO-UNEP, 1990. *Tropical Forest Resources Assessment Project. Vol. 1*. FAO. Roma. 343 pp.

FAO. 1995. *Forest resources assesment 1990*. FAO forestry paper 124, Roma.

Flores Martínez A. y G.I. Manzanero Medina 1985. *Caracterización de la Vegetación y su relación con el medio abiótico en los municipios de Santiago Nundichi y una porción del sur*

*del municipio de San Juan Numi, Distrito de Tlaxiaco, Oaxaca.* tesis biólogos. ENEP Zaragoza, UNAM. México. 71 pp

Flores Martínez A. y G.I. Manzanero Medina 1990. *Vegetación del estado de Oaxaca.* CIIDIR, I.P.N. Oaxaca.

Flores Mata, G., J. Jiménez López, X. Madrigal Sánchez, F. Moncayo Ruíz, F. Takaki Takaki. 1971. *Tipos de Vegetación de la República Mexicana.* Secretaría de Recursos Hidraulicos. Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. 29 pp.

Flores O. y P. Gerez. 1988. *Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos y Conservación Internacional. México. 300 pp.

Flores O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo.* CONABIO-UNAM. México. 439 pp.

García, E. 1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana).* México, D.F. Offset Larios. 3ª ed. Corregida y aumentada 1988.

García Mendoza A. J. 1983. *Estudio Ecológico-florístico de una porción de la Sierra de Tamazulapan Distrito de Teposcolula, Oaxaca, México.* Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM. 112 pp.

Hernández X. E. 1977. "Vegetación". En: E. Beltran, J.L. Tamayo. *Los Recursos Renovables de la Cuenca del Río Papaloapan.* IMERNAR México, cap VIII 293-405

INEGI. 1980. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación a Escala 1:250,000.* Leyenda y glosario. México. 100 pp.

INEGI. 1985. *Carta Uso del Suelo y Vegetación. Oaxaca E14-9*. Escala 1:250,000. México.

INEGI. 1985. *Carta de Suelo. Oaxaca E14-9*. Escala 1:250,000. México.

INEGI. 1985. *Carta de clima. Oaxaca E14-9*. Escala 1:250,000. México.

Lorence D. & A. García Mendoza. 1989 "The state of floristic inventory of Oaxaca state, Mexico". in *Strategy for inventory of tropical forest. World Wildlife Fund. Floristic Inventory of tropical countries*.

Masera, O.R., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. "Carbon emissions from mexican forests: Current situation and long-term scenarios". *Climatic Change* 35:265-295

Masera O., A. D. Cerón y A. Ordóñez. 2001. "Forestry mitigation options for Mexico: Finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6: 291-312

Miranda F. y E. Hernández X. 1963. "Tipos de Vegetación de México y su clasificación". *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28: 29-179

Ortiz M.A. y J.R.Hernández. 2002. *Fisigrafía y geomorfología de Oaxaca*. Manuscrito. Instituto de Geografía. UNAM. 30 pp.

Palacios J.L. , g. Bocco, A. Velásquez, J.F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J.López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000". *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. UNAM. 43:183-203

Rzedowski J. 1978. *La Vegetación de México*. Limusa. México.

\_\_\_\_\_ 1992. "Vegetación potencial". En: *Atlas Nacional de Geografía. Naturaleza IV.8.2.* I.G. UNAM.

Salas Morales S.H.1990. *Un estudio de vegetación en el municipio de San Juan Mixtepec, Juxtlahuaca, Oaxaca.* Tesis biólogo. E.N.C.B., I.P.N. México, 38 pp.

SARH. 1960. *El Inventario Nacional Forestal.* SARH, México.

SARH. 1985. "Inventario Forestal del Estado de Oaxaca". *SARH, publicación especial No 58.* México. 157 pp.

\_\_\_\_\_. 1991. *Inventario Nacional Forestal de Gran Visión.* Reporte Principal. México. Subsecretaría Forestal. SARH. México 53 pp

\_\_\_\_\_. 1994. *Inventario forestal Periódico.* México 1994. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. SARH. México. 81 pp.

SERBO A.C. 1992. *Análisis de la Vegetación y Uso Actual del Suelo en el Estado de Oaxaca I Costa y Sierra Sur.* SERBO, A.C. Oaxaca, México. 119 pp

\_\_\_\_\_ 1994. *Análisis de la Vegetación y Uso Actual del Suelo en el Estado de Oaxaca II Valles Centrales, Sierra Norte y Planicie Costera del Golfo.* SERBO, A.C. Oaxaca, México. 205 pp

\_\_\_\_\_ 1995. *Análisis de la Vegetación y Uso Actual del Suelo en el Estado de Oaxaca III Cañada y Mixteca.* SERBO, A.C. Oaxaca, México. 201 pp

S.P.P. 1980. "Carta de uso del suelo y vegetación". En: *Atlas Nacional del Medio Físico.* S.P.P. México.

S.P.P. 1981. *Guías para la interpretación de cartografía. Uso del Suelo.* S.P.P. México. 49 pp.

S.P.P. 1985. *Carta de suelo. Oaxaca*. Escala 1:250,000. S

Toledo, V. 1988. "La diversidad biológica de México". *Ciencia y Desarrollo* XIV(81):17-29  
pp

\_\_\_\_\_ y M.J. Ordóñez. 1993. "The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats". In: Ramamoorthy T.P, R. Bye, A. Lot, J. Fa. (Eds). *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press. New York.

Wagner P.L.1964. "Natural Vegetation of Middle America". In: Wauchope R. (ed). *Handbook of Middle American Indians Vol I. Natural Environment and Early Cultures*. University of Texas Press. Austin. 216-263

West R.1964. "The Natural Regions of Middle America". In: Wauchopè R. (ed). *Handbook of Middle American Indians Vol I. Natural Environment and Early Cultures*. University of Texas Press. Austin. 363-383



*Las plagas pueden ser naturales o artificiales.  
en Solentiname las plagas son  
los loros, guatuzas, los zanates, ratones;  
zompopos, también hay polillas,  
como también hay comerciantes que devoran las cosechas  
de los campesinos,  
como también patronos que devoran el trabajo de los peones,  
igual que los loros, guatuzas, zanates,  
ratones, zompopos, devoran el maíz, el arroz, los frijoles.  
También las plagas humanas constituyen un sistema de plagas  
Aquí en Solentiname la Compañía ha hecho desaparecer los loros  
los ratones, las guatuzas,  
que son parte de las plagas que joden al campesino  
y creo que la compañía hará desaparecer  
la plaga humana, claro que no la compañía de luz  
sino la forestal*

*Felipe Peña, 1980*

## Capítulo 5

### Población y deforestación: El caso de Oaxaca

Ma de Jesús Ordóñez<sup>º</sup>, Héctor Robles, José Antonio Benjamín Ordóñez,  
Omar Masera y Víctor Toledo.

#### Resumen:

Se revisa la dinámica poblacional de los 570 municipios del estado de Oaxaca, México, para los últimos treinta años. Se evalúa su impacto sobre la cobertura vegetal en un intento por avanzar en la identificación de las causas que promueven la deforestación en el estado, a nivel municipal. Al aplicar un modelo de regresión lineal encontramos que: 1) el crecimiento poblacional y su incremento en densidad no son relevantes en la deforestación. 2) la cobertura forestal actual depende fuertemente de la previamente existente. La cobertura vegetal previa explica el 50% de la varianza de la cobertura registrada en el periodo 1970 y 1990 y el 80% de la varianza en el periodo comprendido entre 1980 y el 2000. En ambos casos, se identifica una tendencia de cambio de cobertura vegetal municipal de regresión a la media, es decir que los municipios con menor proporción de cobertura vegetal tendieron a incrementar su cobertura, mientras que aquellos que reportaron mayor proporción de cobertura vegetal tendieron a disminuirla. En aquellos municipios en los que se registró la presencia de organización comunitaria, la cobertura vegetal se incrementó un 3%.

---

<sup>º</sup> Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinaria, UNAM  
mordonez@correo.crim.unam.mx

## **Población y deforestación: El caso de Oaxaca**

Ma.de Jesús Ordóñez<sup>º</sup>, Héctor Robles, José Antonio Benjamín Ordóñez,  
Omar Masera y Víctor Toledo.

### **Introducción**

Diversos autores coinciden en señalar al crecimiento de la población y sus actividades como la principal causa del deterioro de los ecosistemas del planeta (Meyer *et al.*,1998; IGBP, 1997; Walker y Steffen, 1997; Daily, 1995; Vitousek, 1994; Myers, 1991; Goudie, 1991; Ehrlich y Ehrlich, 1991). Los bosques han sido uno de los ecosistemas más afectados y de los más importantes ya que se estima que éstos albergan el 70% de la flora y fauna del mundo, y constituyen una importante fuente de servicios ambientales y económicos. Así mismo, existe un gran debate sobre las causas que originan la deforestación, las explicaciones se dividen entre las que enfatizan la pobreza y el crecimiento poblacional y aquellas que señalan a los incentivos económicos estructurados por las políticas de precios, el acceso a tecnologías intensivas en el uso de los recursos naturales y los derechos de propiedad (Angelsen, 1999; Kaimowitz y Angelsen, 1998 ).

