



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

Centro Interdisciplinario de Investigación para el  
Desarrollo Integral Regional  
Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y  
Aprovechamiento de Recursos Naturales  
(Biodiversidad del Neotrópico)

**“Cambios en la cobertura de bosques  
mesófilos de montaña y su relación con  
factores sociales en regiones prioritarias  
de la Sierra Norte, Oaxaca, México”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**Maestro en Ciencias**

Presenta:

**Biól. Ernesto de los Santos Reyes**

Dirección de tesis:

**Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca

Diciembre, 2012



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 22 del mes de noviembre del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca**

(CIIDIR-OAXACA) para examinar la tesis de grado titulada: "Cambios en la Cobertura de Bosques Mesófilos de Montaña y su Relación con Factores Sociales en Regiones Prioritarias de la Sierra Norte, Oaxaca, México"

Presentada por el alumno:


De los Santos	Reyes	Ernesto								
Apellido paterno	materno	nombre(s)								
			Con registro:	A	1	1	0	4	4	3

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

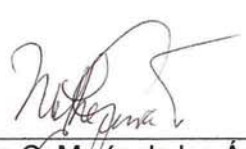
### LA COMISION REVISORA


Director de tesis

  
Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez

  
Dra. Mara Rosas Baños

  
Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez

  
M. en C. María de los Ángeles Ladrón de Guevara Torres

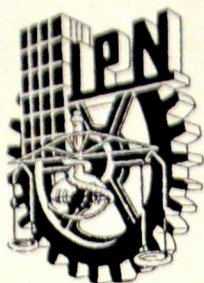
  
M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

### EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
Dr. Rafael Pérez Pacheco



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 22 del mes noviembre **del año 2012**, el (la) que suscribe De los Santos Reyes Ernesto alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A110443, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez y cede los derechos del trabajo titulado "Cambios en la Cobertura de Bosques Mesofilos de Montaña y su Relación con Factores Sociales en Regiones Prioritarias de la Sierra Norte, Oaxaca, México" al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [edelo003@fiu.edu](mailto:edelo003@fiu.edu), Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

De los Santos Reyes Ernesto



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez quien dirigió mi tesis y me brindó el apoyo para alcanzar esta meta, por su respaldo y acompañamiento durante el periodo de la maestría en CIIDIR. ¡Muchas gracias!

Al comité tutorial y revisor: Biól. Raúl Rivera García, Dra. Mara Rosas Baños, M. en C. María de los Ángeles Ladrón de Guevara Torres, Dr. Salvador I. Belmonte Jiménez, M. en C. Gladys I. Manzanero Medina y Dr. Rodolfo A. Solano Gómez, por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron en gran medida a mejorar este trabajo.

A la Dra. Elvira Durán Medina y al Dr. David B. Bray por su apoyo y facilidades que me brindaron para mi estancia en la Universidad Internacional de Florida y proporcionarme la beca de Intercambio, Prácticas y Entrenamiento USAID-TIES.

Al Instituto Politécnico Nacional por brindarme la oportunidad de realizar una etapa más de mi formación profesional.

Al CONACyT por otorgarme una beca que me permitió dedicarme de tiempo completo a mi maestría.

A la USAID por darme una beca durante mi estancia en Florida y en la maestría para cubrir parte de los gastos del trabajo de campo de mi investigación y otras actividades académicas complementarias.

Al CORENCHI, al Sr. Pedro Osorio, al Sr. Raymundo Osorio, así como el resto de los integrantes del CORENCHI, por su respaldo, autorización y visto bueno para trabajar dentro de sus comunidades.

A mis compañeros y amigos: Glo, Lurdes, Oscar, Ciro, Abril, Mardel, Carolina, Emily, Lindsey, Xolo, KK, Kostas, Cesar, Senthil, Wim, Saeed, Nathan, Ahad, Deepak, Mark, etc., por su apoyo y todos los gratos momentos que hemos compartido.

A mis suegros Lupita y René y a la familia Molina Gaytán, por el apoyo que me han brindado.

Y por supuesto, ¡A toda mi familia! A Regina, Ady, Eder, Zapato, Papitas... pero principalmente a mis papás Josefina y Ernesto, y a mi Glo, por su ayuda, acompañamiento y todo su cariño.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo y esfuerzo lo dedico con mucho cariño a:

Mis abuelitos Lidia (Q.E.P.D.) y Lorenzo (Q.E.P.D.), Carlotita y Juan por ser parte esencial en mi vida y, por mis raíces mixtecas y zapotecas.

A mis hermanitos y amigos el Zapato y el Papitas por existir, por su alegría y estar siempre conmigo.

A mi sobrina Regina y a mi hermana Ady por ser, estar y existir, por su amor, por su brillo y por motivarme a ser un buen ejemplo para ustedes.

A mis amados padres Josefina y Ernesto por mi vida, por su entrega, su sacrificio, sus consejos, su ejemplo, su apoyo y por todo su amor.

Y a mi amada Gloria por su vida, su amor, felicidad y, por ser mi motivación y razón de ser.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	3
<b>III. OBJETIVOS</b>	4
3.1 GENERAL	4
3.2 ESPECÍFICOS	5
<b>IV. MARCO TEORICO</b>	5
4.1 NUEVA RURALIDAD Y GLOBALIZACIÓN	5
<b>V. HIPÓTESIS</b>	7
<b>VI. MÉTODOS</b>	7
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	7
6.2 PERCEPCIÓN REMOTA	9
6.3 PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES	9
6.3.1 Corrección geométrica	9
6.3.2 Corrección atmosférica	9
6.3.3 Corrección topográfica	10
6.4 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	10
6.5 TIPOS DE COBERTURA DE SUELO	11
6.6 EVALUACIÓN DE CLASIFICACIONES	11
6.7 ANÁLISIS DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO	11
6.8 ANALISIS DE RELACIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VARIABLES SOCIALES	13
<b>VII. RESULTADOS</b>	14
7.1 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	14
7.2 COBERTURAS Y CAMBIOS DE USO DEL SUELO 1996-2010	15
7.3 POBLACIÓN Y CAMBIOS 1995-2010	17
7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	18
<b>VIII. DISCUSION</b>	20
8.1 CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL BOSQUE	20
8.2 FACTORES SOCIALES Y CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL BOSQUE	20
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	22
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	24

## RESUMEN

Los cambios en la cobertura forestal son el resultado de interacciones complejas entre los factores socioeconómicos, demográficos y ambientales. Se cree que los cambios demográficos, en particular, son una causa importante del cambio en la cobertura forestal. La mayoría de las investigaciones de cambios de uso del suelo se centran solamente en el bosque como objeto de estudio, dejando de lado las cuestiones sociales que influyen en él. En este estudio se evaluaron los cambios en la cobertura de los bosques mesófilos de la Sierra Norte de Oaxaca, se determinó la relación de algunas variables demográficas y socioeconómicas que se plantan en la Nueva Ruralidad, y se evaluó el efecto de las variables sobre el cambio de la cobertura del bosque entre 1995 y 2010. Se realizaron clasificaciones supervisadas en base a datos de Landsat TM y Landsat ETM+ para evaluar los cambios en la cobertura forestal y se identificaron los principales factores relacionados con dichos cambios en la Sierra Norte de Oaxaca a través del procedimiento PROC GLM en el programa estadístico SAS. La cobertura forestal se incrementó 8.02% a una tasa anual de recuperación de 0.705% y esta recuperación se manifiesta en parte a los cambios en el alfabetismo, la proporción de sexos, la emigración y la marginación. Aunque dichas variables tienen efectos favorecedores en el bosque, tales efectos tienen un trasfondo más profundo y pueden ser explicados por los planteamientos de la Nueva Ruralidad. Por lo tanto, se debe considerar que la recuperación actual de los bosques mesófilos en la Sierra Norte de Oaxaca, tiene probablemente un alto costo social, el cual es muy difícil de distinguir a través de un solo enfoque disciplinario, es muy fácil de omitir y muy pocas veces es abordado.

*Palabras clave:* Sierra Norte, Cambios de Uso del Suelo, Nueva Ruralidad, Población, Migración, Marginación, Proporción de Sexos.

## ABSTRACT

Changes in forest cover are the result of complex interactions between socioeconomic factors, demographic and environmental. It is believed that demographic changes, in particular, are the major cause of forest cover change. Most of the researches of changes in forest cover, are focus only on the forest as an object of study, leaving aside the social issues and their influence. This study evaluated the changes in the coverage of the cloud forests of the Sierra Norte of Oaxaca, we investigated the relationship of demographic and socioeconomic variables that are mentioned in the New Rurality, and we evaluated the effect of the variables on the change of forest cover between 1995 and 2010. We performed supervised classifications based on Landsat TM and Landsat ETM + data to assess changes in forest cover and we identified the main factors related to the changes in the Sierra Norte of Oaxaca through an analysis PROC GLM with the statistical software SAS. Forest cover increased 8.02% with an annual recovery rate of 0.705% and this recovery is manifested in part to changes in alphabetism, sex ratio, migration and marginalization. Although these variables are promoting positive effects in the forest, such effects have a deeper background and can be explained by the approach of the New Rurality. Therefore, we should consider that the current recovery in the cloud forests in the Sierra Norte of Oaxaca, it has probably a high social cost, which is very difficult to distinguish through a single disciplinary approach, it is very easy to omit and is rarely addressed.

*Keywords:* Sierra Norte, Land Use Change, New Rurality, Population, Migration, Marginalization, Sex Ratio.

# I. INTRODUCCIÓN

En las zonas tropicales de México, los paisajes tropicales manejados por el hombre, han sido convertidos en cultivos y pastizales en gran parte de la cobertura forestal original, los cuales crean un mosaico de tierras agrícolas, bosques secundarios y los parches de bosque (Metzger, 2003; Arroyo-Rodríguez & Mandujano, 2007; del Castillo & Blanco-Macías, 2007). En la Región Terrestre Prioritaria “Sierra Norte de Oaxaca (SNO)” tipificada por Arriaga *et al.* (2000) (Figura 1), poco se sabe de la relación entre su uso y las características sociodemográficas y socioeconómicas que giran en torno a la deforestación y regeneración de los bosques mesófilos de montaña de la SNO aunque los bosques representan un recurso estratégico para sus habitantes.

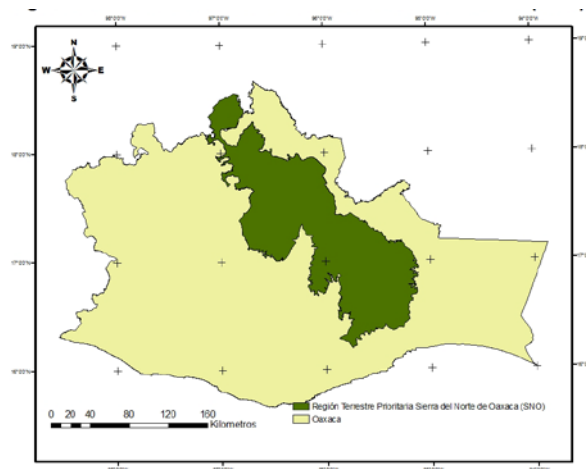


Fig. 1. Región Terrestre Prioritaria “Sierra Norte de Oaxaca (SNO)” (Arriaga *et al.*, 2000)

Entender esta relación es de suma importancia ya que la SNO es única en términos de diversidad biológica, la cual se ve modificada al haber cambios de uso de suelo inducidos por los campesinos, al influir en sus siete tipos de vegetación terrestre existentes (bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino, bosque tropical caducifolio, espinoso y pradera subalpina). En esta región se conjuntan la flora y fauna propia de las áreas montañosas de clima templado y frío con las especies tropicales de climas cálidos y húmedos (Rzedowski, 2006). Posee una de las mayores áreas sin perturbar de todo México, con alrededor de 80,000 Ha continuas (Brandon *et al.*, 2005). Pero, a su vez, ha ocurrido un incremento de los niveles de disturbio en todos los tipos de vegetación entre 1980 y 2000: los bosques secundarios de pino aumentaron un 136%, los bosques secundarios de pino-encino 79%, el bosque mesófilo de montaña secundario 29%, la selva alta perennifolia secundaria 77%, y los bosques tropicales secos secundarios 19% (Gómez-Mendoza *et al.*, 2006). Particularmente, los bosques mesófilos de montaña están catalogados como uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial.

