



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS E INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

Conductores del cambio de cobertura del bosque de encino en la Reserva de la Biosfera
Tehuacán-Cuicatlán: un análisis regional y local

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO
DE DOCTORA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

LAURA PAULINA OSORIO OLVERA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Arturo García Romero
Instituto de Geografía

COMITÉ TUTORAL:

Dra. Naxhelli Ruíz Rivera
Dr. Stéphane André Couturier
Posgrado en Geografía

Ciudad Universitaria, CDMX

marzo 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

A mis hijos: Sebastián y Julián Guerra Osorio. Por todo su apoyo y amor incondicional en cada paso que doy. Son mi luz en este andar. A mi esposo Francisco Guerra Martínez por todo su amor y apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Agradecimientos institucionales

Agradezco al Posgrado en Geografía y al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México por ser parte de mi formación profesional y por brindarme la posibilidad de culminar esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme dos años de beca durante mis estudios de doctorado.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), UNAM por los proyectos: DGAPA-PAPIIT IN300821: Determinantes físicos y sociales del efecto de borde en fragmentos de bosque templado, centro de México y DGAPA-PAPIIT IN301218: Evaluación multiescalar de los factores biofísicos y socioeconómicos que inciden en el cambio de cobertura y uso del suelo en los bosques templados del centro y sur de México.

Al laboratorio de Microdatos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) por brindarme información socioeconómica a nivel localidad.

Agradecimientos a título personal

Un especial agradecimiento a mi tutor principal el Dr. Arturo García Romero por haberme aceptado como su alumna y por su apoyo en todos los aspectos y sus grandes enseñanzas que permitieron desarrollar y culminar este trabajo. Mi profundo agradecimiento a los miembros de mi comité tutorial y participantes como sínodo. Los Dres: Stephane Couturier y Naxhelli Ruiz Rivera, por sus valiosas aportaciones en cada momento, las cuales me permitieron estructurar y mejorar esta tesis.

Un enorme agradecimiento a cada uno de los miembros de mí jurado, los Dres: Verónica Ibarra, Yan Gao y Carlos Granados, quienes revisaron este trabajo e hicieron valiosas aportaciones a esta tesis.

A mi familia, a mis hijos Sebastián y Julián Guerra Osorio, quienes me motivaron a cumplir mis anhelos y les debo todo su apoyo y amor incondicional. A mi esposo Francisco Guerra Martínez, muchas gracias por todo tu apoyo y por tus valiosos comentarios que me permitieron desarrollar y concretar esta tesis. Admiro toda tu capacidad y estaré siempre orgullosa de ti.

A mis padres (Consuelo Olvera y Alfredo Osorio), quienes me dieron la vida y me apoyaron en cada momento. A mi hermano Luis Osorio, por ser mi amigo, quien siempre ha visto por mí. A mi cuñada Rusby Contreras por ser mi amiga y por abrirme las puertas para ingresar a las localidades de estudio.

Agradezco a mi suegra Isabel Martínez y a mi suegro Mariano Guerra. A mis cuñados Mariano e Isamari Guerra. Muchas gracias por todo su apoyo.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos del laboratorio, quienes siempre me apoyaron con sus valiosos comentarios. A Alejandra Cruz, Gabriela Santibáñez, Diana Galindo, Dalia Gutiérrez, Ian Espinoza, Luis Fernando Cruz, Viridiana Corro, Carlos Granados, Tatiana Geler, Ulysses Ramírez y Alfredo Manzano.

Un enorme agradecimiento a mi amiga Alejandra Cruz Bazán y a sus padres Isabel Bazán y Roberto Cruz. Estaré siempre agradecida por abrirme las puertas de su casa y por apoyarme en la realización de las encuestas en la localidad La Estancia.

Al Biólogo Fernando Reyes Flores, director de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, por brindarme información para los primeros acercamientos a las localidades A mi amiga Socorro García, por brindarme su apoyo para contactar a las localidades y por enseñarme todos sus valiosos conocimientos en la RBTC.

Un profundo agradecimiento a las localidades: Santa María Ixcatlán y a La Estancia, Coixtlahuaca. Al comisariado de bienes comunales de la localidad Ixcatlán, el Sr. Jaime Álvarez y a su familia por abrirme las puertas de su hogar. Al comisariado de bienes comunales de la localidad La Estancia, el Sr. Rafael Juárez Lara, por su apoyo para acceder a la localidad. Ambas localidades me brindaron su confianza y apoyo para la realización de las entrevistas y encuestas para esta tesis. A Kari Alonso, por apoyarme en la realización de encuestas en la localidad Santa María Ixcatlán.