México se encuentra entre los países con mayor deforestación a nivel mundial. Se ha reportado que la deforestación afecta de manera diferencial los tipos de vegetación del país, siendo las selvas bajas caducifolias y las selvas altas perennifolias, los ecosistemas sujetos a mayor transformación, principalmente por el incremento de las actividades pecuarias, mientras que los bosques son más afectados por los incendios forestales (Masera *et al.*, 1997). Se ha relacionado el proceso de la deforestación con los rasgos fisiográficos del territorio, el nivel de pobreza de la población, la expansión de las áreas agropecuarias y los

---

<sup>º</sup> Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinaria, UNAM  
mordonez@correo.crim.unam.mx

precios del maíz y el ganado (Lambin, 1997; Deninger y Minten, 1997 y 1996; Barbier y Burgess, 1996)

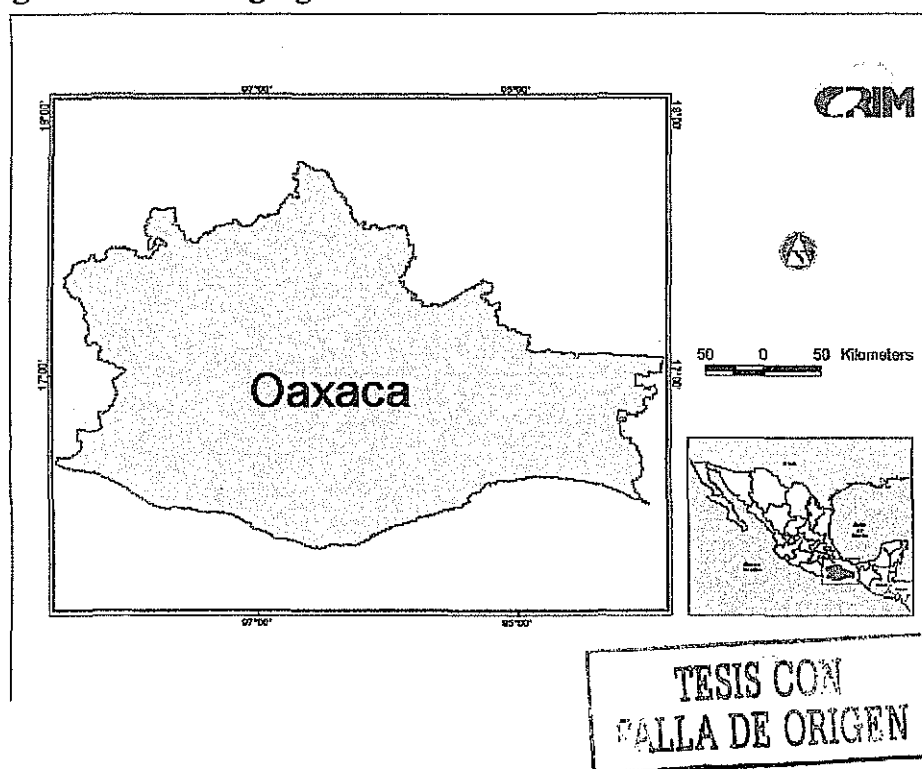
La deforestación se ha relacionado con la infraestructura y la política económica; asociando su incremento en las localidades con más caminos y proximidad a mercados urbanos, así como a las regiones donde las actividades agropecuarias reciben subsidios.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo analizar la dinámica poblacional de los últimos treinta años como factor principal en el proceso de la deforestación en Oaxaca a nivel municipal.

### Area de estudio

El estado de Oaxaca está situado en la parte sur de México, al oeste del Istmo de Tehuantepec (figura 1). Colinda al este y noreste con los estados de Chiapas y Veracruz, al norte y noroeste con el estado de Puebla, al oeste con el estado de Guerrero y al sur con el Océano Pacífico. Se ubica entre los paralelos  $15^{\circ} 40'$  y  $18^{\circ} 30'$  de latitud Norte y entre los meridianos  $93^{\circ} 50'$  y  $98^{\circ} 30'$  de longitud Oeste. Su extensión es de  $92,452 \text{ km}^2$ , que representa el 4.8% del territorio nacional.

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.



## **Metodología**

Se obtuvieron cinco mapas de cobertura vegetal para 1970, 1980, 1990 y 2000. Se incorporaron en formato digital a un sistema de información geográfica. La metodología aplicada en la elaboración de cada mapa de cobertura vegetal y uso del suelo muestra diferencias en los criterios para definir los polígonos de vegetación (ver capítulo 4). Esto impide una comparación directa entre los mapas. Por lo anterior se elaboró una leyenda más general para establecer equivalencias entre las diferentes clasificaciones empleadas. La leyenda propuesta permitió reclasificar los cuatro mapas, y comparar las coberturas de 1970 con la reportada en 1990 y a su vez la de 1980 con la del 2000. Se cuantificó la superficie por tipo de cobertura y uso del suelo para cada mapa. Una vez estimada la cobertura, a cada mapa se le sobrepuso el mapa de división municipal. Se estimó el porcentaje de cobertura vegetal municipal para cada corte en el tiempo. Se recopiló información de indicadores socioeconómicos para los 570 municipios de la entidad. Se aplicaron varios modelos de regresión lineal que nos permitieran explicar los cambios en la cobertura vegetal y su relación con la densidad y crecimiento poblacional y la presencia de organización comunitaria a nivel municipal.

## **Resultados**

Históricamente en Oaxaca se han registrado asentamientos humanos desde hace 10,000 años. Los arqueólogos han documentado la construcción de grandes ciudades desde el 500 a.C., hecho que sugiere una continua transformación del ambiente por las sociedades humanas, desde tiempos históricos hasta la fecha, asociados a la apropiación diferencial de recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la construcción, la minería y la pesca, principalmente.

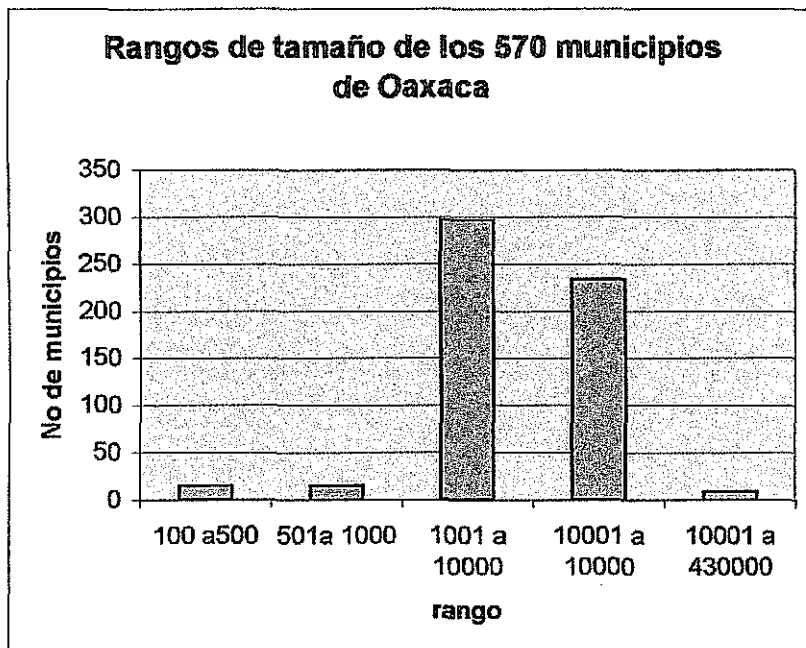
Al parecer, la población de Oaxaca ha presentado grandes fluctuaciones tanto en su densidad poblacional como en su distribución espacial y temporal, asociada tanto a cambios en la división territorial, como a la transformación de sistemas de gobierno, administración, estructura y organización social (ver capítulo 2). Algunos autores (Winter, 1993; Nicholas,

1986; Byland, 1980) estiman que alrededor del 1200 d.C., el Valle de Oaxaca ya contaba con una densidad poblacional de 76 hab/km<sup>2</sup>, Nochistlán con 111 hab/km<sup>2</sup>, y la población total de la entidad pudo alcanzar los 1.5 millones de habitantes, número muy cercano al alcanzado en la década de los sesentas.

### Los Municipios

El municipio como unidad geopolítica muestra grandes disparidades, tanto en superficie y forma, como en características demográficas, sociales y económicas. En cuanto a su superficie, de los 570 municipios de la entidad, el 5% tiene una superficie menor a las mil hectáreas, 52% se ubican entre las 1,000 a 10,000 ha, 41% entre las 10,000 y 100,000 ha y solo 1.6% tienen superficies mayores a las cien mil ha (figura 2 ). El municipio más pequeño (Santa Ines Yatzeche) cuenta con 125 ha y el más grande (Santa María Chimalapa) con 421,826 ha.