Estos bosques se consideran como prioritarios para la conservación por su papel fundamental en el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y de nutrientes, su gran biodiversidad y sus magníficas agrupaciones de especies endémicas. Debido a su restringido límite altitudinal, muchas plantas y animales presentan un alto riesgo de extinción ante el cambio climático (Rzedowski, 2006; Muñoz-Piña *et al.*, 2008; Corbera *et al.*, 2009; Toledo-Aceves *et al.*, 2011).

De igual manera, Koleff *et al.* (2009), mencionan que la SNO se encuentra catalogada dentro de los sitios terrestres de extrema priorización para la conservación identificados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Por todos los aspectos mencionados anteriormente, se entiende que la deforestación causa pérdidas significativas de biodiversidad en las áreas de bosque mesófilo de montaña, por lo cual es fundamental el comprender como se relacionan los habitantes con el bosque.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La globalización se centra en la integración de los países y las economías dentro de circuitos internacionales de productos, capital, mano de obra, tecnología e información. El neoliberalismo, abrió las políticas de liberalización del comercio y las reformas de ajuste estructural de las economías al comercio internacional y le restó importancia al Estado que favorecía los mecanismos de mercado que impulsan el desarrollo. Las políticas neoliberales juegan un papel importante a nivel local en las estrategias de subsistencia, ya que en las localidades se deben adaptar a los cambios que esta política conlleva.

Los estudios de la globalización se han centrado en las implicaciones financieras y de negocios, con poca atención a sus impactos sobre los recursos naturales. En muchas áreas, la globalización ha afectado el uso del suelo agrícola a través de la extensión de la agricultura a escala industrial, un proceso que ha reducido la demanda de formas tradicionales de trabajo y ha bajado los precios de los productos básicos agrícolas, lo que a menudo produce un éxodo rural. En algunos casos, las tierras agrícolas han sido abandonadas, otros, se han incorporado al comercio del café orgánico. En otros casos, los agricultores se han alejado de las cosechas del campo y se han enfocado a la horticultura de traspatio, mientras trabajaban dentro de los sectores secundarios y terciarios de la economía. Y en muchos otros casos, la población rural ha emigrado a otros países (Hecht & Saatchi, 2007).

Debido a esto, en México existen extensas áreas con regeneración de bosques naturales y antropogénicos (Bray *et al.*, 2003; Klooster, 2003). Dichos paisajes forestales antropogénicos proveen importante subsistencia social y económica, así como, bienes de mercado a los hogares rurales (Bray *et al.*, 2003; Chazdon, 2003). En México, como en la mayoría de los trópicos, los análisis de cobertura forestal se han centrado en la pérdida de los bosques, y han ignorado en gran medida los patrones antropogénicos de recuperación de los bosques (Hecht & Saatchi, 2007). Diversos estudios mencionan especulativamente que la emigración y el abandono de parcelas en México están causando la recuperación del bosque (Bray, 2010; Robson & Berkes, 2011). Sin embargo, son escasos los estudios que permiten determinar con exactitud la relación de los factores antropogénicos y sociales que interfieren en la dinámica de recuperación o deforestación de los bosques.

Entre los paisajes comúnmente perturbados, se encuentran los bosques mesófilos de montaña, y en las áreas del sur de México son comúnmente utilizados para cultivos agrícolas manejados con el sistema roza-tumba-quema (principalmente maíz) (Vergara-Sánchez & Etchevers-Barra, 2006; Gerritsen, 2010). Como resultado, el paisaje se transforma en un mosaico de campos de cultivo, bosques secundarios (o periodos de barbecho) y bosques primarios (Velázquez *et al.*, 2002;



Velázquez *et al.*, 2003; Gómez-Mendoza *et al.*, 2006; Arroyo-Rodríguez & Mandujano, 2007; del Castillo & Blanco-Macías, 2007; Harvey *et al.*, 2007).

La restauración ecológica es cada vez más importante dada la urgente necesidad de rehabilitar las áreas degradadas de bosques con fines de conservación y mejorar la oferta de servicios ecosistémicos. La sucesión secundaria es la forma natural y más barata para regenerar los ecosistemas naturales. El desarrollo de prácticas de regeneración del bosque requiere una comprensión de cómo los bosques se regeneran naturalmente después de perturbaciones antropogénicas (del Castillo & Blanco-Macías, 2007; Harvey *et al.*, 2007).

Los bosques son parte integral de la práctica agrícola, sin embargo, es relativamente reciente el reconocimiento de su importancia. Las características sociodemográficas y socioeconómicas de las localidades cercanas (o dueñas) de estos bosques pueden tener una gran influencia en la dinámica del paisaje. La relación entre estas características y la dinámica del paisaje ha sido poco explorada. Estas propiedades deben relacionarse con el manejo que se aplica al bosque.

Se han documentado estas relaciones en varias regiones de bosques secos de Latinoamérica, pero para áreas húmedas de montaña donde predomina el bosque mesófilo de montaña, esta información ha sido escasamente documentada. Los estudios realizados en bosques secos relacionados a las características socioeconómicas y biofísicas revelan diversos aspectos influyentes en el bosque, por mencionar algunos ejemplos: la probabilidad de pérdida de bosque aumenta en las pendientes ligeras, la densidad de población no tiene gran impacto en la pérdida de bosque, la deforestación inicia cerca de los caminos con una precipitación alta, la pérdida de bosque aumenta en las cercanías de los poblados, los niveles altos de insolación y bajas elevaciones aumentan la pérdida de bosque (Echeverría *et al.*, 2011; Rey Benayas *et al.*, 2011).

En contraste, Chazdon (1998) sugiere que la conservación de la biodiversidad tropical está experimentando una transición conceptual en el que fragmentos de bosque primario, los bosques secundarios están siendo reconocidos por su valor en la conservación de la diversidad biológica. De igual forma, diversos estudios refuerzan un nuevo paradigma en el manejo de la biodiversidad tropical que se extiende a la conservación de las tierras manejadas por comunidades (Berkes, 2004; Brandon, *et al.*, 2005; Anta, 2007).

Por todo lo mencionado previamente, esta investigación intenta esclarecer los señalamientos que se plantean en la Nueva Ruralidad con respecto a los cambios poblacionales, educación, marginación, en los bosques mesófilos de montaña de la SNO y especificar cuales son las características sociodemográficas y socioeconómicas de la SNO que influyen en los efectos producidos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

- Determinar los cambios en la cobertura de los bosques mesófilos de la SNO y explicar las características sociales de la SNO que influyen en los efectos producidos.

### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Determinar los cambios de uso de suelo a través del tiempo en bosques mesófilos de montaña de la SNO con imágenes satelitales.
- Determinar la relación existente entre las transiciones y cambios de uso del suelo, con las características sociales del área de estudio en base a una investigación documental oficial.
- Determinar cuales son las características sociales de la SNO que influyen en la deforestación o regeneración de los bosques mesófilos de montaña de la SNO.

## **IV. MARCO TEORICO**

### **4.1 NUEVA RURALIDAD Y GLOBALIZACIÓN**

A partir de la década de los 80's, las transformaciones macroeconomías a gran escala que se produjeron en América Latina facilitaron los procesos de globalización y aceleraron los flujos internacionales de mano de obra, materias primas, capital, ideas, redes de transporte, información y comunicación (Hecht, 2008). La crisis de los 80's provocó un proceso de liberalización de la economía nacional mexicana que tuvo grandes repercusiones en el campo mexicano. Las políticas estatales consignadas hacia el establecimiento y afianzamiento del mercado interno, fueron sustituidas por las políticas neoliberales, centradas en la apertura comercial y el retiro de los apoyos a la producción mediante subsidios por parte del Estado, desencadenando profundas transformaciones en el campo mexicano que engloban la transición de una sociedad agraria organizada en torno a la actividad primaria hacia una sociedad rural mas diversificada. Es en este argumento en el que la concepción de Nueva Ruralidad inicia su apogeo en la década de los 90's. Tal concepto es retomado desde la sociología rural en conjunto con otras disciplinas, para demostrar las alteraciones del campo mexicano, pero también para evidenciar el fracaso del "desarrollo" disfrazado con tintes de "modernidad" de las políticas neoliberales, reflejado en el incremento de la pobreza y la incapacidad de crear una clase media en el campo (Carton de Grammont, 2004).

En los últimos años se han estado observando nuevos procesos que han ido instaurando la nueva ruralidad en México, definida por la reestructuración de la economía del país bajo el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). La desaparición de apoyos directos al campo ligado a la crisis financiera al lado de las modificaciones al artículo 27, incurrieron en la reestructuración de una nueva forma de vida en los espacios rurales del país (Appendini & Verduzco, 2002).

Dicha reestructuración representada por la nueva ruralidad genera grandes impactos dentro del sector agrícola mexicano como: a) la desaparición de la dicotomía entre lo rural y urbano; b) la urbanización del campo, porque aumentan las actividades no agrícolas; c) genera cambios en la composición demográfica de las unidades domésticas rurales. La tecnología revoluciona el campo y las empresas transnacionales imponen las reglas del mercado, por medio del control de las cadenas de producción y de la agricultura a través de contratos, lo cual ha llevado a una desigualdad del mercado de la tierra. Se establece un cambio en las estrategias de ingreso de los

hogares rurales. La población rural no agrícola adquiere mayor importancia. Un cambio en los mercados de trabajo rurales. La desigualdad social, la pobreza y la marginación prevalecen y sustituyen la idea del desarrollo y de la integración nacional. La migración internacional adquiere una creciente importancia. La cuestión de género y el problema étnico adquieren diferentes enfoques, y un mayor interés. La conservación del medio ambiente cobra mucha importancia, lo que ha obligado a las instituciones a buscar diferentes mecanismos para definir las políticas públicas correspondientes (Delgado, 1999; Carton de Grammont, 2004; Pérez, 2004; Hecht, 2008; García & Quintero, 2009)

Cabe destacar, la emergencia e incremento de diversas actividades distintas a la actividad agrícola y la disminución de su participación en la población económicamente activa, se presenta como una de las características más sobresalientes. Dicho fenómeno se denomina de diferentes formas, entre ellas: pluriactividad, multi-ocupación, heterogeneidad ocupacional, desagrarización de lo rural, etc. La nueva ruralidad, esta compuesta por una diversidad de actividades en términos de lo productivo y lo ocupacional, donde se destacan las siguientes: agroindustria, fabricación de conservas, muebles, flores, turismo rural, actividades de pequeñas y medianas empresas manufactureras, minería, artesanía, ganadería, caza, pesca y comercio, entre otras (Pérez & Farah, 2006).

La nueva ruralidad expresa que hay una intensificación de la crisis rural, y algunas de sus manifestaciones son: crisis de la producción y orientación, crisis de población y poblamiento, crisis de las formas de gestión tradicionales, crisis en el manejo de los recursos naturales, crisis en las formas de articulación social. De tal modo que, cualquier modelo de sociedad rural está en crisis, pues aún no vislumbra su función actual y sus nuevas tareas, por lo cual pierde su identidad, su población, sus modelos de organización y sus diversas actividades (Pérez, 2001). Las nuevas funciones que debe adoptar el territorio rural se resumen dos principales: un equilibrio territorial que contraste el despoblamiento y la generación de servicios ambientales en términos de conservación para convencer a la sociedad urbana de pagar dichos servicios (Rosas, 2011).