Resumen

Los bosques de encino (*Quercus* sp.) están representados escasamente en las Áreas Naturales Protegidas de México y son sumamente vulnerables a la deforestación. Los bosques de encino presentes en la Región Tehuacán-Cuicatlán (RTC), que incluye el área de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) y su Zona de influencia, abarcan una superficie de 175,959 ha (19% del área de la RBTC) (INEGI, 2011), lo que representa una extensión considerable para fines de conservación. Sin embargo, dada las crecientes actividades económicas como la agricultura, el pastoreo de ganado y la extracción de leña como fuente de combustible, han promovido la deforestación y la degradación, mientras que el abandono de estas actividades se ha asociado con procesos de recuperación de la vegetación. El análisis del proceso de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) involucra el entendimiento de los conductores biofísicos y socioeconómicos asociados a la deforestación y la recuperación de los bosques de encino. El objetivo principal del estudio fue analizar la dinámica regional y local asociado a los conductores que se asocian a los procesos de cambio de cobertura de los bosques de encino presentes en la Región Tehuacán-Cuicatlán. El análisis regional involucró el reconocimiento de los conductores en dos periodos; uno previo a la declaración de la RBTC (1979-2001) y otro posterior (2001-2011). El bosque de encino se deforestó en el primer periodo, previo al decreto (1979-2001), con una tasa anual de cambio de -0.97%. La deforestación estuvo asociada a áreas de baja pendiente, cercanas a localidades y con presencia de mayor población masculina. En contraste con el segundo periodo, posterior al decreto (2001-2011), donde resaltó la recuperación (0.22%) y se asoció a áreas de elevada pendiente y altitud, con una disminución de la población masculina. Se registró en efecto una fuerte emigración masculina en la RTC en los periodos 1979-2011 y 2000-2011, con el consecuente abandono de actividades agropecuarias. Por otra parte, el análisis local comprendió la determinación de la dinámica local de los procesos de deforestación, degradación y recuperación en dos localidades de la RBTC (Santa María Ixcatlán y La Estancia [San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca]) en dos periodos de estudio: uno previo al decreto (1979-1995), y otro posterior al decreto, evaluando la subzonificación de la RBTC (1995-2017). Se establecieron ventanas de 4*4 km en las subzonas de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, Preservación y Uso tradicional y la Zona de influencia. Los resultados mostraron que la degradación fue el

proceso más importante que causó la eliminación del bosque de encino. No obstante, la recuperación en el segundo periodo (1995-2017) fue relevante en la localidad La Estancia ya que presentó una revegetación de 63.96 ha de bosque de encino. Mientras que en la localidad Ixcatlán, se detectó en el primer periodo (1979-1995) una mayor pérdida de cobertura de 128 ha de bosque de encino, siendo la subzona de Preservación, la que obtuvo una pérdida 23.25 ha. Finalmente, el análisis de los conductores de los medios de vida que promueven el cambio de cobertura del bosque de encino en la RBTC se realizó mediante entrevistas semiestructuradas y encuestas a cada localidad. Se realizaron modelos lineales generalizados para determinar los factores que determinan la elección de los medios de vida. Los conductores del cambio de cobertura en las localidades fueron: la extracción de leña, la ganadería y la agricultura. Los bosques de encino son el capital natural necesario para la subsistencia de las localidades rurales. Las localidades rurales muestran una diversificación de medios de vida para obtener los recursos para su subsistencia. El decreto como RBTC no debe considerarse la causa principal del cambio de los procesos de CCUS; sin embargo, debe aceptarse una injerencia indirecta.