Figura 2. Rangos de superficie de los 570 municipios de Oaxaca.



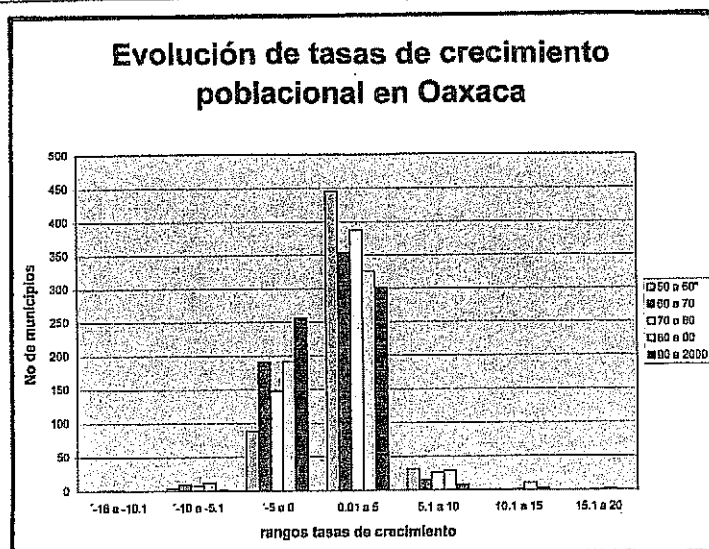
## Crecimiento poblacional

Del año 1960 al 2000 la población total de la entidad se incrementó de 1.7 millones de habitantes a 3.4 millones (INEGI, 2000; Secretaría de Industria y Comercio, 1962). Entre 1980 y 1990, la población presentó una tasa de crecimiento anual de 2.4%, misma que se redujo a 1.29% en la siguiente década. Cabe destacar que solo un tres por ciento de los municipios ha presentado una tasa de crecimiento superior al 5% anual, el resto se ha mantenido por debajo del promedio estatal.

Desde 1950, Oaxaca se ha caracterizado por ser una de las entidades de mayor expulsión en el país, situación que se ha agudizado en fechas recientes. En 1950, el 21% de los municipios presentaron tasas de crecimiento negativo, proporción que se incrementó al 43% en el 2000 (figura 3), tendencia altamente relacionada con la migración de población hacia regiones económicamente más activas.

En 1950, el 78% de los municipios de Oaxaca registró una tasa de crecimiento del 1 %, mientras que en el 2000, solo 53% de los municipios pudieron mantener esta tasa de crecimiento. Esto significa que a estos municipios les tomará de 70 a 80 años, duplicar su población.

Figura 3: Tasas de crecimiento poblacional de los 570 municipios de Oaxaca 1950-2000



## Población rural

En Oaxaca, 89% de los municipios (figura 4) y 98.5% de las 10,511 localidades registradas por el INEGI en el año 2000 son rurales y solo 1.5% son urbanos, sin embargo, éstas últimos concentran casi el 40% de la población total de la entidad y el 60% restante muestra un patrón de asentamientos muy disperso.

La proporción de población rural ha disminuido del 75% en 1960, al 55% en el 2000, aunque en números netos, se ha incrementado de 1.3 a 1.9 millones. El mismo patrón se observa para la población indígena que paso del 39% en 1960 al 32% en el 2000, pero en números netos paso de 679,399 a 1.1 millones (tabla 1). Caso contrario se reporta para la población económicamente activa dedicada a las actividades primarias que paso del 81% de la PEA en 1960 al 41% en el 2000. Actualmente en Oaxaca se concentran 16 de los 60 grupos indígenas del país (INEGI, 2000; INI, 1995).

La proporción de viviendas que usan leña ha disminuido del 94% en 1960 al 54% en el 2000, en números absolutos ha crecido de 322,167 en 1960 a 403,559 en el 2000.

Figura 4. Población rural de los 570 municipios de Oaxaca

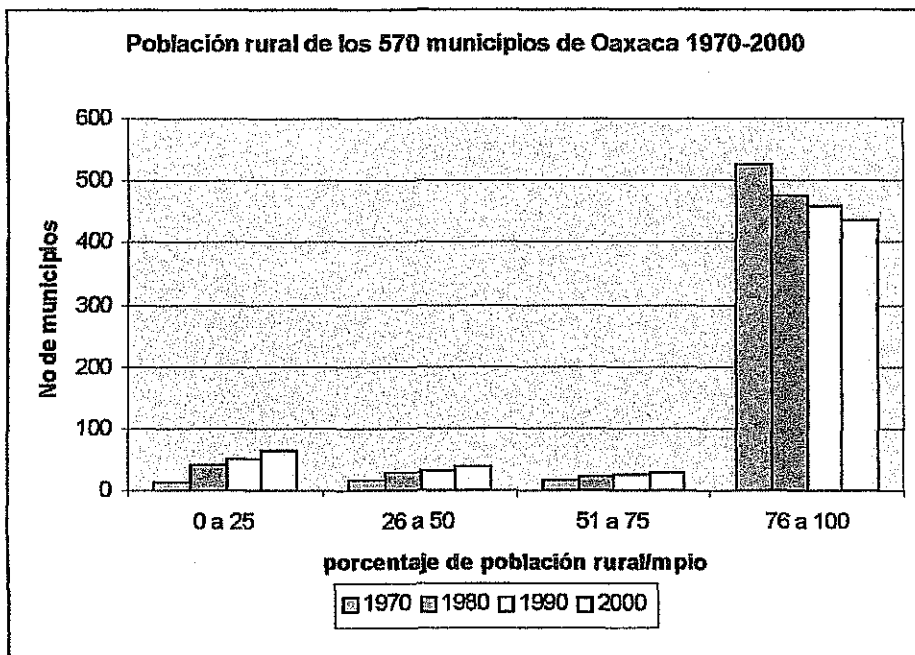




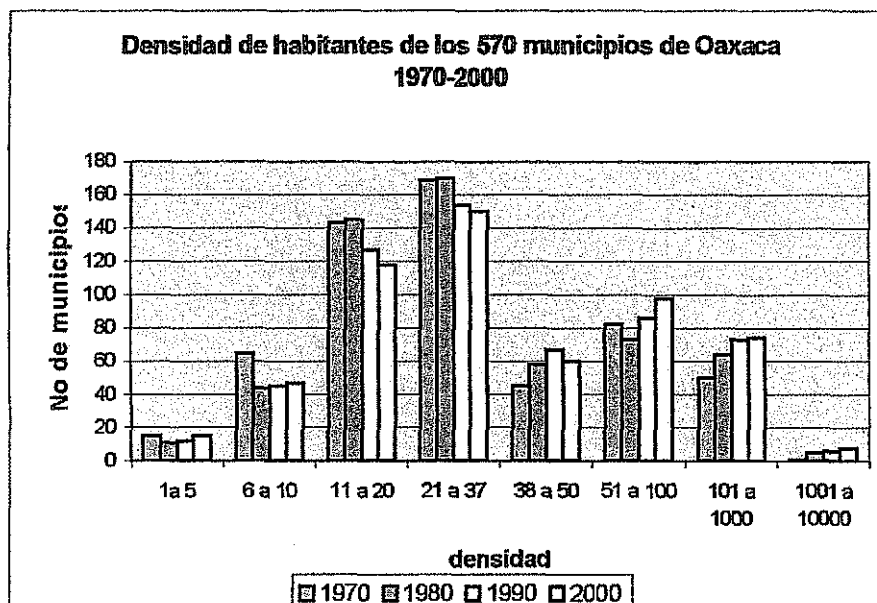
Tabla 1. Indicadores socioeconómicos de Oaxaca.

	1960	1970	1980	1990	2000
Población total	1,728,254	2,015,424	2,369,076	3,019,560	3,438,765
P.E.A	621,397	521,385	858,283	775,844	1,066,558
P.E.A. 1a	506,525	372,950	474,973	398,848	438,312
P. Urbana	414,896	461,683	754,918	1,190,469	1,547,444
P. Rural	1,313,358	1,553,741	1,614,158	1,829,091	1,907,340
P. Indígena	679,399	677,347	891,845	1,018,106	1,104,710
Viv. totales	339,743	375,394	448,670	589,295	740,551
V.usan leña	322,167	305,474	332,276	378,025	403,559

### Densidad poblacional

Para el año 2000, INEGI reportó una densidad de población promedio para la entidad de 37 hab/km<sup>2</sup>. Sin embargo, este dato no se aplica a nivel municipal donde se registraron grandes disparidades. De 1970 al 2000, el 60% de los 570 municipios de Oaxaca han mantenido una densidad poblacional por debajo de la densidad media estatal, 11% del total han permanecido con densidades menores a los 10 hab/km<sup>2</sup> (figura 5).