El deterioro de lo rural frente a lo urbano ha propiciado un desprestigio social de las actividades agrícolas, que produce su abandono y entorpece la incorporación y retención de los jóvenes en el campo, provocando la migración. La nueva ruralidad plantea que la migración de los últimos años esta ligada a la globalización que ha impactado a todo el planeta, por lo que es difícil pensar que la migración sea únicamente, una manifestación de las estrategias campesinas de subsistencia representando una opción frente a la opresión del gran capital. Contrario a esto, es una manifestación del aplastamiento de la economía nacional y el desmantelamiento de la estructura productiva. Por lo tanto, se entiende que la nueva ruralidad considera que la migración y sus remesas, son consecuencias de la crisis rural, más no alternativas de desarrollo (Pérez, 2001; Pérez & Farah, 2006).

Así mismo, Hecht (2008) menciona que los fenómenos de la migración, el abandono de las actividades agrícolas, la pluriactividad y la diversificación productiva están originando impactos positivos en la disminución de la pérdida de los bosques. Dichos impactos en la cobertura forestal se explican mediante una serie de variables como población total, densidad de población, proporción de sexos, entre otras.

Por otra parte, la nueva ruralidad nos dice que se requiere de una revisión del pensamiento indígena en términos de las concepciones que hay detrás de la relación con la naturaleza, que permite encontrar relaciones económicas en las interacciones sociales, de solidaridad y reciprocidad entre los hombres, y de estos con la naturaleza. Para ello, es necesario considerar la organización indígena y campesina para la producción como eje central de la vida rural. (Anagua, 2006).

De igual forma, algunos estudios recientes sugieren que las tendencias modernas económicas del mercado en México, están contribuyendo a reducir la presión sobre los bosques y a revertir la pérdida de cobertura forestal en los trópicos, principalmente a través de la restauración del bosque en áreas abandonadas por los pequeños productores, ya que estos se están moviendo del sector laboral primario al secundario o terciario (García-Barrios *et al.*, 2009; Bray, 2010; Robson & Berkes, 2011). Sin embargo, los cambios de uso del suelo y el tipo de manejo que se le da a los bosques, pueden ser muy dinámicos y no son siempre unidireccionales.

## **V. HIPÓTESIS**

Las características y cambios poblacionales, la educación y la marginación, están propiciando la regeneración de los bosques mesófilos de montaña de la SNO, ya que las repercusiones sobre estos bosques están determinadas por las características sociodemográficas y socioeconómicas específicas de dicha región.

## **VI. MÉTODOS**

### **6.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El bosque mesófilo de montaña en México abarca aproximadamente entre 10,000-20,000 km<sup>2</sup>, ocupando 0.5-1.0% del territorio nacional y el estado de Oaxaca es el que cuenta con la mayor parte de esta cobertura vegetal, particularmente la SNO cuenta con el bosque mesófilo de montaña más grande y con mayor continuidad del país (Rzedowski, 2006; Toledo-Aceves *et al.*, 2011), por lo cual se ha elegido realizar el estudio en esta región.

Para definir el área de estudio inicialmente se tomaron en cuenta los datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación de la serie IV del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010) a escala 1:250,000, reportados para bosques mesófilos de Oaxaca, y se seleccionó el continuo de vegetación más grande del estado como prioridad de estudio. Posteriormente, se definió una cota altitudinal para bosques mesófilos basándose en los trabajos realizados por Álvarez-Arteaga *et al.* (2008), y Flores y Manzanero (1999). Las cotas inferiores a los 1100 m.s.n.m. se descartaron debido a que a partir de esta altitud se practica la agricultura intensiva y la ganadería y tienden a predominar selvas altas o medianas (Killion, 1990; Toledo-Aceves *et al.*, 2011). Del mismo modo, se descartaron las cotas superiores a los 2500 m.s.n.m., ya que a partir de esta altitud los bosques mesófilos comienzan a ser substituidos por otros tipos de vegetación como bosques de coníferas (Rzedowski, 2006; Toledo-Aceves *et al.*, 2011). De

acuerdo con la metodología de Echeverría *et al.* (2011) y Rey Benayas *et al.* (2011), se excluyeron los municipios que abarcaban un porcentaje menor del 50% de su territorio dentro de los datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación.

De igual manera, sólo se tomó en cuenta la zona de barlovento, que es la que recibe la humedad proveniente del Golfo de México y donde se ubican estos bosques. La delimitación del estudio a la zona de barlovento fue de suma importancia dentro del análisis de percepción remota, debido a que las características y valores de la radiación electromagnética de la vegetación que reciben los sensores satelitales desde esta zona son diferentes a la zona de sotavento, todo esto, causado porque el viento húmedo proveniente del Golfo de México que choca contra las laderas de esta zona, produce grandes descargas de lluvia y a medida que el viento asciende alcanzando altitud, va perdiendo humedad. En la cima, el viento desciende por el lado de sotavento más cálido y seco (Martín *et al.*, 2007; Scholl *et al.*, 2007).

La delimitación del área de estudio concluyó con una superficie de 128,992 ha, en la Región Terrestre Prioritaria “Sierra del Norte de Oaxaca” entre las coordenadas 17°30’-18°00’ N y 96°50’-96°10’ W, abarcando 3 distritos, 10 municipios y 56 localidades, las cuales se encuentran en una cota altitudinal entre los 1100 y 2500 m s.n.m. (Figura 2). Los municipios que comprende el área de estudio son: San Andrés Teotilápam, San Francisco Chapulapa, San Juan Tepeuxila, San Pedro Sochiapam, San Pedro Teutila y Santa María Tlaxiact correspondientes al distrito de Cuicatlan; San Juan Quiotepec, San Pedro Yolox y Santiago Comaltepec del distrito de Ixtlán; y finalmente, San Felipe Usila del distrito de Tuxtepec. Dentro de estos municipios se hablan 3 lenguas indígenas diferentes: chinanteco, cuicateco y mazateco.

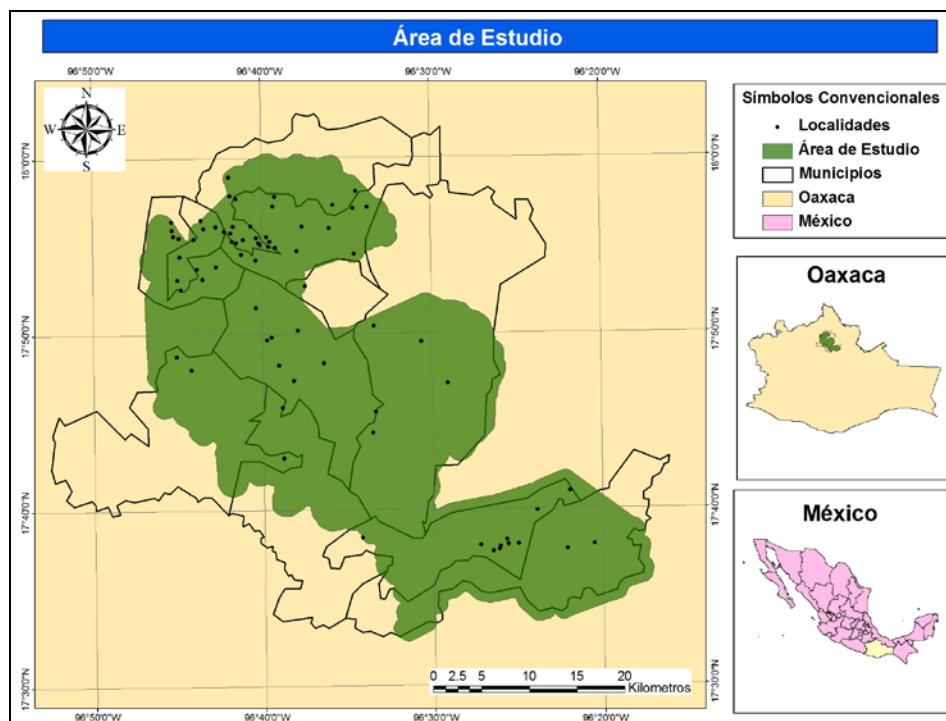


Fig. 2 Área de estudio.

## 6.2 PERCEPCIÓN REMOTA

Para describir las transiciones y cambios de uso del suelo a través del tiempo, se utilizó un conjunto de dos escenas Landsat para los años 1996 (TM) y 2010 (ETM+). Con el fin de llevar a cabo una comparación cuantitativa de las imágenes para el estudio.

## 6.3 PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Previo a realizar la evaluación de las transiciones y cambios de uso de suelo, se efectuaron correcciones a las imágenes satelitales Landsat-TM 1996 y Landsat-ETM+ 2010 mediante el programa PCI Geomatics 7.0 (Echeverría *et al.*, 2006). Se realizaron los pre-procesamientos, incluyendo la corrección geométrica, la corrección topográfica y la corrección atmosférica solo se empleo en la imagen TM debido a que la imagen ETM+ fue adquirida con esta corrección previa.

### 6.3.1 Corrección geométrica

La corrección geométrica consistió en un ajuste de las propiedades geométricas de la imagen para definir la escala, rotación, y corregir desfases de cada imagen utilizando puntos de control, para eliminar distorsiones en las imágenes ocasionadas por la curvatura de la tierra y por el sensor del satélite (Jensen, 2005; Richards & Jia, 2006). Las imágenes satelitales se georeferenciaron por separado con mapas vectoriales topográficos, así como de caminos y carreteras mediante la ubicación puntos de control basados en los mapas vectoriales de referencia para cada imagen.

### 6.3.2 Corrección atmosférica

La corrección atmosférica se aplicó para eliminar el efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión de la atmósfera, para que las variaciones en los modelos sean independientes a las condiciones atmosféricas (Chávez, 1996; Riaño *et al.*, 2000; Jensen, 2005). A través del cálculo de la reflectividad mediante la siguiente ecuación (Chuvieco, 2004):

$$\rho_k = \frac{K\pi(L_{sen,k} - L_{a,k})}{\tau_{k,o}(E_{o,k} \cos\theta_i \tau_{k,i} + E_{d,k})}$$

Donde:

$\rho_k$  = reflectividad en la banda k

K = distancia Tierra-Sol en unidades astronómicas (1 UA = 1.49598 x 10<sup>8</sup> Km, varía a lo largo del año entre 0.983 y 1.017 UAs)

$L_{sen,k}$  = radiancia espectral recibida por el sensor en la banda k (W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>)

$L_{a,k}$  = radiancia atmosférica debida a la dispersión en la banda k (W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>)

$\tau_{k,o}$  = transmisividad atmosférica para el flujo ascendente en la banda k

$E_{o,k}$  = radiancia solar en el techo de la atmósfera en la banda k (W m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>)

$\cos\theta_i$  = coseno del ángulo cenital del flujo incidente (complementario del ángulo de elevación solar)

$\tau_{k,i}$  = transmisividad atmosférica para el flujo descendente en la banda k

$E_{d,k}$  = radiancia difusa atmosférica debida a la dispersión en la banda k (W m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>)

### 6.3.3 Corrección topográfica

Se realizaron correcciones topográficas en cada escena con el fin de eliminar las sombras en las zonas montañosas y compensar las variaciones de iluminación solar, ocasionadas por la variación altitudinal del terreno, ya que las zonas sombreadas presentan menos reflectividad de lo que debieran, mientras que las zonas en iluminadas muestran una reflectividad más alta de lo esperado. Utilizando el método propuesto por Teillet *et al.* (1981) con la siguiente ecuación:

$$L_H = L_T \frac{\cos \theta_o}{\cos i}$$

Donde:

$L_H$  = radiancia observada para una superficie horizontal

$L_T$  = radiancia observada sobre el terreno con pendiente

$\theta_o$  = ángulo cenital del sol

$i$  = ángulo de incidencia del sol

## 6.4 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

Se realizó la clasificación supervisada de la imagen Landsat ETM+ 2010, utilizando diversas fuentes de información. Se utilizaron puntos de control obtenidos con un GPS en visitas de campo al área de estudio realizadas durante el año 2010. También se utilizaron datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación de la serie IV del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2010) a escala 1:250,000, que son un conjunto de datos establecidos con sistemas de información geográfica derivados a partir de imágenes satelitales Landsat (INEGI, 2010) y datos vectoriales de los cafetales del estado de Oaxaca. Del mismo modo, se utilizó el programa Google Earth para realizar inspecciones visuales del área de estudio (Rey Benayas *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2011). Debido a la disponibilidad de conjuntos de datos terrestres, el método que se aplicó para clasificar a las dos escenas Landsat fue una clasificación supervisada con el programa ENVI 4.7. Se utilizó el algoritmo de máxima verosimilitud como criterio de decisión estadística en la clasificación supervisada para separar las firmas espectrales sobrepuestas en la clasificación (Shupe & Marsh, 2004; Echeverría *et al.*, 2006; Richards & Jia, 2006), donde los píxeles se asignaron a la clase de mayor probabilidad, utilizando la siguiente ecuación (Jensen, 2005):

$$p(x|w_i) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2} \sigma_i} \exp \left[ -\frac{1}{2} \frac{(x - \mu_i)^2}{\sigma_i^2} \right]$$

Donde:

$p(x|w_i)$  = probabilidad estimada por clase

$\exp [ ]$  = base de los logaritmos naturales por clase

$x$  = valores de luminosidad en los píxeles

$\mu$  = media estimada de todos los valores para las clases

$\sigma_i^2$  = la varianza estimada de las clases

## 6.5 TIPOS DE COBERTURA DE SUELO

Las categorías de cobertura del suelo se establecieron con base a la clasificación de Anderson *et al.* (1976), donde los niveles de clasificación son: zonas urbanas o con edificaciones, zonas agrícolas o de cultivo, cafetales, pastizales, zonas de bosque, suelo desnudo.

En la imagen Landsat ETM+ 2010 se generaron un total de 34,090 píxeles de calibración basados en toda la información de referencia, que son 24,601 para bosque, 6,590 para cultivos, 2,421 para pastizales y 478 para suelos desnudos. Para la clasificación supervisada de la imagen Landsat TM 1996 se utilizó como referencia de control 60 puntos de bosque, 49 puntos de pastizales, 26 puntos de cultivos y 19 puntos suelos, obtenidos de la clasificación de la imagen Landsat ETM+ 2010. La información de las clasificaciones fue complementada con imágenes de alta resolución obtenidas del programa Google Earth y el Servicio Web de Ortofotos Digitales del INEGI escala 1:20,000 del año 1995. A estas clasificaciones se les agregaron y sobrepusieron los polígonos de zonas urbanas establecidos por INEGI (1995a; 1995b; 1995c; 1995d; 1995e).

## 6.6 EVALUACIÓN DE CLASIFICACIONES

La evaluación de la exactitud de las clasificaciones se realizó comparando la información de las imágenes clasificadas con las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI, así como puntos de control de GPS obtenidos en el área de estudio e información del programa Google Earth, sobreponiendo puntos con un muestreo aleatorio simple en las cartas de uso de suelo y vegetación, y en el programa Google Earth, asignándoles cada clase respectiva. Se construyó una matriz de confusión para comparar la clase identificada para cada punto de muestreo con las coberturas de suelo que se obtuvieron de las imágenes satelitales (Jensen, 2005; Echeverría *et al.*, 2006; Richards & Jia, 2006). Con base en la matriz de confusión se desarrolló el índice de confiabilidad Kappa, el cual sirvió para medir el nivel de concordancia entre dos conjuntos de datos (Brennan, 1981). Este índice utilizó las sumas marginales de la matriz e indica la confiabilidad del mapa, con la siguiente fórmula (Mas *et al.*, 2003):

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

Donde:

$K$  = índice de concordancia entre dos conjuntos de datos (Kappa)

$P_o$  = la proporción de área correctamente clasificada (confiabilidad global)

$P_c$  = la confiabilidad resultante del azar.

## 6.7 ANÁLISIS DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO

Los mapas obtenidos de las clasificaciones se analizaron con el programa ArcGIS 9.3 para determinar y cuantificar los cambios en la cobertura forestal. Los datos estadísticos de los



cambios en la cobertura forestal se obtuvieron a partir de la ecuación que Puyravaud (2003) ha propuesto la cual determina la tasa anual de deforestación:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1}$$

Donde:

r= porcentaje de pérdida por año

$t_1$ = tiempo inicial del análisis

$t_2$ = tiempo final del análisis

$A_1$ = superficie de una cobertura determinada en el tiempo inicial del análisis ( $t_1$ )

$A_2$ = superficie de esa cobertura para el tiempo final del análisis ( $t_2$ )

Así mismo, se siguió el protocolo metodológico de Echeverría *et al* (2006), Seto & Kaufmann, (2003), Bahadur (2011) y Rey Benayas *et al* (2011) para obtener los sitios de extracción de los valores de la variable de respuesta (cambio vs no cambio bosque) y de las variables explicativas sociodemográficas y socioeconómicas, el cual incluyó la selección de una malla de cuadros de muestreo al azar de 500x500m separados a una distancia mínima, dicha malla no se sobrepone en dos o más límites territoriales comunales de los polígonos del Registro Agrario Nacional (RAN). La malla se obtuvo a partir de un diagrama de autocorrelaciones basado en el índice de Moran (Moran, 1950) a diferentes distancias geográficas con el programa DIVA-GIS 7.5 con las extracciones de los valores de la altitud, la orientación de la pendiente e insolación dentro del área de estudio, consiguiendo a una distancia mínima de 3500 m con la orientación de la pendiente ( $r < 0.1$ ) desarrollado con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

$I$ = autocorrelación espacial

$N$ = número de unidades espaciales ordenados como  $i$  y  $j$

$X$ = variable de interés

$w_{ij}$  = elementos de la matriz de pesos espaciales

A partir de los diagramas de autocorrelaciones del Índice de Moran se obtuvieron 74 sitios de extracción de valores de 500x500 m a una distancia mínima de 3,500 m, con los cuales llevaron a cabo los análisis posteriores (Tabla 1) (Figura 3).

Tabla 1. Valores de autocorrelaciones Índice de Moran

500x500m	1500	2000	2500	3000	3500	4000
<b>Altitud</b>	0.896	0.863	0.806	0.747	0.722	0.702
<b>Orientación</b>	-0.106	-0.105	-0.027	-0.016	<b>0.00081*</b>	0.0050
<b>Insolación</b>	0.1454	0.1330	0.1254	0.1202	0.1161	0.1005

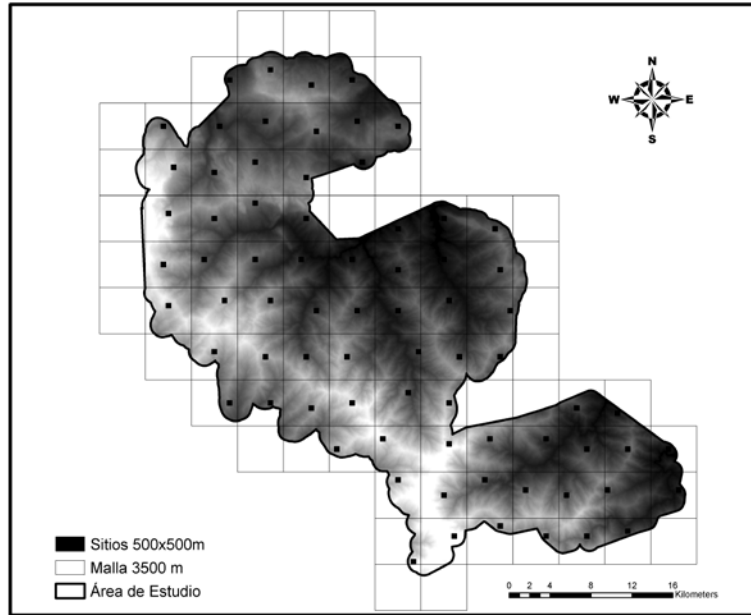


Fig. 3. Sitios de extracción de valores de las variables a 3,500 m

## 6.8 ANALISIS DE RELACIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VARIABLES SOCIALES

Para analizar las relaciones del cambio de uso del suelo, se realizó un diseño de investigación documental bibliográfica para organizar, depurar, sobreponer, analizar e interpretar variables estadísticas sociodemográficas de los distintos municipios del área de estudio de bases de datos oficiales (Mogalakwe, 2006). Para el análisis se seleccionaron las variables sociodemográficas que pueden influir en los cambios de cobertura del suelo (Hecht & Saatchi, 2007; Hecht, 2008; Bhattarai *et al.*, 2009; Figueroa *et al.*, 2009; Pineda Jaimes *et al.*, 2010; Bonilla-Moheno *et al.*, 2011; Rey Benayas *et al.*, 2011; Shi *et al.*, 2011): población total, proporción de sexos, alfabetismo, hablantes de lenguas indígenas, emigración y marginación. Dichas variables se obtuvieron a partir de la información proporcionada por INEGI (1995f; 2010) y SEDESOL (2010).

A partir de esta información se llevo a cabo el procedimiento PROC GLM en el programa SAS 9.1 entre el cambio de uso del suelo y las variables sociales para determinar los efectos que estas tienen sobre el bosque en los dos periodos de análisis. Dicho procedimiento, usa el método de los mínimos cuadrados para adaptar los modelos lineales generales. PROC GLM maneja los modelos que se relacionan con la variable dependiente con una o varias variables independientes. Para llevar a cabo el procedimiento PROC GLM, inicialmente se realizaron diversas transformaciones a los datos de las variables (logaritmos, logits, arco seno de la raíz cuadrada) para eliminar la variación de los datos lo mas posible. Posteriormente, se efectuó un análisis univariado de los datos transformados para determinar cual de las transformaciones realizadas tenia el comportamiento más normal posible (kurtosis=0 y asimetría=0), para utilizarlas en los análisis siguientes. Después, se realizo un análisis de correlación de las variables transformadas seleccionadas para eliminar las correlacionadas entre si ( $r > 0.9$ ). A continuación, se estandarizaron los datos (media=0 y desviación estándar =1) para asegurarse de los supuestos de una distribución normal y homocedasticidad. Subsecuentemente, se efectuó el procedimiento

PROC GLM repetidas veces hasta eliminar todas las variables con menor significancia. Finalmente, se volvió a efectuar el procedimiento PROC GLM para cada una de las variables altamente significativas y obtener los residuales que muestran los efectos de las variables sobre el bosque.

## VII. RESULTADOS

### 7.1 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Para la imagen Landsat TM 1996 se generaron 154 píxeles de calibración con una precisión general del 88% (136/154) y un índice de confiabilidad Kappa de 0.61, lo que indica que la concordancia de la clasificación con respecto a la información de referencia es aceptable. Los bosques mesófilos de la SNO ocupaban 102,053.07 Ha (79.30%) en el área de estudio para el año 1996, las zonas urbanas abarcaban 2015.01 Ha (1.57%), los cafetales 1,955.61 Ha (1.52%), los cultivos 11,247.12 Ha (8.74%), los pastizales 7,263.18 Ha (5.64%) y los suelos desnudos 4,155.21 Ha (3.23%) (Figura 4).