Índice

Resumen	6
Índice	8
Introducción.....	12
Objetivos.....	15
Estructura de la tesis	16
Literatura citada.....	17
Capítulo I. Marco teórico-conceptual.....	19
1.1. Los bosques de encino.....	20
1.2. El proceso de cambio de cobertura y uso del suelo.....	21
1.2.1. La deforestación	21
1.2.2. La degradación	24
1.2.3. La recuperación.....	25
1.3. Conductores del cambio de cobertura y uso del suelo.....	26
1.3.1. Conductores del cambio a escala regional	27
1.3.1.1. Conductores biofísicos indirectos	27
1.3.1.2. Conductores socioeconómicos indirectos	28
1.3.2. Conductores del cambio a escala local	29
1.3.2.1. Concepto de medio de vida	30
1.3.2.2. Activos y su clasificación	30
1.3.2.3. Conductores biofísicos directos	31
1.3.2.4. Conductores socioeconómicos directos	32
Capítulo II. Conductores regionales del cambio de cobertura del bosque de encino en la Región Tehuacán-Cuicatlán	46
2.1. Introducción.....	47
2.2. Materiales y métodos.....	48
2.2.1. Elaboración de mapas de coberturas y uso del suelo.....	48
2.2.2. Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo.....	49
2.2.2.1. Análisis de factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: primera etapa.....	49

2.2.2.2. <i>Análisis de factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: segunda etapa</i>	51
2.3. Resultados.....	52
2.3.1. Dinámica de tasas de deforestación	52
2.3.2. Matrices de transición.....	55
2.3.3. Factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: primera etapa	57
2.3.2.4. <i>Tendencias regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: segunda etapa</i>	61
2.3.4. Modelo de regresión aplicado a las tendencias municipales y su asociación con la deforestación y recuperación del bosque de encino.....	65
2.3. Discusión	66
2.3.1. Dinámica regional del cambio de cobertura en la Región Tehuacán-Cuicatlán.....	66
2.3.2. Factores regionales del CCUS que afectan la deforestación y la recuperación del bosque de encino en la RTC	67
2.4. Conclusiones.....	69
2.5. Literatura citada.....	69
Capítulo III. Dinámica local del cambio de cobertura del bosque de encino en dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán	73
3.1. Introducción.....	74
3.2. Material y método.....	75
3.2.1. Selección de localidades de estudio.....	75
3.2.2. Selección y clasificación de ventanas de estudio.....	77
3.2.3. Definición de categorías	78
3.2.4. Tasas de cambio y matrices de transición.....	78
3.3. Resultados.....	79
3.3.1. La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca	79
3.3.2. Santa María Ixcatlán	91
3.4. Discusión	101
3.4.1. Dinámica local del cambio de cobertura en el bosque de encino	101
3.4.2. Dinámica de cambio en las subzonas de la reserva	104
3.5. Conclusiones.....	107

3.6. Literatura citada.....	108
Capítulo IV. Conductores del cambio de cobertura del bosque de encino a partir del enfoque de medios de vida en dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.....	112
4.1. Introducción.....	113
4.2. Material y método.....	115
4.2.1. Selección de localidades de estudio.....	115
4.2.2. Actividades económicas representadas en los medios de vida de las localidades La Estancia y Santa María Ixcatlán.....	117
4.2.3. Elaboración y aplicación de entrevistas semiestructuradas.....	118
4.2.4. Tamaños de muestra, elaboración y aplicación de encuestas.....	118
4.2.5. Análisis estadístico para la identificación de conductores de los procesos de cambio de cobertura del bosque de encino.....	121
4.3. Resultados.....	121
4.3.1. Ingreso al ambiente.....	121
4.3.2. Situación socioeconómica general, desde la visión de los actores clave.....	122
4.3.3. Principales actividades de la comunidad en los medios de vida.....	122
4.3.4. Capitales y activos en las estrategias de medios de vida.....	123
4.3.4.1. <i>Capital humano: factor demográfico en La Estancia y Santa María Ixcatlán</i>	123
4.3.4.2. <i>Capital humano: factor migración en La Estancia y Santa María Ixcatlán..</i>	126
4.3.4.3. <i>Capital físico en La Estancia y Santa María Ixcatlán</i>	128
4.3.4.4. <i>Capital natural: dependencia de los recursos del bosque en La Estancia e Ixcatlán.</i>	133
4.3.4.5. <i>Capital Financiero: factor económico, participación en los programas de gobierno en La Estancia y Santa María Ixcatlán.</i>	137
4.3.5. Factores que inciden sobre las estrategias de medio de vida elegidas.....	138
4.3.5.1. <i>Ganadería y extracción de leña en La Estancia</i>	138
4.3.5.2. <i>Ganadería, extracción de leña y otras actividades como agricultura, jornalero y comercio en La Estancia</i>	139
4.3.5.3. <i>Agricultura y extracción de leña en Ixcatlán</i>	141
4.3.5.4. <i>Agrícola, extracción de leña y elaboración de artesanías en Ixcatlán</i>	143