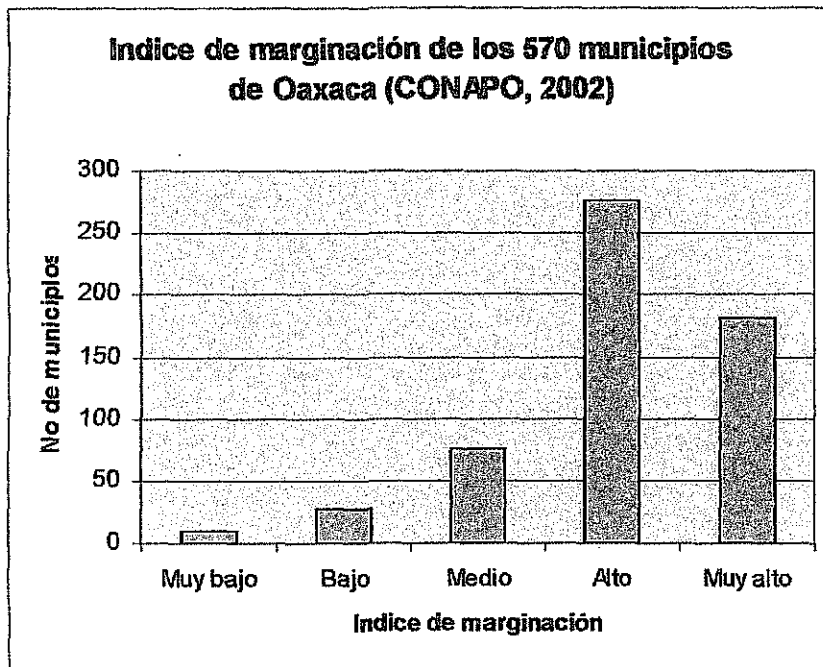
Figura 5. Densidad de habitantes en los 570 municipios de Oaxaca 1970-2000.



## Índice de marginación

CONAPO (2002), ha elaborado un índice de marginación que incorpora una cincuentena de variables entre las que incluye ingreso, educación, acceso a servicios e infraestructura, entre otros. De acuerdo con este índice señala que el 80% de los municipios de Oaxaca, son clasificados entre un alto a muy alto nivel de marginación, 13% en nivel medio y solo un 7% en los niveles de baja a muy baja marginación (figura 6).

Figura 6. Índice de Marginación de los 570 municipios de Oaxaca.



## Cobertura vegetal

Como ya se mencionó, por las diferencias en la metodología empleada en la elaboración de los mapas de 1970 al 2000, se compararon las cartas de 1970 con la de 1990 y la de 1980 con la del 2000. El análisis de la cobertura vegetal de Oaxaca, muestra en ambos casos, un comportamiento similar, la masa forestal estatal decrece tanto de 1970 a 1990 como de 1980 al 2000 (figura 7).

Como resultado de la sobreposición de los mapas de cobertura vegetal con el mapa de división municipal se obtuvo la cuantificación de la cobertura vegetal por municipio. Con el fin de analizar el grado de deforestación municipal, se agruparon los municipios en cuatro rangos o niveles de transformación: muy deforestado (conserva entre el 0 al 25% de cobertura vegetal), deforestado (25 al 50% de cobertura vegetal), ligeramente deforestado (50 al 75% de cobertura vegetal) y sin deforestación (75 al 100% de cobertura vegetal).

De 1970 a 1990, cerca del 65% de los 570 municipios de Oaxaca conservaba más del 50% de cobertura vegetal, proporción que disminuye al 56% en 1990. En este periodo, solo el 16% de los municipios registraron una cobertura vegetal menor al 25% de su superficie total (tabla 2). Este cambio es más drástico para el siguiente periodo. En 1980 el 63% de los municipios contaban con más del 50% de cobertura vegetal, proporción que disminuye al 34% en el año 2000, mientras que los municipios con menor proporción de cobertura vegetal (0-25%) se incrementan de 17% en 1980 al 34% en el año 2000 ( tabla 3).

Figura 6. Superficie forestal de Oaxaca, 1970-2000.

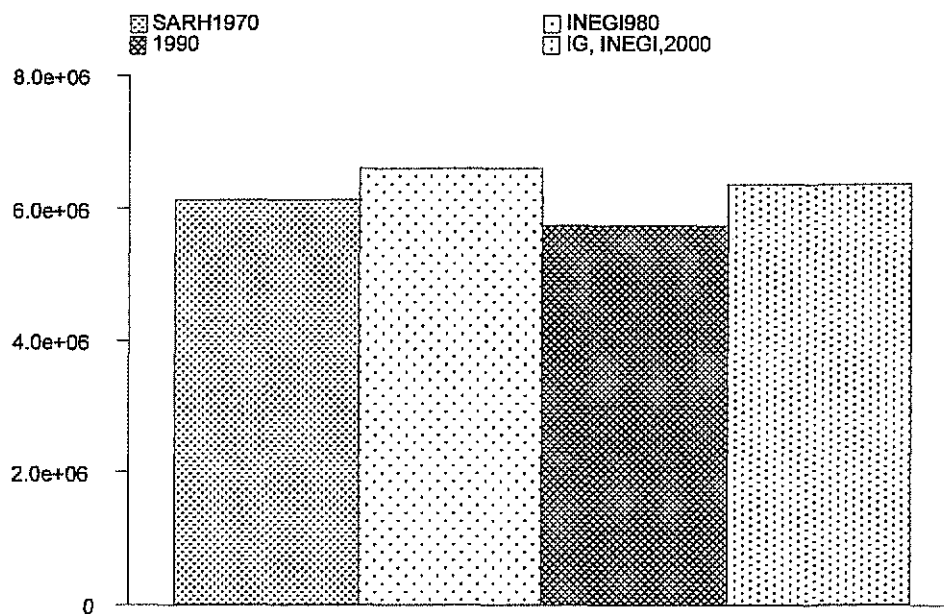


Tabla 2. Distribución de los porcentajes de cobertura vegetal municipal en Oaxaca 1970-1990.

%Cobertura Vegetal	Número de Municipios	
	1970	1990
0 a 25%	90	123
25.1 a 50%	113	126
50.1 a 75%	224	151
75.1 a 100%	143	170

Tabla 3. Distribución de los porcentajes de cobertura vegetal municipal en Oaxaca 1980-2000.

%Cobertura Vegetal	Número de Municipios	
	1980	2000
0 a 25%	96	193
25.1 a 50%	114	185
50.1 a 75%	153	102
75.1 a 100%	207	90

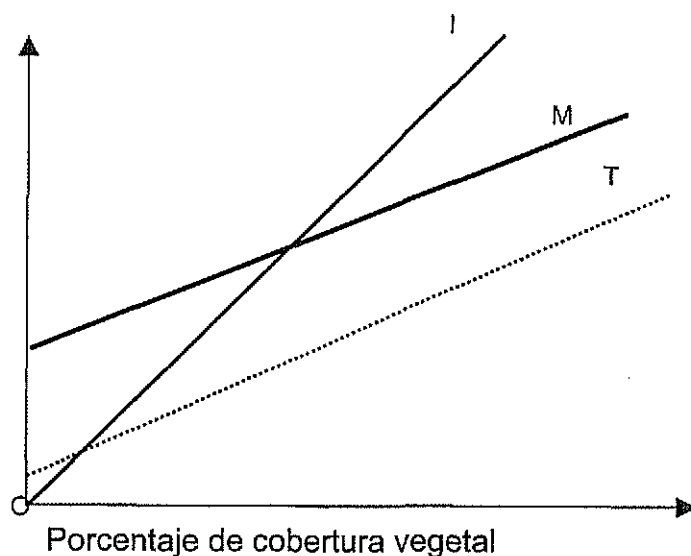
### Cobertura vegetal y dinámica poblacional municipal

Se aplicó un modelo de regresión lineal para explicar el cambio en la cobertura vegetal para los periodos 1970-1990 y 1980-2000. Se estimó la regresión entre la proporción de deforestación municipal de 1990, como variable dependiente, y la deforestación de 1970, como variable independiente. Las pruebas de significancia asociadas a la relación entre las variables resultó *significativa* a un nivel superior al 1 por ciento.