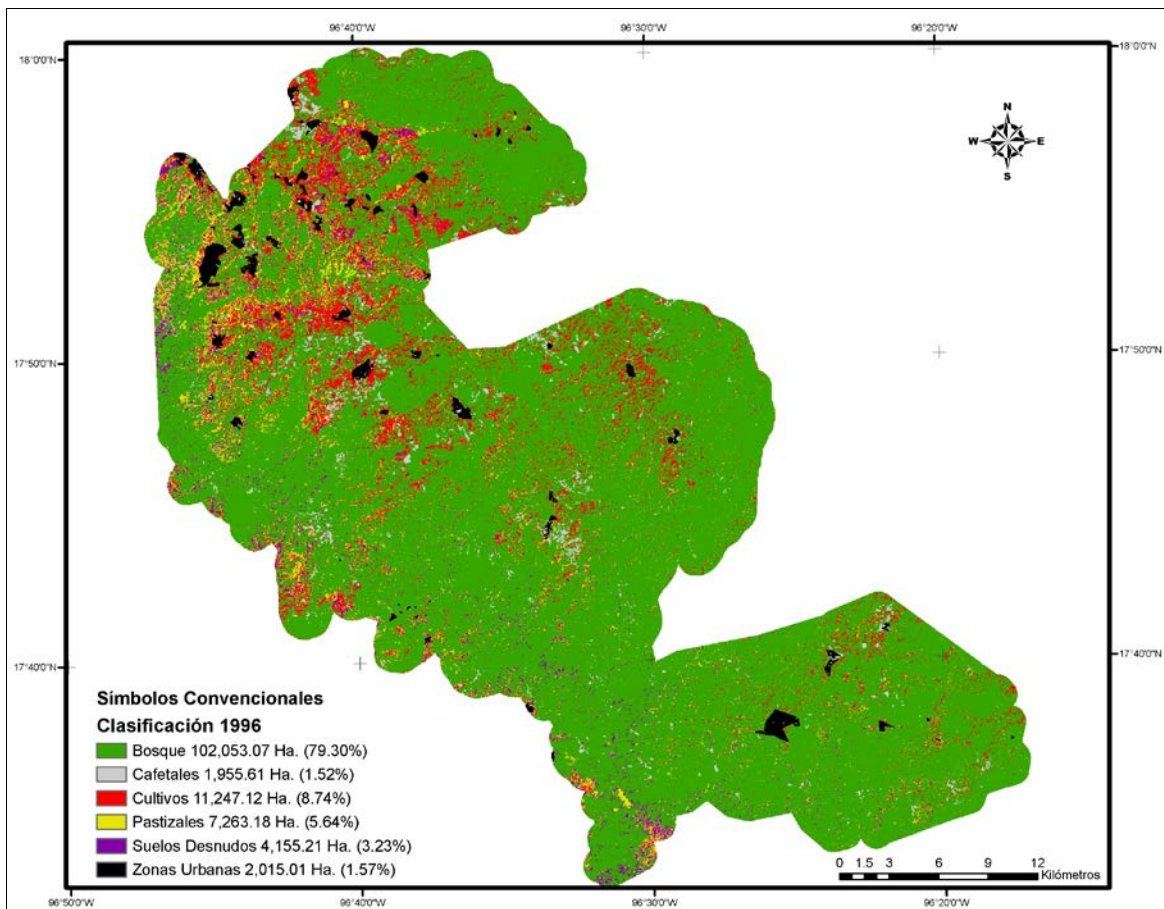


Fig. 4. Mapa de clasificación de uso de suelo y vegetación del área de estudio en la SNO para el año 1996 basada en la imagen Landsat TM 1996

La extensión total que se manifestó de bosques mesófilos en la SNO para el año 2010 fue de 112,631.94 Ha (87.32%) dentro del área de estudio, las zonas urbanas abarcaron 2,014.65 Ha (1.56%), los cultivos 4,639.14 Ha (3.60%), los pastizales ocuparon 6,505.29 Ha (5.04%) y las áreas con suelos desnudos se extendieron en 1,457.10 Ha (1.13%) (Figura 5). En esta clasificación se obtuvo una precisión general de 84.58% (28,834/34,090) y un índice de confiabilidad Kappa de 0.66.

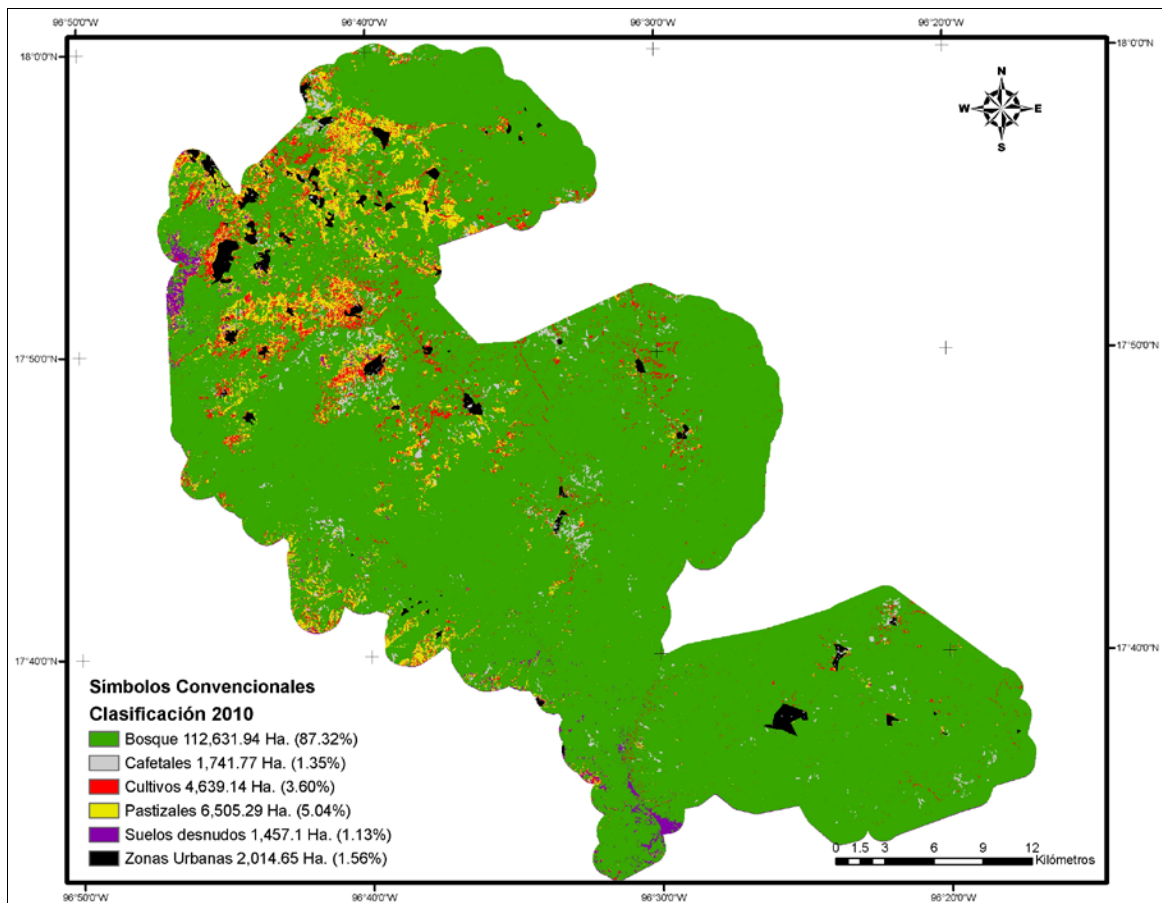


Fig. 5. Mapa de clasificación de uso de suelo y vegetación del área de estudio en la SNO para el año 2010 basada en la imagen Landsat ETM+ 2010

## 7.2 COBERTURAS Y CAMBIOS DE USO DEL SUELO 1996-2010

Se realizó una comparación entre las coberturas del suelo de 1996 y 2010 un gráfico que señala que para el año 2010 los bosques han recobrado espacio dentro la SNO, y por otro lado, los cultivos y pastizales han perdido área (Figura 6).

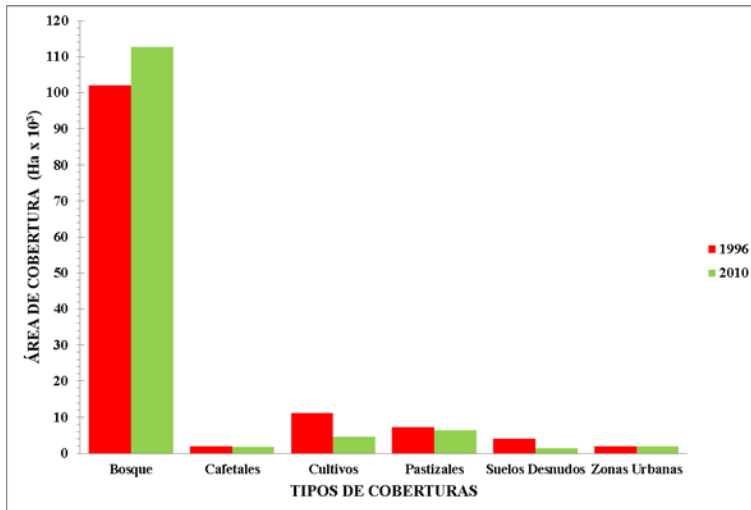


Fig. 6. Superficie total de las coberturas en el área de estudio en la SNO 1996-2010

De igual forma, se hicieron comparaciones porcentuales de cada una de las coberturas para ambos periodos de análisis y se observa que del año 1996 al año 2010 existe una disminución de diversas zonas en el sitio de estudio, como la reducción considerable en los cultivos de -5.14% y los suelos desnudos -2.10%, de igual forma, los cafetales disminuyeron -0.17% y los pastizales -0.60%. Cabe destacar que de 1996 al 2010 las áreas de bosque incrementaron 8.02 % equivalentes a 10,578.87 Ha, con una tasa anual de recuperación del 0.70 % (Figura 7) (Figura 8) (Figura 9).