4.3.5.5. Agrícola, extracción de leña y otras actividades como ganadería, jornalero y comercio en Ixcatlán	144
4.4. Discusión	149
4.4.1. Capitales y activos en las estrategias de medios de vida	149
4.4.2. Factores que inciden sobre las estrategias de medio de vida elegidas	151
4.5. Conclusiones.....	152
4.6. Literatura citada.....	153
Conclusiones generales.....	156
Anexo 1	160

Introducción

Los bosques de encino (género *Quercus*) se han destacado por su alta diversidad, ya que se caracterizan por ser ecosistemas de elevada importancia ecológica y económica (Martínez-Cruz, Téllez-Valdés, & Ibarra-Manríquez, 2009; Olvera-Vargas & Figueroa-Rangel, 2012; Villaseñor, 2004). Se estima que en México ocupan una extensión del 5% del territorio (Rzedowski, 2006a) y se calcula que 161 especies (68%) de encinos del continente americano solo se encuentran en México (Arizaga, Cruz, Cabrales, & González, 2009). Sin embargo, debido a que se establecen en zonas climáticas atractivas para las actividades humanas, con estaciones marcadas temporada de lluvias y de secas, fertilidad de suelos y la elevada calidad de la madera, entre otros factores, han promovido su eliminación y fragmentación para el establecimiento de agricultura o explotación forestal (Dirzo, Gonzáles Mintaguit, & March, 2009). La situación se torna crítica si se considera que una mínima proporción de los bosques de encino está destinada a la conservación a través del establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP) (3.77% [457,067 ha]; (Bezaury-Creel & Gutiérrez Carbonell, 2009b).

Las áreas naturales protegidas (ANP) constituyen herramientas para preservar ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecosistemas frágiles para asegurar el equilibrio y la continuidad de procesos ecológicos y la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad (SEMARNAT, 2018).

En el mundo, existen 202 467 áreas naturales protegidas (ANP), lo que se traduce en una superficie de 14.7% de la superficie continental del planeta (PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) & IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 2016). La extensión protegida ha aumentado considerablemente en los últimos años, ya que pasó de 0.7% en 1986, a 12.65% en 2003 (Chape, Blyth, Fish, Fox, & Spalding, 2003; IUCN (World Conservation Union) & WCPA (World Commission on Protected Areas), 1998). En México, existen 182 ANP, que abarcan 21 886 69 ha (11.4% de la superficie del país) y que se encuentran bajo la protección de las redes de áreas naturales protegidas federales (CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2019).

Las Reservas de la Biosfera (RB) constituyen la categoría más representativa de ANP en México, ya que representan el mayor porcentaje del área protegida federal, pues por lo menos 39 son reservas de la biosfera (RB) con una superficie total de 62 952 750.5 hectáreas.

Lo anterior, sitúa a México entre los países con más reservas de la biosfera (CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2019).

Las RB constituyen la estrategia de conservación más importante a nivel mundial, ya que se han distinguido por conservar la diversidad biológica, mantener la integridad de los ecosistemas, así como proveer servicios ecosistémicos y de medios de subsistencia para las comunidades locales (Ervin, 2003). No obstante, las RB enfrentan procesos como la deforestación y la fragmentación del hábitat, la contaminación, la invasión de especies exóticas, los incendios forestales, así como procesos de recuperación de la vegetación (Fernanda Figueroa, Sánchez-Cordero, Illoldi-Rangel, & Linaje, 2011; Pérez-Vega, Regil-García, Boni-Nóngez, et al., 2016).

Los bosques de encino en la Región Tehuacán-Cuicatlán (RTC) que incluye el área de la RBTC y su Zona de influencia abarcan una superficie de 175,959 (19% del área de la RTC) (INEGI, 2011a), lo que representa una extensión considerable para fines de conservación.

La RTC se caracteriza por tener una alta diversidad biológica; esto es importante debido a que de las 200 especies del género *Quercus* registradas en el país, 22 se encuentran en la RTC (Medina-Lemus, 2016) y se calcula que en aproximadamente 10 mil km² habitan entre el 10 y el 15% de la flora mexicana y 365 de las especies de esta flora (13.5%) son endémicas (Dávila et al., 2002).