Se encontró que la cubierta vegetal registrada en 1990 depende fuertemente de la existente en 1970. Lo mismo sucedió para el periodo 1980-2000. La primera regresión explica el 50% de la variación de la cobertura vegetal municipal (CVM) para 1990, mientras que la segunda explica el 78% de la variación de la CVM para el 2000 en la entidad (tablas 4 y 5). La regresión muestra que existe un proceso de cambio forestal municipal de regresión a la media, es decir un proceso en donde los municipios de menor cubierta forestal tendieron a

incrementarla, mientras que aquellos municipios con mayor cobertura vegetal en el año 1970 tendieron a reducirla. Conviene destacar que este resultado es importante porque el sentido común visualizaría el deterioro ambiental municipal como un proceso lineal en el que la cobertura de todos los municipios se ve afectada de la misma forma. Si esto se expresa gráficamente tenemos que: La recta OI de 45° representa la situación donde no hay cambio en la cobertura vegetal municipal; la recta OT representa una situación de deterioro uniforme en todos los municipios; finalmente, la recta OM representa un proceso de regresión a la media, (ver figura 7).

Figura 7. Porcentaje de la cobertura vegetal en Oaxaca.



(O= origen; I= línea base; M= regresión a la media; T= deterioro lineal)

Este comportamiento se visualiza en las figuras 9 y 10, que muestran la transición de la cobertura forestal del periodo comprendido entre los años 1970 a 1990 y entre los años 1980 al 2000, observándose más claramente esta tendencia de regresión a la media ya mencionada.

Figura 9. Valores de la regresión 1970-1990.

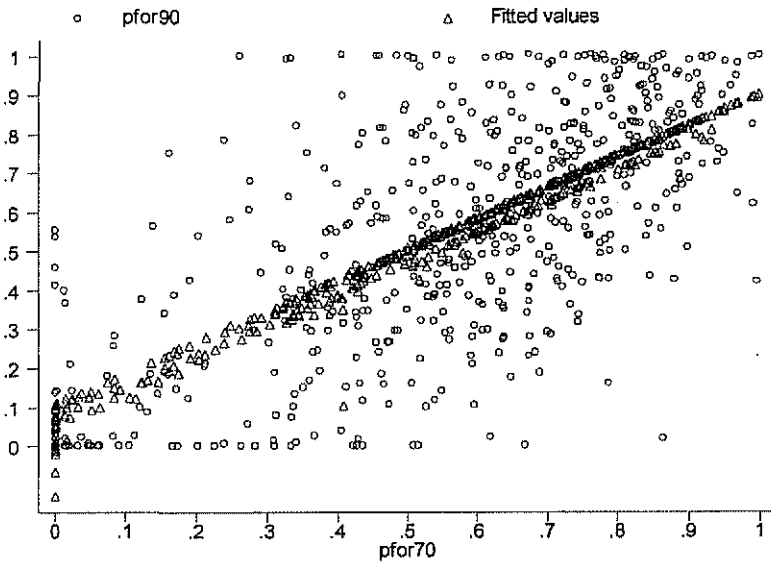


Figura 10. Valores de la regresión 1980-2000.

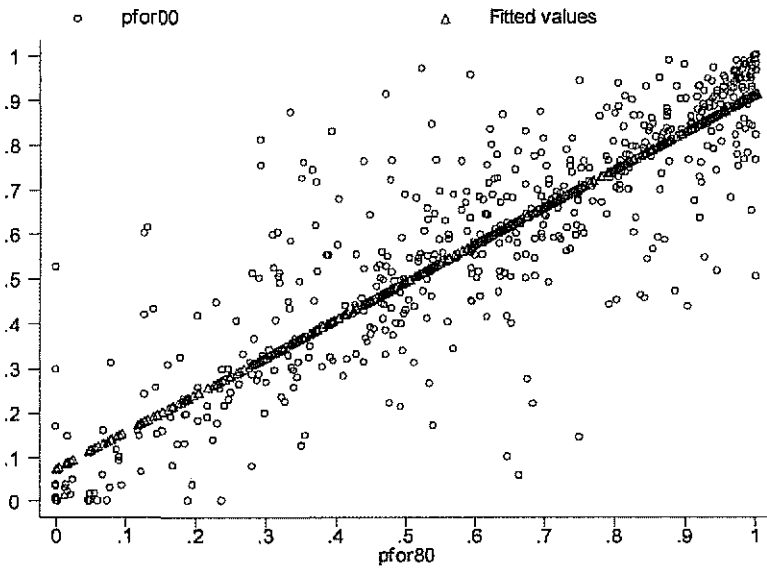


Tabla 4. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión simple al cambio entre las tasas de desforestación de 1970 a 1990 para los 570 municipios de Oaxaca.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 570		
Model	27.7393913	1	27.7393913	F( 1, 568)	=	572.74
Residual	27.5096004	568	.048432395	Prob > F	=	0.0000
Total	55.2489917	569	.097098404	R-squared	=	0.5021
				Adj R-squared	=	0.5012
				Root MSE	=	.22007

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pfor90	.8299308	.0346786	23.93	0.000	.7618168	.8980447
_cons	.0740087	.0210692	3.51	0.000	.0326257	.1153917

Tabla 5. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión simple al cambio en la cobertura de 1980 al 2000 para los 570 municipios de Oaxaca.

reg pfor00 pfor80

Source	SS	df	MS	Number of obs = 570		
Model	37.5775818	1	37.5775818	F( 1, 568)	=	2042.65
Residual	10.4491983	568	.018396476	Prob > F	=	0.0000
Total	48.02678	569	.084405589	R-squared	=	0.7824
				Adj R-squared	=	0.7820
				Root MSE	=	.13563

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pfor80	.8397705	.0185808	45.20	0.000	.8032751	.8752659
_cons	.074395	.0123724	6.01	0.000	.0500938	.0986962

Una vez identificada la tendencia de cambio en la cobertura forestal municipal para las dos veintenas evaluadas se estimó un modelo de regresión lineal múltiple para intentar explicar el efecto de la densidad poblacional con el cambio en la cobertura forestal municipal en los periodos comprendidos entre 1970 a 1990 y 1980 al 2000. Para la regresión se utilizaron las variables: densidad poblacional municipal, tasa de crecimiento población municipal y se construyó una dummy para expresar la variable organización comunitaria a la que se le adjudicó el valor uno, si estaba presente y cero, si no se encontró en el municipio.

Tabla 5. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión lineal simple entre las tasas de deforestación de 1970 a 1990, en los 570 municipios de Oaxaca incorporando otras variables a la regresión.

reg pfor90 pfor70 dpob70 deltap80 deltap90 org

Source	SS	df	MS	Number of obs = 569		
Model	28.2807535	5	5.6561507	F( 5, 563)	=	118.09
Residual	26.9669473	563	.047898663	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5119
				Adj R-squared	=	0.5076
Total	55.2477008	568	.097267079	Root MSE	=	.21886

pfor90	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pfor70	.790285	.0381718	20.70	0.000	.7153086	.8652615
dpob70	-.0280925	.0143395	-1.96	0.051	-.056258	.000073
deltap80	.0083172	.0283435	0.29	0.769	-.0473548	.0639892
deltap90	.000727	.0073858	0.10	0.922	-.01378	.015234
org	.0356646	.0210884	1.69	0.091	-.005757	.0770861
_cons	.0817988	.0288488	2.84	0.005	.0251343	.1384633

Tabla 7. Resultados obtenidos al aplicar un modelo de regresión lineal simple entre las tasas de deforestación de 1980 y 2000, incorporando más variables.

reg pfor00 pfor80 dpob80 deltap90 deltap00 org

Source	SS	df	MS	Number of obs = 569		
Model	38.0293336	5	7.60586671	F( 5, 563)	=	430.54
Residual	9.94577375	563	.017665673	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.7927
				Adj R-squared	=	0.7908
Total	47.9751073	568	.084463217	Root MSE	=	.13291

pfor00	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pfor80	.8063233	.0197866	40.75	0.000	.7674588	.8451878
dpob80	-.0215269	.0054447	-3.95	0.000	-.0322213	-.0108325
deltap90	.0044504	.0041455	1.07	0.283	-.003692	.0125929
deltap00	.0037168	.0037683	0.99	0.324	-.0036849	.0111185
org	.0374039	.0127382	2.94	0.003	.0123837	.0624241
_cons	.0779957	.0169097	4.61	0.000	.0447819	.1112095

Como en la regresión lineal bivariada anterior, los resultados obtenidos para el periodo 1980-2000 fueron superiores a los obtenidos para el periodo 1970-1990. La densidad poblacional de 80 es significativa a menos del 1%, tiene el signo esperado; la organización es significativa y de signo esperado; el resto de las variables no es significativo.



Los resultados de la regresión  $pfores9 = \alpha + \beta pfores7 + \varepsilon$  pueden explicarse por dos razones. Primero, es probable que dos veintenas sean un periodo corto para que los cambios poblacionales sean relevantes. En segundo lugar, el proceso de deforestación es complejo y muy probablemente, el efecto agregado de este proceso está incorporado en la situación inicial tanto en el año de 1970 como en el año 1980.