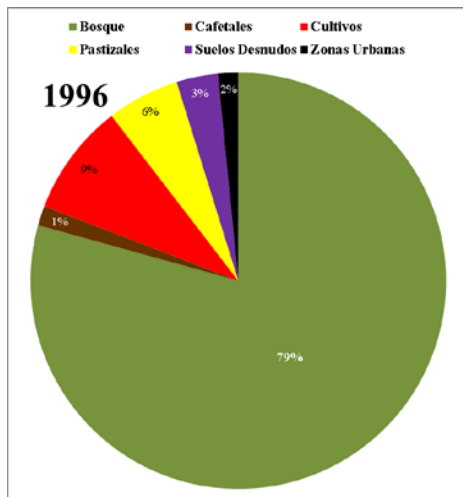


Fig. 7. Porcentaje de Coberturas en el área de estudio en la SNO 1996

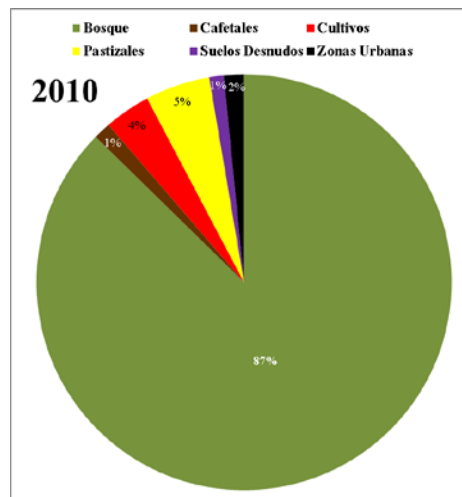


Fig. 8. Porcentaje de Coberturas en el área de estudio en la SNO 2010

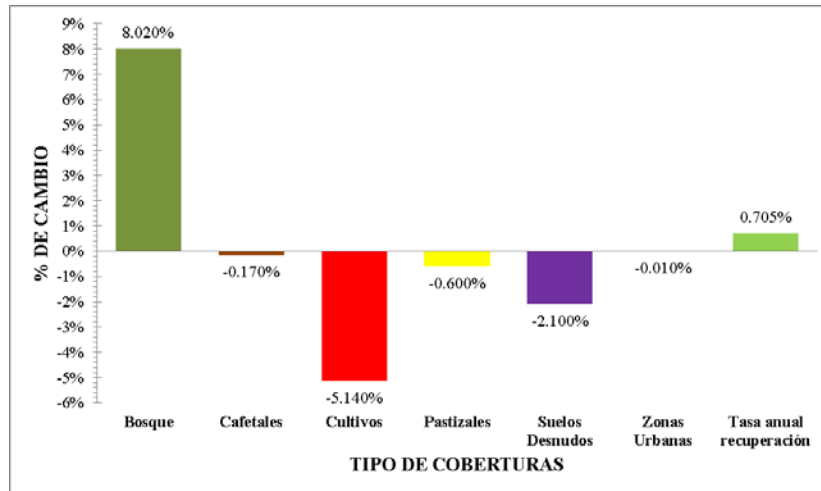


Fig. 9. Cambios porcentuales en coberturas del área de estudio en la SNO 1996-2010

### 7.3 POBLACIÓN Y CAMBIOS 1995-2010

Con base en la información del INEGI (1995 y 2010), se detectaron los siguientes cambios entre 1995 y 2010, la población total casi esta en equilibrio, pues mostro un incremento menor al 1%. Respecto al alfabetismo, la población hablante de alguna lengua indígena y la población emigrante tuvieron incrementos en la población, y únicamente disminuyo la proporción de sexos (Tabla 2).

Tabla 2. Datos Generales de la Población del área de estudio en la SNO 1995-2010

	Población Total	Relación H M %	Alfabetismo %	Hablantes Indígenas %	Población Emigrante %
<b>1995</b>	17,826	103.93	64.79	48.68	0.68
<b>2010</b>	17,936	97.03	74.91	51.30	2.66
<b>% Cambio</b>	0.62	-6.90	10.12	2.62	1.98

En la figura 11, se observa que las tres variables con mayores incrementos de 1995 a 2010 fueron el alfabetismo en primer lugar, seguida por los hablantes de alguna lengua indígena y en tercer lugar la emigración.

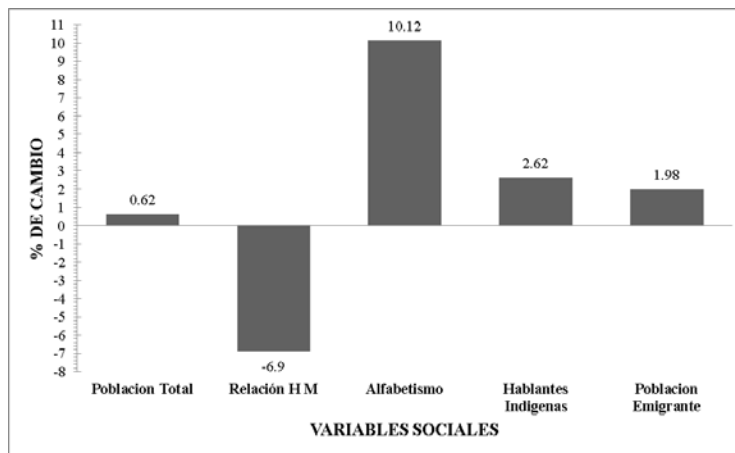


Fig. 11. Cambios porcentuales de las variables sociales del área de estudio en la SNO 1995-2010

## 7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las relaciones entre la recuperación del bosque y las variables sociales correlacionadas significativamente tuvieron diferentes comportamientos, ya que la variable de proporción de sexos fue la única que presentó una correlación negativa a comparación de la población alfabetizada, la población emigrante y la marginación (Tabla 3).

Tabla 3. Correlaciones entre la tasa de recuperación del bosque y las variables sociales

	PT	PS	PA	PI	PE	M
<b>Correlación de Pearson Recuperación del Bosque</b>	-0.093	-0.504*	0.613**	0.021	0.478**	0.443*
<b>Sig. (bilateral)</b>	0.246	0.056	0.001	0.574	0.000	0.025
<b>(N =74)</b>						
PT=Población Total, PS=Proporción de Sexos, PA= Población Alfabetizada, PI=Población Indígena, PE=Población Emigrante, M=Marginación Significancia $p < 0.05$ (bilateral)* Significancia $p < 0.01$ (bilateral)**						

El mejor modelo estadístico de recuperación de bosques que se obtuvo a partir del procedimiento PROC GLM, incluyeron las variables demográficas y socioeconómicas (población total, proporción de sexos, alfabetismo, hablantes de lenguas indígenas, emigración, marginación) fue el que obtuvo una  $R^2 = 0.18$ ,  $p < 0.1$  (Tabla 4), y las variables significativas fueron emigración, proporción de sexos, alfabetismo y marginación (Tabla 5).

Tabla 4. Análisis de varianza del modelo GLM final

Fuente	DF	Suma Cuadrados	Cuadrado Media	F-Valor	Pr > F	R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz MSE	Tasa-Rec Media
Modelo	6	0.00475297	0.00079216	2.47	0.03	0.181186	205.437	0.017905	0.008716
Error	67	0.02147955	0.00032059						
Total Correcto	73	0.02623252							

Tabla 5. Variables con mayor contribución al modelo GLM final.

Variable	F-valor	Pr > F
Emigración	4.29	0.0423*
Proporción de sexos	5.57	0.0211*
Alfabetismo	11.53	0.0012**
Marginación	3.95	0.0510*
Nivel de significancia $p < 0.1^*$ , $p < 0.01^{**}$		

Se obtuvieron los residuales de cada una de las variables significativas, indicando los efectos de estas mismas sobre la cobertura forestal. La emigración tuvo un efecto positivo significativo en la recuperación, lo que indica que la recuperación de los bosques fue mayor en las localidades con altos índices de emigración (Figura 12). Por otra parte, la variable de proporción de sexos presenta un efecto a favor de la recuperación del bosque, ya que cuando el número de hombres en la población disminuye los bosques se recuperan, y cabe señalar que cuando el número de hombres presentes en la población aumenta en las localidades, los bosques se ven afectados por la deforestación (Figura 13).

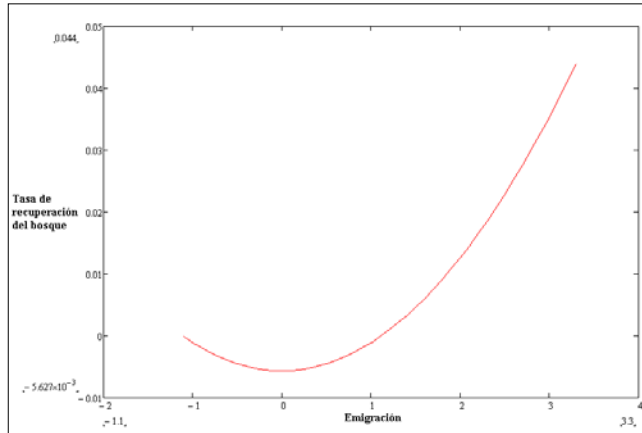


Fig. 12. Efecto de la emigración en los bosques de la SNO

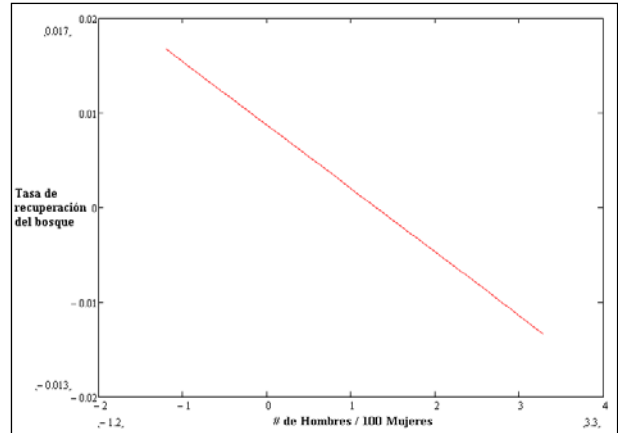


Fig. 13. Efecto de la proporción de sexos sobre los bosques de la SNO

El alfabetismo tuvo un efecto positivo en la recuperación de los bosques, ya que las localidades con más personas educadas escolarmente presentan bosques con mayor cobertura forestal y las que tienen menos alfabetismo presentan deforestación (Figura 14). Del mismo modo, la variable de marginación tuvo un efecto positivo en la recuperación del bosque, debido a que las localidades con mayor índice de marginación presentan bosques con mayores incrementos de recuperación. (Figura 15).

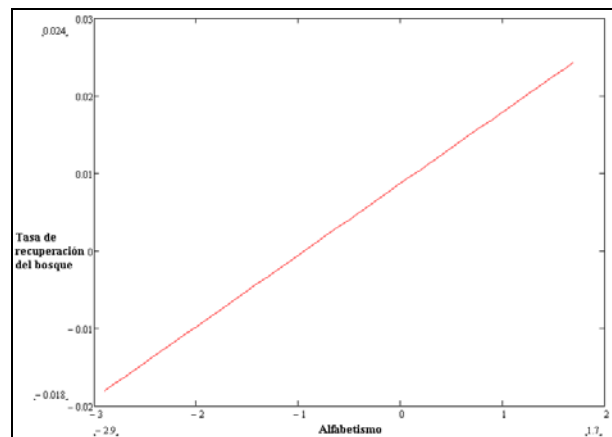


Fig. 14. Efecto del alfabetismo en los bosques de la SNO

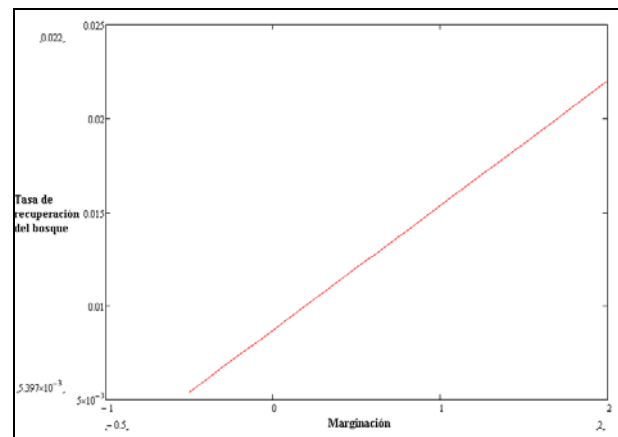


Fig. 15. Efecto de la marginación sobre los bosques de la SNO



## VIII. DISCUSION

### 8.1 CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL BOSQUE

En este trabajo se demostró que durante los últimos 15 años (1995-2010), los bosques mesófilos dentro de la SNO experimentaron un aumento en la cobertura forestal y una disminución en las coberturas antropizadas (cultivos, pastizales, zonas urbanas) a una cota altitudinal entre 1,100-2,500 m s.n.m.. Según el trabajo de Bonilla-Moheno *et al.* (2011), realizado para todo el territorio mexicano en un periodo de 10 años (2001-2010), los estados que presentaron mayor pérdida significativa en bosques húmedos fueron Chiapas, Oaxaca y Veracruz, principalmente en zonas bajas (<1,500 m s.n.m.).