En el contexto histórico y cultural, la RTC es reconocida como cuna de la agricultura mesoamericana debido a evidencias demuestran la presencia humana en la región desde hace aproximadamente 12,000 años y que las antiguas bandas de cazadores-recolectores fueron predecesoras de las culturas que domesticaron el maíz, el frijol y la calabaza, entre otros cultivos (Valiente-Banuét, Solís, Dávila, & Arizmendi, 2009). Además, la gran riqueza cultural de la RTC se manifiesta a través de cientos de comunidades indígenas nahuas, popolocas, mixtecas, ixcatecas, mazatecas, chinantecas y cuicatecas y caracterizadas todas ellas por un conocimiento sobre su uso y manejo de los recursos locales (Valiente-Banuét et al., 2009).

En el año 1998, la región fue decretada como Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), instrumento de planeación en el que se establecen las actividades, acciones y lineamientos básicos para la ejecución de actividades orientadas al cumplimiento

de los objetivos de protección, manejo y restauración de las condiciones ecológicas. A través de la participación de los pobladores del ANP y su Zona de influencia, se establecieron acciones de conservación mediante el reconocimiento y revalorización de los recursos naturales (DOF, 1998).

En el año 2013, con la subzonificación de la RBTC, se establecieron las modalidades de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, las cuales se basaron en criterios que partieron en aspectos físicos (topografía, cuencas hidrológicas, suelos y elementos paisajísticos) y biológicos (ecosistemas, comunidades vegetales, grado de conservación y distribución de especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2013).

No obstante su importancia biológica, histórica y cultural, el bosque de encino de la RBTC ha presentado impactos negativos provocados por las actividades humanas tales como la deforestación, la agricultura, el pastoreo de ganado, la extracción de leña como fuente de combustible y material para la carpintería, la apertura de caminos y la densidad poblacional (Dávila et al., 2002; Ortíz-García et al., 2012). Las causas que subyacen a estos procesos son múltiples e incluyen el entendimiento de las condiciones ambientales de cada región, así como la viabilidad del desarrollo de actividades económicas (Jean François Mas, 2005; Pressey, Whish, Barrett, & Watts, 2002).

La investigación propone un análisis regional y local de los conductores del cambio de cobertura del bosque de encino en la Región Tehuacán-Cuicatlán (la Reserva de la Biosfera Tehuacán y su Zona de influencia), antes y después de su decreto (1998). Ambas áreas cubren una superficie total de 632,351 ha, entre los estados de Puebla y Oaxaca y donde el bosque de encino cubre un total de 15 municipios de la Zona de influencia y 23 municipios del área de la RBTC.

Objetivos

Objetivo general

Determinar los conductores del cambio de cobertura del bosque de encino en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán a diferentes escalas espaciales (regional y local) y temporales (previo y posterior al decreto como ANP).

Objetivos particulares:

- Evaluar la dinámica regional de la deforestación y la recuperación, así como los factores del CCUS en el bosque de encino de la Región Tehuacán-Cuicatlán (RTC), tanto en el área de la RBTC como en su zona de influencia.
- Determinar la dinámica local del cambio de cobertura y uso del suelo en el bosque de encino en dos localidades a partir de la subzonificación de la RBTC.
- Identificar los conductores del cambio de cobertura del bosque de encino desde la perspectiva de los medios de vida en dos localidades de la RBTC.

Estructura de la tesis

En el capítulo 1 se presenta un marco teórico-conceptual de la cobertura bosque de encino y su transformación en el país, los aportes de las escalas regional y local en el análisis de los conductores asociados al proceso de cambio de cobertura del bosque de encino.

En el capítulo 2 se muestra un análisis regional de los conductores biofísicos y socioeconómicos del cambio de cobertura del bosque de encino en la RTC, a través de una comparación entre la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) y su Zona de influencia, previo (1979-2001) y posterior a su decreto (2001-2011).

En el capítulo 3 se determina la dinámica local del cambio de cobertura y uso del suelo en el bosque de encino a partir de las subzonas de dos localidades de la RBTC en dos periodos de estudio 1979-1995 y 1995-2017.

Finalmente, en el capítulo 4 se analizan a nivel local los conductores del cambio de cobertura del bosque de encino, desde la perspectiva de los medios de vida, en dos localidades de la RBTC (Santa María Ixcatlán y La Estancia, Coixtlahuaca, Oaxaca) que tienen diferentes subzonas.