De 1970 al 2000, el 90% de los municipios se han mantenido con baja densidad poblacional y baja tasa de crecimiento. El patrón de asentamientos altamente disperso de estos municipios se ha relacionado con altos niveles de pobreza, con baja presencia de mano de obra y baja capacidad de transformación del ambiente. Dos municipios concentran al 40% de la población de Oaxaca, y ejercen alta demanda de recursos y promueven la deforestación en el área de influencia.

Cuando en las regresiones se incorporó la variable presencia de organización comunitaria en el municipio, los resultados mostraron que por cada cien habitantes que se incrementen en estos municipios, la cobertura vegetal crece en un 3%. En tanto en aquellos municipios donde la organización comunitaria ya no está presente, el resultado muestra un comportamiento inverso, por cada cien habitantes que se incrementen en estos municipios, la cobertura forestal decrece en un 3%. Este indicador por sí mismo muestra la importancia de la organización social de las comunidades rurales de Oaxaca en la conservación de los recursos forestales de la entidad.

### **Patrones de deforestación y sus causas identificadas por regiones:**

El proceso de deforestación de los municipios del Estado de Oaxaca obedece a diferentes causas, en el presente trabajo se identificaron diferentes procesos asociados a la deforestación en varias regiones:

En la planicie costera del norte la deforestación se asocia fuertemente a los Programas de desarrollo agropecuario implementados por el gobierno en la década de los años 70.

En la planicie costera del sur la expansión agropecuaria promueve la transformación o remoción de la vegetación natural. En general, en la costa se registra la apertura de grandes extensiones para el establecimiento de plantaciones de cítricos, chile, platano y coco. Porciones pequeñas como Huatulco y su zona de influencia son deforestadas por el desarrollo de actividades turísticas.

En los Valles centrales la deforestación está ligada a los asentamientos humanos registrados desde la época prehispánica hasta nuestros días. Corresponde a una zona que históricamente ha favorecido una alta concentración de servicios e infraestructura.

En la región de la Mixteca la deforestación se asocia a una alta tasa de migración, al abandono de tierras, a procesos naturales de degradación ambiental ligados a procesos de degradación cultural, estructural y la transformación de la organización social comunitaria.

En la Sierra norte se presenta un paulatino abandono de las tierras de cultivo asociado a un marcado descenso de la actividad agropecuaria lo que ha favorecido la regeneración de los bosques y el desarrollo de actividades como el ecoturismo.

Durante el análisis de regresión en niveles, no se encontró una relación directa entre las siguientes variables: crecimiento poblacional y deforestación; densidad poblacional y deforestación; tamaño del municipio y deforestación.

En el periodo comprendido entre los años 1970 al 2000 se observa un incremento en la fragmentación de los tipos de vegetación de la entidad (figura 10). Como efecto evidente del cambio, los paisajes antes continuos de formaciones vegetales, se han visto fraccionados, creando mosaicos muy complejos con pedazos cada vez más pequeños y aislados de la vegetación original. Algunos de los más deplorables efectos de la fragmentación son: la pérdida de la riqueza y la diversidad biológica, empobrecimiento del suelo, alteración del microclima, y ciclos naturales como el del agua, e incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Discusión y conclusiones

- En el Estado de Oaxaca, las estadísticas agrupadas a nivel estatal reflejan los valores promedio, que no pueden aplicarse de manera general a todos los municipios, ya que como se vió, los municipios de la entidad presentan un proceso de deforestación diferencial .
- La organización comunitaria resulta ser un elemento social que afecta directamente la conservación de los bosques de la entidad
- En Oaxaca existe una gran superficie abierta a procesos productivos, una buena parte de ella parece estar abandonada. Su uso y recuperación dentro de estos procesos podría ayudar a satisfacer las demandas de bienes y servicios locales a través de técnicas ambientalmente más limpias y productivas (abonos verdes, agricultura orgánica, aprovechamiento múltiple de recursos y ambientes).
- Los modelos de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo mejoran el entendimiento de las causas y mecanismos que gobiernan su cambio; generan predicciones o más bien suposiciones lógicas acerca de las tasas futuras de cambio de cobertura, y apoyan el diseño de políticas apropiadas de respuesta. La habilidad de los modelos espaciales y de los patrones temporales de uso del suelo son esenciales para el entendimiento de las fuerzas que dirigen su transformación y de los impactos ecológicos. Aportan elementos para la toma de decisiones, el ordenamiento territorial y la elaboración de propuestas encaminadas a lograr un desarrollo sustentable.
- Los resultados que aquí se presentan brindan evidencia adicional de que los aspectos ambientales como la geología, la fisiografía, el clima y el suelo, conjuntamente con las *políticas de precios, los programas de gobierno y la pobreza pueden ser los determinantes más relevantes en los cambios en la cobertura vegetal y los procesos de deforestación en Oaxaca.*

• Los resultados generados en este estudio, sugieren que el proceso de deforestación es fuertemente dependiente de las condiciones iniciales, y que cambios de corto plazo en variables socioeconómicas, pueden no impactar significativamente dicho proceso.

## **Bibliografía**

Angelsen A. 1999. "Agricultural expansion and deforestation: modelling the impact of population, market forces and property rights". *Journal of Development Economics*. Vol 58 : 185-218

Barbier E.J. & J.C. Burgess. 1996. "Economic analysis of deforestation in Mexico". *Environmental and development economics* 1:203-239

Bocco, G., O. Masera y M. Mendoza. 2001. "La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación". *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. No 44: 18-38.

CONAPO, 2002. *Indíces de Marginación 2000*. Consejo Nacional de Población. México. Edición electrónica.

Daily, C. G. 1995. "Restoring value to the world's degraded lands". *Science* 269:350-4.

Deininger K & B. Minten 1996. *Poverty, policies and deforestation: the case of Mexico. Research project on social and environmental consequences of growth-oriented policies*, Working paper No 5. Policy research department. World bank, Washington D.C.

Deininger K & B. Minten. 1997. *Determinants of forest cover and the economics of protection: an application to Mexico*. World Bank, Washington, D.C.

González-Medellín, G. 2001. *La vegetación y sus tasas de deforestación en una zona comunal chinanteca en Oaxaca con apoyo de un sistema de información geográfica*. Tesis de Maestría. UNAM. 100 pp.

Houghton, J. 1997. *Global warming. The complete briefing*. 2<sup>nd</sup>. edition. Cambridge University Press. Cambridge, UK. p.121

IGBP. 1997. The terrestrial biosphere and global change. A synthesis of GCTE and related research. *IGBP report series*. No.1. Stockholm, Sweden

INEGI, 2000. *XII Censo general de población y vivienda 2000*. INEGI, Aguascalientes, Ags.

Kaimowitz D. & A. Angelsen. 1998. *Economic Models of tropical deforestation - a review*. Center for International Forestry Research. Indonesia. 139 pp.

Lambin E.F. 1997. Modelling and monitoring land-cover changes processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21, 3: 375-393.

Masera, O., M.R. Bellon, y G. Segura. 1995. Forest Management Options for Sequestering Carbon in Mexico. *Biomass & Bioenergy*, 8:5, 357-367.

Masera, O. 1996. *"Desforestación y degradación forestal en México"*. Documento de Trabajo No. 19. GIRA, A.C. Pátzcuaro, México.

Meyer, W.B., Adger, W.N., Brown, K., Graetz, D. Gleick, P., Richards, J.F. and Maghalães, A. Land and water use. In: Reyner, S. 1998. *Human choice and climate change*. Vol.II. Resources and technology.

Myers, N. 1991. Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change*, 19:3-32.

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

Sadourny, R. 1992. El hombre ¿modifica el clima?. *Mundo Científico* No.126 jul-ago 616-625.

Palacio-Prieto, J.L., Bocco, G., Velázquez, A., Mas, J-F., Takaki-Takaki, F. Victoria, A., Luna-González, L., Gómez-Rodríguez, G., López-García, J., Palma, M.M., Trejo-Vázquez, I., Pralta, H.A., Prado-Molina, J., Rodríguez-Aguilar, A., Mayorga-Saucedo, R. y González, M. F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas* 43: 1183-203.

Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística, VIII Censo General de Población, 1960. México, 1962.

Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14(81): 17-30.

Trejo, V. I. 1998. *Distribución y diversidad de selvas bajas de México. Relaciones con el clima y el suelo*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Walker, B. and Steffen, W. 1997. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Conservation Ecology* 1(2):2.

*Los campesinos, remotos, ligeramente arcaicos en el vestir y el hablar, parcos, amantes de expresarse en forma y fórmulas tradicionales, ejercen siempre una fascinación sobre el hombre urbano. En todas partes representan el elemento más antiguo y secreto de la sociedad. Para todos, excepto para ellos mismos, encarnan lo oculto, lo escondido y que no se entrega sino difícilmente, tesoro enterrado, espiga que madura en las entrañas terrestres, vieja sabiduría escondida entre los pliegues de la tierra.*

*Octavio Paz, 1950*

## Capítulo 6

### DISCUSION Y CONCLUSIONES

Ma de Jesús Ordóñez<sup>º</sup>

#### La deforestación

El estudio de procesos relacionados con la deforestación ha permitido entender procesos globales como el efecto de invernadero producto, entre otras cosas, del incremento de las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera, así como la identificación de patrones de cambio de uso del suelo, el aprovechamiento de recursos por las comunidades humanas y sus implicaciones sociales, políticas, económicas y culturales.