Velázquez *et al.* (2003), mencionan que en el año 2001 40% de la cobertura vegetal total del estado de Oaxaca eran bosques templados, principalmente bosques de coníferas y bosques mesófilos, y contrario nuestros resultados, mencionan que en el periodo de 1980 al 2001 la cobertura de bosques primarios disminuyó 10.8% y las zonas antropizadas incrementaron su área en un 5.4%, pero por otra parte, los bosques secundarios aumentaron 5.4 %.

De acuerdo con Gómez-Mendoza *et al.* (2006), durante los años 1980 y 2000 la región perdió 11.50% de bosques mesófilos a una tasa anual de pérdida de 0.01%, las áreas agrícolas aumentaron 21.41% y los pastizales aumentaron 16.9% para toda la región. Contrario a los resultados obtenidos en esta investigación, donde la cobertura de bosques mesófilos aumentó 8.02% a una tasa anual de recuperación de 0.7%, y se observó una disminución de las áreas agrícolas del 5.14% y los pastizales 0.6%. En comparación, ellos categorizan como degradación a los bosques secundarios y no como recuperación del bosque, por lo cual presentan tan altos porcentajes de pérdida. En dicho estudio, mencionan que los bosques mesófilos secundarios aumentaron su cobertura 29.13%. Delimitan un área de bosques mesófilos primarios de 200,801 Ha para el año 1980 y 110,333 Ha de bosques mesófilo secundarios. Para el año 2000, delimitan un área de 177,128 Ha de bosques mesófilos primarios y 142,623 de bosques mesófilos secundarios. Sumando dichas cantidades, se obtiene un total de 311,134 Ha de bosques mesófilos para 1980 y 319,751 Ha para el año 2000, aumentando 8,617 Ha de bosques en 20 años, que representaría un aumento del 2.77% de la cobertura boscosa dentro del área total de la SNO.

Por lo anterior mencionado, se deben comenzar a percibir a los bosques secundarios como una forma de regeneración natural de los ecosistemas (del Castillo & Blanco-Macías, 2007) ya que son cada vez más reconocidos por su valor en la conservación de la biodiversidad como menciona Chazdon (1998), y se deben dejar de percibir como una forma de degradación, porque como ya se ha señalado, existen diversos estudios que refuerzan este nuevo paradigma (Berkes, 2004; Brandon, *et al.*, 2005; Anta, 2007).

### 8.2 FACTORES SOCIALES Y CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL BOSQUE

Como se menciono anteriormente, se demostró que los bosques mesófilos de la SNO aumentaron su cobertura forestal y en cierto modo dicho aumento esta originado en parte por atribuciones

sociales. La mayoría de los resultados apoyan la hipótesis planteada a cerca de la relación entre los cambios en la cobertura del bosque y los factores sociales. El modelo estadístico reveló que algunos factores demográficos o socioeconómicos fueron significativos para explicar los patrones de recuperación del bosque a escala local.

Existen estudios que mencionan que la recuperación del bosque no está altamente correlacionada con la disminución de la población (Bonilla-Moheno *et al.*, 2011). Aunque existen otros estudios que han demostrado una correlación positiva entre el crecimiento poblacional y la deforestación a grandes escalas espaciales y que existe una correlación entre la pérdida de población y la recuperación del bosque, (Carr, 2004; Jha & Bawa, 2006). Tal es el caso en esta investigación, ya que la emigración en las localidades en la SNO tuvo una alta significancia en el cambio de la cobertura del bosque, mostrando mayor recuperación del bosque a mayores tasas de emigración. Algunas investigaciones teóricas también mencionan la recuperación de los bosques está ligada a los fenómenos de la emigración o el abandono de las actividades agrícolas (Hecht, 2008), las cuales son originadas por el desprestigio social de las actividades agrícolas, entorpeciendo la incorporación y retención de los jóvenes en el campo (Pérez, 2001; Pérez & Farah, 2006).

Por otro lado, diversas investigaciones (Barbieri & Carr, 2005; Carr, 2009), mencionan que la presión sobre los bosques conduce a la deforestación en la mayoría de las áreas forestales por la intensificación de áreas agrícolas, y la emigración masculina no disminuye dicha presión en los bosques tropicales, dado al crecimiento continuo de la población en zonas rurales y las presiones demográficas las cuales generan aún más la emigración sin disminuir la deforestación. Por el contrario, esta investigación determinó que la recuperación del bosque está influenciada por la variable de proporción de sexos, ya que las localidades con menos hombres presentan más áreas recuperadas de bosque y las localidades que presentan más habitantes hombres comienzan a tener o tienen deforestación en sus bosques. Este fenómeno lo explican diversos estudios (Pérez, 2001; Carton de Grammont, 2004; Pérez & Farah, 2006), los cuales indican que la emigración de las localidades se presenta con mayor frecuencia en los hombres, que son los que trabajan las parcelas en el campo y tienen que abandonarlas para buscar nuevas oportunidades de ingresos, debido a la existente crisis rural y la falta de alternativas de desarrollo, mismas que se originaron a partir de la desaparición de apoyos y subsidios por parte del Estado, y a partir de la liberalización de la economía a los mercados internacionales (TLCAN).

En cuestión de marginación, Jha y Bawa (2006) establecen que la deforestación está correlacionada positivamente con la marginación. Sin embargo, esta investigación determinó que la variable de marginación tiene una alta significancia en la recuperación de áreas boscosas. Este tipo de resultados lo ratifican y explican algunos estudios en México (Deininger y Minten, 1999) que indican que sitios con altos niveles de marginación están significativamente asociados a la reducción en los niveles de deforestación. Debido a la implementación de políticas y programas que mejoran los ingresos en las zonas pobres y proporcionan beneficios en la cobertura del bosque de manera indirecta mediante la reducción de la deforestación. Sin embargo, dichos estudios omiten la influencia de los subsidios gubernamentales que han adquirido una notable importancia (PROCAMPO y Oportunidades) y promueven el tránsito de una sociedad agraria agropecuaria, a una sociedad rural en donde el sector agropecuario es la actividad menos importante en términos de población económicamente activa involucrada, disminuyendo así la

contribución progresiva de las actividades agrícolas a la generación de ingreso en el medio rural acelerando el proceso de “descampesinización o desagrarización” (Carton de Grammont, 2009).

Los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a la influencia de la educación en la cobertura del bosque expresan la más alta significancia dentro de este estudio, manifestando una mayor recuperación de bosque dentro de las localidades con más alfabetismo, contrario a las localidades con menos alfabetismo. Godoy *et al.* (1998) mencionan que la educación reduce la probabilidad de talar un bosque antiguo. Así mismo, menciona que la escolarización y la capacidad de hablar el idioma del país aumentan la influencia política de los pueblos indígenas, lo que les permite una mejor defensa de sus intereses frente a sus adversidades. Entonces la educación debe ayudar a los habitantes de los bosques tropicales frente al agotamiento de los recursos forestales mediante el aumento de su capacidad para manejar y aprovechar los recursos naturales del bosque, cambiar las normas culturales, y desarrollar nuevas instituciones para revertir la degradación ambiental. Aunque, en nuestra investigación, la variable de población indígena no fue un predictor importante en el cambio de la vegetación boscosa, lo cual es interesante, porque esta variable tuvo el segundo mayor incremento porcentual en su población.

Finalmente, en esta investigación no se determinó una relación significativa con la variable de población total y los cambios en el bosque de la SNO, contrario a lo que otras investigaciones expresan (Hecht, 2008; Figueroa *et al.*, 2009; Bonilla-Moheno *et al.*, 2011; Rey Benayas *et al.*, 2011)

## **IX. CONCLUSIONES**

Los bosques mesófilos de la SNO de Oaxaca han recuperado cobertura a un ritmo considerable, en una cota altitudinal de 1,100-2,500 m s.n.m. en los últimos 15 años y esta recuperación esta relacionada en parte a atributos sociodemográficos y socioeconómicos. Por otro lado, todas las coberturas restantes analizadas (cultivos, pastizales, suelos desnudos, cafetales, zonas urbanas) disminuyeron su área durante dicho periodo. Cabe destacar que los cultivos fueron los que más se redujeron.

Es necesario un cambio de paradigma en lo que respecta a los bosques secundarios, ya que si bien es cierto no presentan los mismos atributos que los bosques primarios, estos son parte fundamental del ciclo natural de los bosques y también poseen un valor en la conservación biológica.

La variable que tuvo mayor relación con la recuperación de bosques mesófilos en la SNO en el periodo de 1995-2010 fue el alfabetismo, seguida de la proporción de sexos, emigración y la marginación. Sin embargo, a pesar del incremento porcentual que se presento en la población indígena para dicho periodo, dicha variable no mostró influencia significativa en los cambios de la cobertura forestal. De igual manera, la población total no demostró ser una variable explicativa en el cambio de cobertura de los bosques mesófilos del área de estudio, pero contrario a la población indígena, esta tuvo un incremento porcentual muy bajo.

Como se menciono anteriormente, los cambios en el bosque se explican en parte por factores sociales, pero es recomendable realizar mas estudios considerando más variables para complementar y explicar con mayor profundidad dicho fenómeno. Dichas variables podrían ser, la actividad económica, los programas de apoyos gubernamentales, los proyectos de conservación, organizaciones comunitarias, remesas, etc.

Si bien es cierto que algunas variables sociales tienen efectos favorecedores en el bosque, tales efectos tienen un trasfondo más profundo y son consecuencias de problemáticas explicadas por los planteamientos de la Nueva Ruralidad. Por lo que debemos de considerar que la interesante recuperación actual de los bosques mesófilos en la SNO, tiene probablemente un alto costo social, el cual es muy difícil de distinguir a través de un solo enfoque disciplinario, este muchas veces nunca se menciona, es muy fácil de omitir y muy pocas veces es abordado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Arteaga, G., García-Calderón, N. E., Krasilnikov, P. V., Sedov, S. N., Targulian V. O., & Velázquez-Rosas, N. (2008). Soil altitudinal sequence on base-poor parent material in a montane cloud forest in Sierra Juárez, Southern Mexico. *Geoderma*, 144, 593-612
- Anagua, R., A. (2006). Nueva Ruralidad y Movimientos Sociales en Bolivia. En Hernandez & Meza (Eds.), *Nueva Ruralidad: Enfoques y Propuestas para América Latina*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). México. 175-189 pp.
- Anderson, J. R., Hardy, E., Roach, J., & Witmer, R. (1976). A land use classification system for use with remote sensor data. U. S Geological Survey. Washington. 28 p
- Anta, S. (2007). Áreas Naturales de Conservación Voluntaria. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C. México. 182, 1-23
- Appendini, K., & Verduzco, G. (2002). La Transformación de la Ruralidad Mexicana: Modos de Vida y Respuestas Locales y Regionales. *Estudios Sociológicos*, 20(2), 469-474
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez L., & Loa, E. (2000). Mapa de Regiones Terrestres Prioritarias de México. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Arroyo-Rodríguez, V., & Mandujano, S. (2007). Efecto de la fragmentación sobre la composición y estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano. En Sáenz J.C., & C. A. Harvey (Eds.), *Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO). Costa Rica. 179-196 pp.
- Bahadur K. C. K. (2011). Linking physical, economic and institutional constraints of land use change and forest conservation in the hills of Nepal. *Forest Policy and Economics*, 13(8), 603-613
- Barbieri, A. F., & Carr, D. L. (2005). Gender-specific out-migration, deforestation and urbanization in the Ecuadorian Amazon. *Global and Planetary Change*, 47(2-4), 99-110
- Berkes, F. (2004). Rethinking Community-based Conservation. *Conservation Biology*, 18(3), 621-630
- Bhattarai, K., Conway, D., & Yousef, M. (2009). Determinants of deforestation in Nepal's Central Development Region. *Journal of Environmental Management*, 91(2), 471-488
- Bonilla-Moheno, M., Aide, T., & Clark, M. (2011). The influence of socioeconomic, environmental, and demographic factors on municipality-scale land-cover change in Mexico. *Regional Environmental Change*, 1-15