Literatura citada

- Arizaga, S., Cruz, J.M., Cabrales, M.S., González, M.Á.B., 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos, Instituto Nacional de Ecología.
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez Carbonell, D., 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, in: CONABIO (Ed.), Conservación de La Biodiversidad En México. pp. 385–431.
- Chape, S., Blyth, S., Fish, L., Fox, P., Spalding, M., 2003. 2003 United Nations list of protected areas. IUCN, Gland and Cambridge.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2019. Áreas Naturales Protegidas decretadas [WWW Document]. CONANP. URL http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm (accessed 2.12.19).
- Dávila, P., Del, M., Arizmendi, C., Villaseñor, J.L., Casas, A., Lira, R., 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley , Mexico Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley ,. <https://doi.org/10.1023/A>
- Dirzo, R., González Mintaguit, R., March, I.J., 2009. Estado de conservación del capital natural de México: retos y perspectivas, in: Capital Natural de México. pp. 805–809.
- DOF, 1998. Lineamientos de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán [WWW Document]. D. Of. la Fed. URL http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5253033
- Ervin, J., 2003. Protected area assessments in perspective. *Bioscience* 53, 819–822. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0819:PAAIP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0819:PAAIP]2.0.CO;2)
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., 2011. Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? *Rev. Mex. Biodivers.* 82, 951–963.
- INEGI, 2011. Guía para la interpretación de cartografía y Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000.
- IUCN (World Conservation Union), WCPA (World Commission on Protected Areas), 1998. 1997 United Nations List of Protected Areas. IUCN, Gland.
- Martínez-Cruz, J., Téllez-Valdés, O., Ibarra-Manríquez, G., 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 80, 145–156.
- Mas, J.F., 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environ. Monit. Assess.* 105, 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
- Medina-Lemus, 2016. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, in: The Origins of Food Production Los Orígenes de La Producción de Alimentos. p. 197.

- Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B.L., 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Rev. Ecosistemas* 21, 74–84. <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>
- Ortíz-García, A.I., Ramos-Robles, M.I., Pérez-Solano, L.A., Mandujano, S., 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Therya* 3, 333–348. <https://doi.org/10.12933/therya-12-89>
- Pérez-Vega, A., Regil-García, H., Boni-Nóngez, A., Farfán-Gutiérrez, M., Rocha-Álvarez, F., Magaña-Cota, G., 2016. Valoración de la subzonificación del plan de manejo en la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda Guanajuato. *Acta Univeristaria* 26, 45–61. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1538>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 2016. Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Hawaii, USA.
- Pressey, R.L., Whish, G.L., Barrett, T.W., Watts, M.E., 2002. Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales : recent trends in six measures. *Biol. Conserv.* 106, 57–69. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00229-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00229-4)
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. *Com. Nac. para el Conoc. y Uso la Biodiversidad*, 504.
- SEMARNAT, C., 2018. Las áreas naturales protegidas. Respuestas naturales frente al cambio climático.
- SEMARNAT, C., 2013. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.
- Valiente-Banuet, A., Solis, L., Dávila, P., Arizmendi, C., 2009. Guía de la Vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. <https://doi.org/10.13140/2.1.3500.6247>
- Villaseñor, J.L., 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín la Soc. Botánica México* 75, 105–135.

Capítulo I. Marco teórico-conceptual

1.1. Los bosques de encino

Los bosques de encino (género *Quercus*) o encinares forman parte de los bosques templados del hemisferio norte y se encuentran también en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo (Valencia, 2004a). Se reconocen dos centros de diversidad para el género *Quercus*. Uno se localiza en el sureste de Asia con alrededor de 125 especies y el otro se encuentra en las zonas montañosas de México, donde se alcanza la mayor riqueza de especies (Block & Meave, 2015; Frodin, 1998). Las estimaciones varían desde 125 hasta las 250 especies de *Quercus*, de las cuales 109 (68%) son endémicas de México (Arizaga et al., 2009; Frodin, 1998; Nixon, 1993). Constituyen las asociaciones vegetales más extensas de clima templado en México, distribuyéndose en regiones semisecas o subhúmedas con época seca más o menos pronunciada (Miranda y Hernandez, 1963). Los bosques de encino cubren aproximadamente el 5% de la superficie del país (Rzedowski, 2006), distribuyéndose principalmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, donde los estados de Oaxaca y Chiapas mantienen abundante diversidad (Valencia, 2004).

En términos generales, el género *Quercus* se distribuye en altitudes entre los 1200 y 2800 m snm (Rzedowski, 2006), aunque es posible encontrar especies desde los 200 hasta los 3500 m snm (Arizaga et al., 2009). Estas comunidades pueden variar de altura que van desde los 2 m y hasta los 30 m y generalmente son de tipo cerrado a abiertos (Rzedowski, 2006); estas características dependen de la humedad (Miranda & Hernandez, 1963).