La presente tesis evalúa el cambio en la cobertura y el uso del suelo a tres escalas: nacional, estatal y municipal con el fin de identificar variaciones en los patrones de comportamiento, así como en la identificación de factores que lo impulsan..

Este estudio evidenció grandes carencias de información básica para la generación de modelos predictivos a todas las escalas. Una de las aportaciones más importantes del presente estudio radica en la obtención directa de datos que permiten modelar las tendencias en el cambio de uso del suelo a las escalas estatal y municipal y señalar los grandes vacíos de información requeridos para el ordenamiento territorial, planificación y manejo de recursos forestales en general.

---

<sup>º</sup> Investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias CRIM-UNAM  
[mordonez@correo.crim.unam.mx](mailto:mordonez@correo.crim.unam.mx)



El trabajo incorpora el análisis de las dimensiones espacial y temporal en las que se lleva a cabo el cambio de cobertura y uso del suelo, así como la integración de los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos involucrados en el proceso.

La inclusión de la variable espacial nos remite a la descripción y ubicación geográfica de los escenarios naturales en los que actúan y se distribuyen de manera heterogénea los parámetros ambientales como geología, clima, topografía, suelo, agua, flora, fauna, asentamientos humanos y las interacciones de todos ellos. La variable temporal permite dar seguimiento a los elementos del escenario que se han modificado, transformado o sustituido tanto por eventos naturales como resultado de las actividades humanas.

Se considero importante hacer el ejercicio de evaluación de un mismo proceso a diferentes escalas porque la interrelación de procesos que se presentan a diferentes escalas es un problema central en la biología teórica (Levin, 1992, 1993), aún no se entiende cómo patrones o procesos cambian con el cambio de escala.

La teoría jerárquica es una forma de organizar escalas de observación de manera que dirige la atención hacia mecanismos y restricciones que operan a un nivel dado y cómo estos cambian entre niveles, sin embargo, la jerarquía es una construcción artificial que imponemos a la naturaleza, nosotros categorizamos los fenómenos en niveles que están lógicamente relacionados.

En la presente tesis se avanzó en el conocimiento de la distribución de las formaciones vegetales naturales y de los procesos que promueven su cambio a diferentes escalas de tiempo y espacio; así como en la descripción y caracterización de estas formaciones que proporcionen información adecuada de cuánto se tiene y cuánto se está perdiendo. Se resaltaron las bondades de las formaciones vegetales como indicadores gruesos de estimaciones de pérdida de las especies, las poblaciones, y los ecosistemas que son afectados diariamente por las actividades humanas. Se proporciona información sobre las tasas de deforestación a nivel nacional, estatal y municipal, datos que permiten cuantificar las emisiones de CO<sup>2</sup>.

## **Las clasificaciones de vegetación**

Con relación a la clasificación de la vegetación no se encontró una metodología estándar que haya sido empleada en diferentes épocas para la misma región o escala por lo cual, se adoptó la propuesta de clasificación de Zonas Ecológicas de Toledo y Ordóñez (1993). Esto permitió homogeneizar los tipos de vegetación del país en clases amplias muy generales pero que pueden ser expresadas en la representación cartográfica a diferentes escalas y dar seguimiento de dichas clases en diferentes épocas con el fin de evaluar la tasa de deforestación a nivel país, estado y municipio.

Se identificaron diferencias significativas en los enfoques, criterios y metodologías empleadas para la elaboración de los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo a escala nacional, estatal y municipal. El concepto de comunidad vegetal aplicado en la elaboración de los mapas del INEGI y la SARH difieren de tal manera que esto resulta en la delimitación diferencial de polígonos asociados a categorías de clasificación que generan diferentes superficies de cobertura vegetal y uso del suelo, difíciles de comparar. Lo anterior, no permite dar seguimiento al cambio en las superficies reportadas por cada uno de ellos y por ende dificulta la estimación de las tasas de cambio en la cobertura vegetal y las tasas de deforestación por tipo de vegetación y clases de uso del suelo a todas las escalas, nacional, estatal y municipal.

## **Deforestación a escala nacional**

El capítulo primero evidenció la falta de información confiable sobre las tasas de deforestación en el país. Para esas fechas, los trabajos publicados reportaron estimaciones que fluctuaban entre 399,000 a 1.5 millones de ha/año. Este capítulo reporta una pérdida anual de 668,000 ha de selvas y bosques en México debido a la deforestación. Superficie que representa el 1.3%, del área total de bosques y selvas del país reportada para el inicio de los años ochenta. Este proceso afecta de manera diferencial a los bosques que aportan el 25% (167,000 ha), mientras las selvas contribuyen con 75% (501,000 ha). La deforestación afecta más a selvas que a bosques. Los factores que la promueven también son diferentes.

Mientras los bosques son mayoritariamente afectados por los incendios forestales; las selvas húmedas y secas son alteradas principalmente por la extensión de las actividades ganaderas. Las emisiones de carbono producto de la deforestación y los incendios forestales pudo alcanzar  $67.0 \times 10^6$  t C al año. Si en el balance se incorporan los programas de restauración de superficies reforestadas, las emisiones se reducen a  $52.3 \times 10^6$  t C.

Las emisiones netas de carbono provenientes de los sectores forestal, energético e industrial del país, suman  $126 \times 10^6$  t C/año (1.6 t C/capita). Estas cifras, absolutas y per capita, señalan que México es uno de los países en vías de desarrollo con uno de los más altos niveles de emisión de carbono, y sin embargo está por debajo de las emisiones alcanzadas por los países industrializados.

Los escenarios futuros del sector forestal muestran dos caminos divergentes para México. De continuarse el uso forestal como hasta ahora, los bosques constituyen grandes fuentes de emisión de bióxido de carbono por cuarenta años. Por otro lado, si se establecen políticas efectivas para reducir las tasas de deforestación y se incrementa la aforestación, existe el potencial de convertir a los bosques mexicanos en grandes sumideros de carbono. Este camino ofrece dos ventajas importantes. Primero, el ahorro de carbono en el sector forestal podría ayudar a ganar tiempo para el despliegue a gran escala en la renovación del sector energético, el cual se espera que sea competitivo con los combustibles fósiles. Segundo y más importante para México, la aplicación de las políticas sugeridas podrían proporcionar beneficios tangibles para los habitantes locales.

### **Contexto histórico y la formación del territorio**

El análisis del territorio constituye por sí mismo un tema de investigación. En los estudios realizados hasta el momento, hemos encontrado que el territorio es un elemento sumamente importante en el reconocimiento de un grupo cultural. Su concepción se ha modificado y adecuado a las condiciones prevalecientes en diferentes épocas. Estos cambios influyen en la toma de decisiones sobre el destino de los recursos forestales, la forma de apropiación y aprovechamiento de los mismos por las diferentes comunidades humanas presentes en la región de estudio. La segunda parte de este trabajo hace una

revisión del cambio tanto conceptual como espacial del territorio en el estado de Oaxaca, desde sus primeros asentamientos hasta la época actual.

Se encontró que el territorio de Oaxaca ha sido el escenario donde se han desarrollado numerosas culturas. La presencia humana ha permanecido de manera ininterrumpida desde el 10000 a.C., hasta la actualidad. Durante la época prehispánica su territorio estuvo fragmentado por la presencia de distintos grupos indígenas. Durante la colonia los españoles impusieron nuevas divisiones del espacio, modificaron la estructura política, social y económica de los pueblos conquistados. En la época independiente y durante el siglo XX se realizaron nuevas divisiones territoriales y administrativas. Desde tiempos prehispánicos hasta la fecha, en la entidad ha predominado un patrón de pequeños asentamientos muy dispersos y escasos centros urbanos que promueven grandes concentraciones humanas como lo fue Monte Alban, o su equivalente actual, la ciudad de Oaxaca.

El territorio de Oaxaca ha estado dividido desde tiempos históricos en cientos de pequeños estados. La tenencia de la tierra ha cambiado al paso de sucesivas conquistas generando muy diversas divisiones territoriales, cambios en los nombres de pueblos ríos, montañas, accidentes geográficos, así como cambios en la distribución de la población y sus relaciones económicas, sociales y políticas.

Desde la llegada de los españoles, existió una población indígena mayoritaria, que se ha resistido a desaparecer, adaptándose a las transformaciones impuestas en la colonia y en la época actual (Winter et al, 1988). Los constantes conflictos por límites entre comunidades tienen su origen en la forma en la que los señoríos prehispánicos defendieron sus territorios, reafirmando su autoridad y la identidad del grupo; de ahí también la permanencia de fuertes cacicazgos que a diferencia de otros estados, no desaparecieron durante la colonia e incluso en el siglo XIX se fueron transformando y adaptando a las nuevas condiciones.