- Brandon, K., Gorenflo, J. L., Rodrigues, S. L. A. & Waller, W. R. (2005). Reconciling Biodiversity Conservation, People, Protected Areas, and Agricultural Suitability in Mexico. *World Development*, 33 (9), 1403-1418
- Bray, D., Merino-Pérez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, P., Torres-Rojo, J., & Vester H. (2003). Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology*, 17, 672-677
- Bray, D. B. (2010). Forest Cover Dynamics and Forest Transitions in Mexico and Central America: Towards a "Great Restoration"? En *Reforesting Landscapes*. In H. Nagendra & J. Southworth (Eds.), (Vol. 10, pp. 85-120): Springer Netherlands
- Brennan, R. L. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*. 41 (3), 687-699
- Carr, D. (2004). Proximate population factors and deforestation in tropical agricultural frontiers. *Population and Environment*, 25, 585-612
- Carr, D. (2009). Population and deforestation: why rural migration matters. *Progress in Human Geography*, 33, 355-378
- Carton de Grammont, H. (2004). La nueva ruralidad en América Latina. *Revista Mexicana de Sociología*, 66, 279-300
- Carton de Grammont, H. (2009). La desagrarización del campo Mexicano. *Convergencia*, 16(50), 13-55
- Chavez, P. S. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9), 1025-1036
- Chazdon, R. L. (1998). Tropical Forests-Log 'Em or Leave 'Em?. *Science*, 281(5381), 1295-1296
- Chazdon, R. L. (2003). Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6, 51-71
- Chuvieco, E. (2004). Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio (3. ed.). Ediciones Ariel Ciencia. Madrid. 586 p
- Corbera, E., González-Soberanis, C., & Brown, K. (2009). Institutional dimensions of Payments for Ecosystem Services: An analysis of Mexico's carbon forestry programme. *Ecological Economics*, 68, 743-761
- Del Castillo, R. F., & Blanco-Macías, A. (2007). Secondary Succession Under a Slash-and-burn Regime in a Tropical Montane Cloud Forest: Soil and Vegetation Characteristics. En Newton, A. C. (Eds.), *Biodiversity Loss and Conservation in Fragmented Forest*

*Landscapes: The Forests of Montane México and Temperate South America.* Institute of Ecology and Resource Management, University of Edinburgh, UK. 158-180 pp

- Delgado, C. J. (1999). La Nueva Ruralidad en México. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 39, 82-93
- Deininger, K. W., & Minten, B. (1999). Poverty, Policies, and Deforestation: The Case of Mexico. *Economic Development and Cultural Change*, 47(2), 313-344
- Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130(4), 481-494
- Echeverría, C., Kitzberger, T., Rivera, R., Manson, R., Vaca, R., Cristóbal, L., Machuca, G., González, D., & Fuentes, R. (2011). Assessing Fragmentation and Degradation of Dryland Forest Ecosystems. En Newton, A.C. & N. Tejedor. (Eds.), *Principles and Practice of Forest Landscape Restoration: Case studies from the drylands of Latin America*. Gland, Switzerland. International Union for Conservation of Nature (IUCN). XXVI. 65-102 pp
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J. A., & Trejo, I. (2009). Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation*, 36(03), 180-191
- Flores, A., & Manzanero, G. (1999). Tipos de vegetación del estado de Oaxaca. En Vásquez, M. A. (Eds.), *Sociedad y Naturaleza de Oaxaca, Vegetación y Flora*. 3, 7-45 pp.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., & Snyder, P. K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309 (5734), 570-574
- García, L. L., & Quintero, R. M. L. (2009). Desarrollo local y nueva ruralidad. *Economía*, 28, 191-121
- García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y. M., Valdivieso-Pérez, I. A., Maser, O. R., Bocco, G., & Vandermeer, J. (2009). Neotropical Forest Conservation, Agricultural Intensification, and Rural Out-Migration: The Mexican Experience. *BioScience*, 59(10), 863-873
- Gerritsen, P. R. W. (2010). Perspectivas campesinas sobre el manejo de los recursos naturales. Mundi-Prensa. México, D.F. 262 p
- Godoy, R., Groff, S., & O'Neill, K. (1998). The Role of Education in Neotropical Deforestation: Household Evidence from Amerindians in Honduras. *Human Ecology*, 26(4), 649-675
- Gómez-Mendoza, L., Vega-Peña, E., Ramírez, M. I., Palacio-Prieto, J. L., & Galicia, L. (2006). Projecting land-use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Applied Geography*, 26, 276-290

- Harvey, A. C., Saénz, C. J., & Montero, J. (2007). Conservación de la Biodiversidad en Agropaisajes de Mesoamérica: ¿Qué Hemos Aprendido y Qué Nos Falta Conocer?. En Saénz, J.C. & C. A. Harvey (Eds.), *Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO). Costa Rica. 579-599 pp
- Hecht, S., & Saatchi, S. (2007). Globalization and forest resurgence: Change in forest cover in El Salvador. *Bioscience*, 57(8), 663-672
- Hecht, S. (2008). The New Rurality: Globalization, Peasants and the Paradoxes of Landscapes. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 17, 141-160
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995a). Carta topográfica San Juan Bautista Cuicatlán, E14D17, 1:50,000. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995b). Carta topográfica San Felipe Usila, E14D18, 1:50,000. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995c). Carta topográfica Santiago Nacaltepec, E14D27, 1:50,000. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995d). Carta topográfica San Juan Quiotepec, E14D28, 1:50,000. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995e). Carta topográfica Ayotzintepec, E14D29, 1:50,000. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1995f). Censo de población y vivienda 1995. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2010). Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000 Serie IV (conjunto nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México
- Jensen, R. J. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. (3. ed.). Pearson Prentice Hall. New Jersey, USA. 526 p
- Jha, S., & Bawa, K. S. (2006). Population Growth, Human Development, and Deforestation in Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology*, 20(3), 906-912
- Killion, W. T. (1990). Cultivation Intensity and Residential Site Structure: An Ethnoarchaeological Examination of Peasant Agriculture in the Sierra de los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Latin American Antiquity*, 1(3), 191-215



- Klooster, D. (2003). Forest transitions in Mexico? Institutions and forests in a globalized countryside. *Professional Geographer*, 55, 227-237
- Koleff, P., Tambutti, M., March, I. J., Esquivel, R., Cantú, C., & Lira-Noriega, A. (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Eds.), *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 651-718 pp
- Martin, P. H., Sherman, R. E. & T. J. Fahey. (2007). Tropical montane forest ecotones: climate gradients, natural disturbance, and vegetation zonation in the Cordillera Central, Dominican Republic. *Journal of Biogeography*, 34, 1792–1806
- Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., & Pérez, V. A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas*, 51, 53-72
- Metzger, J. P. (2003). Effects of slash-and-burn fallow periods on landscape structure. *Environmental Conservation*, 30(4), 325–333
- Mogalakwe, M. (2006). The Use of Documentary Research Methods in Social Research. *African Sociological Review*, 10, 221-230
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37, 17-23
- Muñoz-Piña, C., Guevara, A., Torres, J. M., & Braña, J. (2008). Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics*, 6, 725-736
- Pérez, E. (2001). Hacia una nueva visión de lo rural. En Giarracca N. (Eds.), *¿Una nueva ruralidad en América Latina?* CLACSO-ASDI, Buenos Aires. 17-29
- Pérez, C. E. (2004). El Mundo Rural Latinoamericano y La Nueva Ruralidad. *Nómadas (Col)*, 20, 180-193
- Pérez, E., & Farah, M. A. (2006). Nueva Ruralidad en la Encrucijada de la Globalización Neoliberal. En Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), *Nueva ruralidad. Enfoques y propuestas para América Latina*. Cámara de Diputados LX Legislatura, México, 31-69
- Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Franco Plata, R. (2010). Exploring the driving forces behind deforestation in the state of Mexico (Mexico) using geographically weighted regression. *Applied Geography*, 30(4), 576-591
- Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177, 593-596

- Rey Benayas, J. M., Cristóbal, L., Kitzberger, T., Manson, R., López-Barrera, F., Schulz, J., Vaca, R., Cayuela, L., Rivera, R., Malizia, L., Golicher, D., Echeverría, C., del Castillo, R., & Salas, J. (2011). Assessing The Current Extent and Recent Loss of Dryland Forest Ecosystems. En, Newton, A.C. & N. Tejedor. (Eds.), *Principles and Practice of Forest Landscape Restoration: Case studies from the drylands of Latin America*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature (IUCN). XXVI. 23-63 pp
- Riaño, D., Salas, J., & Chuvieco, E. (2000). Corrección atmosférica y topográfica, información multitemporal y auxiliar aplicadas a la cartografía de modelos de combustibles con imágenes Landsat-TM. En Aguado, I., & Gómez, M. (Eds.), *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*. Universidad de Alcalá, España. 222-239 pp
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. (4. ed.) Springer-Verlag. Berlin. 439 p
- Robson, J. P., & Berkes, F. (2011). Exploring some of the myths of land use change: Can rural to urban migration drive declines in biodiversity? *Global Environmental Change*, 21(3), 844-854
- Rosas, B. M. (2011). *Introspección A Las Racionalidades Alternas Al Capitalismo: Economía Ecológica y Actividades No proletarias Generadoras de Excedentes en el Sector Rural de América Latina*. Alemania: Ediciones LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Limusa, S.A. de C.V.. México, D.F. 504 p.
- Scholl, M. A., Giambelluca, T. W., Gingerich, S. B., Nullet, M. A., & Loope, L. L. (2007). Cloud water in windward and leeward mountain forests: The stable isotope signature of orographic cloud water. *Water Resources Research*, 43, 1-13
- SEDESOL. 2010. *Indicadores de Marginación de localidades de México 2010*.
- Seto, K. C., & Kaufmann, R. K. (2003). Modeling the Drivers of Urban Land Use Change in the Pearl River Delta, China: Integrating Remote Sensing with Socioeconomic Data. *Land Economics*, 79(1), 106-121
- Shi, Z.-H., Li, L., Yin, W., Ai, L., Fang, N.-F., & Song, Y.-T. (2011). Use of multi-temporal Landsat images for analyzing forest transition in relation to socioeconomic factors and the environment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3), 468-476
- Shupe, S. M., & Marsh, S. E. (2004). Cover- and density-based vegetation classifications of the Sonoran Desert using Landsat TM and ERS-1 SAR imagery. *Remote Sensing of Environment*, 93(1-2), 131-149

- Teillet, P. M., Guindon, B., Goodenough, D. G. (1981). On the slope-aspect correction of multispectral scanner data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8, 84–106
- Toledo-Aceves, T., Meave, J. A., González-Espinosa, M., & Ramírez-Marcial, N. (2011). Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management*, 92, 974-981
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., & Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. Gaceta 62, 21-37
- Velázquez, A., Duran, E., Ramírez, I., Mas, J. F., Ramírez, G., Bocco G., & Palacio, J. L. (2003). Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico. *Global Environmental Change*, 3(12), 8-24
- Vergara-Sánchez, M. A., & Etchevers-Barra, J. D. (2006). Relación entre el uso de la tierra y su fertilidad en las laderas de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 40 (5), 557-567
- Yang, X., Jiang, G.-M., Luo, X., & Zheng, Z. (2011). Preliminary mapping of high-resolution rural population distribution based on imagery from Google Earth: A case study in the Lake Tai basin, eastern China. *Applied Geography*, 32(2), 221-227