Por el histórico patrón de poblamiento disperso y la gran diferencia existente en el tamaño de los municipios, el Distrito como unidad territorial ha jugado un importante papel en la administración de la entidad.

En Oaxaca la división interna de su espacio se ha visto modificado desde la época prehispánica hasta nuestros días, de tal suerte que su reconstrucción histórica es indispensable para la evaluación de unidades espaciales equivalentes, de las cuales se puedan realizar comparaciones de datos estadísticos. Hasta la fecha se carece de un mapa de división municipal oficial que registre la superficie real de cada municipio, y falta cotejarlos con la información de la Secretaría de la Reforma Agraria y los mapas generados recientemente por esta Secretaría en conjunto con el INEGI para regularizar la tenencia de la tierra a través del PROCEDE.

### **La Población**

En doce mil años de presencia humana, se tiene un registro pobre sobre la dinámica poblacional de la entidad. Se asume una baja densidad y baja tasa de crecimiento hasta el 1500 a. C. A partir de entonces se registra un crecimiento asociado al establecimiento de los primeros centros urbanos su florecimiento y posterior decadencia seguida por el abandono de estos centros. El ciclo se repite en varias ocasiones, en el 1200 de nuestra era, se da un nuevo florecimiento que hace pensar a los arqueólogos que la población de la entidad pudo haber alcanzado 1.5 millones de habitantes. Su esplendor vuelve a decaer. Después de la conquista española la población apenas superaba a los 400 mil habitantes, poco más de un cuarto de la población estimada para el periodo clásico. Durante los siglos XVII y XVIII, la población vuelve a decrecer a no más de 300 mil habitantes y no es sino hasta el siglo XIX cuando se registra un crecimiento de la población que se ha mantenido hasta la fecha.

En el siglo XX Oaxaca duplica su población en 70 años (1900, contaba con 94 mil habitantes y en 1970 alcanza los dos millones). A partir de la década de los 70 se observa un incremento en el crecimiento de la población que en 20 años aumenta 50%. La

información estatal refleja la alta migración de los habitantes rurales a la ciudad de Oaxaca que presenta el mismo fenómeno iniciado en el centro del país en la década de los sesenta. En contraste, el 53% de los municipios de la entidad se mantienen con tasas de crecimiento del 1 al 1.5% anual, su dinámica poblacional es similar a la observada en los inicios del siglo XX, es decir que la población de estos municipios tomará entre 75 a 80 años en duplicarse, mientras que un 43% de los municipios mantiene tasas de crecimiento negativas para el mismo periodo. En los últimos 50 años Oaxaca se ha mantenido como una de las entidades con mayor expulsión con un saldo anual de más de 500,000 emigrantes anuales. Esta dinámica poblacional ha promovido la creación, abandono, desaparición, repoblamiento y distribución de los asentamientos humanos, transformando o modificando sus relaciones sociales, políticas y económicas, así como el uso y acceso a los recursos naturales de la entidad. Actualmente el 80% de la superficie de Oaxaca esta bajo un régimen de propiedad comunal o ejidal. Cerca del 60% de su población es rural. El 90% de sus 570 municipios presentan muy baja densidad poblacional y un patrón de asentamientos humanos altamente disperso. En la entidad se ubican 50 de los 100 municipios con el nivel de marginación o pobreza más alta del país.

En los últimos 400 años, en el territorio de Oaxaca se han registrado alrededor de 40 movimientos de rebelión e insurrección. La mayoría de ellos afloran como respuesta a situaciones críticas que son interpretadas como expresión de la resistencia pasiva que se mantiene de manera clandestina y finalmente estalla como movilizaciones de amplia distribución espacial y amplia participación de los diferentes grupos indígenas. Los movimientos rebeldes e insurrecciones están ligados a la recuperación de tierras, resistencia al abandono de sus prácticas religiosas, exageradas demandas tributarias, amenazas a la integridad comunal, recuperación de sus recursos (salinas, bosques), liquidación de la explotación y oposición a ser gobernados por quienes no representan sus verdaderos intereses (Barabas, 1990).

Es importante señalar que el patrón histórico de asentamientos dispersos de las comunidades indígenas, desde la colonia hasta la actualidad, ha permitido mantener y desarrollar una organización comunitaria estructurada de acuerdo a sus propios esquemas creando lazos con

las comunidades vecinas que se encontraban bajo las mismas circunstancias, es una estrategia de sobrevivencia dentro de los límites de un Estado que la niega, actitud social que se mantiene hasta el presente (Bartolome y Barabas, 1990).

Por todo lo anterior, suponemos que los bosques y selvas de Oaxaca han pasado por momentos de alta presión, dada por la demanda de recursos para la satisfacción de las necesidades de la población asentada en las ciudades tanto prehispánicas como contemporáneas. Podemos esperar que la deforestación se ha dado en diferentes momentos y a diferentes niveles de intensidad. Se podría asumir que, las marcadas fluctuaciones de la población de Oaxaca, el patrón de asentamientos disperso, la organización comunitaria, los saberes tradicionales, el manejo de recursos, son elementos que en su conjunto han permitido el restablecimiento de las zonas forestales y la permanencia hasta la fecha de los bosques de la entidad.

### **Deforestación a escala estatal**

Con base en los resultados obtenidos en este estudio podemos observar que durante el periodo 1970-1990 Oaxaca no contribuyó sustancialmente a la deforestación del país, mas bien incrementó las superficies de bosques y selvas de la entidad. Sin embargo para el periodo 1980-2000, las superficies deforestadas de bosques y selvas contribuyeron con el 7.24% de la superficie nacional deforestada, tomando como base la superficie de 804,000 ha anuales reportadas por Masera *et. al.* (1997), quienes señalan que para la década de los 80 las entidades del centro y sur del país registraron la mayor tasa de deforestación del país.

Si se asume una tasa lineal de emisión y captura de carbono se puede decir que durante el periodo de 1970 a 1990 el incremento en la superficie de selvas y bosques de Oaxaca, permitió el almacenamiento de 7.1 millones de toneladas de carbono anualmente. Mientras que durante el periodo de 1980 al 2000 el balance fue negativo y aun cuando la deforestación fue menor, la emisión anual de carbono se estimó en 3.85 millones de toneladas.

Las estimaciones de contenido de carbono obtenidas en este trabajo están sujetas a discusión dada la incertidumbre existente en cuanto a la cuantificación del contenido de carbono por tipo de vegetación in situ. Se cuenta con muy pocos estudios de caso que contabilicen el contenido de carbono en los diferentes almacenes, para la cobertura vegetal de México ya que además de ser estudios muy laboriosos, son también muy costosos (ver 1ª y 2ª comunicación de México ante el cambio climático global, 2001).

### **Deforestación a escala municipal**

En el Estado de Oaxaca, las estadísticas agrupadas a nivel estatal reflejan el valor promedio de la deforestación, sin embargo dado que es un proceso diferencial, este promedio no puede aplicarse a tabula rasa a nivel municipal. Se encontró que la organización comunitaria resulta ser un elemento social que afecta directamente la conservación de los bosques de la entidad

En Oaxaca existe una gran superficie abierta a procesos productivos, una buena parte de ella parece estar abandonada. Su uso y recuperación dentro de estos procesos podría ayudar a satisfacer las demandas de bienes y servicios locales a través de técnicas ambientalmente más limpias y productivas (abonos verdes, agricultura orgánica, aprovechamiento múltiple de recursos y ambientes).

Los modelos de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo mejoran el entendimiento de las causas y mecanismos que gobiernan su cambio; generan predicciones o más bien suposiciones lógicas acerca de las tasas futuras de cambio de cobertura, y apoyan el diseño de políticas apropiadas de respuesta. La habilidad de los modelos espaciales y de los patrones temporales de uso del suelo son esenciales para el entendimiento de las fuerzas que dirigen su transformación y de los impactos ecológicos. Aportan elementos para la toma de decisiones, el ordenamiento territorial y la elaboración de propuestas encaminadas a lograr un desarrollo sustentable



Los resultados del presente estudio se suman a los esfuerzos que en diferentes ámbitos se vienen emprendiendo con el propósito de entender el proceso de deforestación Su enfoque territorial incorpora elementos novedosos y de actualidad al tema de la planeación del desarrollo regional y, particularmente ofrece elementos metodológicos y operacionales que bien pudieran ser incorporados a las estrategias actuales de ordenamiento territorial que en los ámbitos federal, estatal y municipal se vienen emprendiendo.

De considerarse la aplicación de la presente metodología, el paso siguiente debería comprender la caracterización de los tipos de vegetación de cada una de las entidades federativas con los ajustes correspondientes.