Otra de las características particulares del género *Quercus* es su estacionalidad ya que varían de totalmente caducifolios (donde pierden sus hojas en temporada de secas) hasta presentar estados perennifolios (en el cual el follaje se mantiene siempre verde y se va sustituyendo paulatinamente; Arizaga et al., 2009).

En la Región Tehuacán-Cuicatlán (RTC) se desarrollan diferentes especies arbóreas de *Quercus* sp. Entre las especies dominantes se encuentra *Quercus sebifera* que se asocia con el palmar *Brahea nitida* y ha sido utilizado por el ser humano para la obtención de palma que se emplea para la confección de sombreros, petates y cestos.

Quercus peduncularis es una especie arbórea caducifolia que pierde las hojas desde invierno hasta el inicio de la época de lluvias y se encuentra sobre suelos volcánicos entre los 1690 y 1800 msnm y con densidades de 670 ind/ha; suele alcanzar hasta 8 metros de

altura y se asocia con el enebro *Juniperus Flacida*. Otras especies arbóreas son *Quercus castanea*, *Q. urbanii*, *Q. obtusata*, y *Q. magnifolia*, que alcanzan densidades de 980 a 3200 ind/ha y que suelen encontrarse en altitudes entre los 1700 y 1850 msnm. No obstante, la gran riqueza biológica del género *Quercus*, existe un gran interés por su estudio y conservación y ya que es uno los ecosistemas templados más afectados por la expansión urbana y agropecuaria y así como por su explotación para la extracción de leña y carbón (Block y Meave, 2015; Mojica, 2017; Valencia, 2004). Las amenazas que se asocian a la pérdida de cobertura del bosque de encino, hacen indispensable el análisis de los procesos de deforestación, degradación y recuperación a partir de los conductores indirectos y directos que en este estudio se pretenden analizar a escala regional y local.

1.2. El proceso de cambio de cobertura y uso del suelo

El proceso de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) es un importante factor de cambio ambiental local, regional y global, con impactos sobre la biodiversidad, la degradación del suelo y los bienes y servicios del ecosistema (Turner et al., 1994). El término cobertura corresponde a los elementos biofísicos que cubren la superficie terrestre, incluyendo la biota, el suelo y la topografía, un ejemplo son los diferentes tipos de vegetación (Lambin and Geist, 2003); mientras que el uso del suelo está definido por los propósitos de aprovechamientos o los fines económicos que se les da a las diversas coberturas e implica una deforestación y fragmentación de la vegetación primaria (Galicía et al., 2007; Lambin et al., 2003; Velázquez et al., 2010).

Por medio del estudio del análisis del CCUS no solo es posible cuantificar las pérdidas y ganancias de los bosques, sino analizar y entender los conductores que explican los procesos de deforestación, degradación y recuperación de la cobertura del bosque; el presente estudio centra la atención en el entendimiento de los conductores directos e indirectos, de tipo biofísico y socioeconómico (Crk et al., 2009; Galicía et al., 2008; Helmut J Geist and Lambin, 2002; Osorio et al., 2015)

1.2.1. La deforestación

La deforestación representa una de las amenazas ambientales más preocupantes debido a que genera múltiples impactos negativos, como son el cambio ambiental global, la degradación,

la fragmentación del hábitat y la reducción de los servicios que provee el ecosistema (Díaz-Gallegos, Mas, & Velázquez, 2010; Geist & Lambin, 2002).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO (Food and Agriculture Organization), 1995), el proceso de deforestación ocurre cuando la cobertura del bosque se convierte a otro uso del suelo o cuando la copa de los árboles cae por debajo de un umbral mínimo del 10%. Este proceso incluye la pérdida de vegetación primaria leñosa por conversión, tala selectiva y degradación hacia otros usos del suelo (Aide et al., 2012).

En México, las mayores tasas de deforestación se registraron en el periodo 1976-2000 cuando se exhibieron pérdidas de 534 000 ha por año (-0.43%), lo que significa una reducción del 13.7% de la cobertura inicial (Velázquez et al., 2001). Además, durante este periodo de 24 años, la vegetación no perturbada obtuvo las mayores pérdidas de área (332 945 km²), el 10.3% se transformó a vegetación perturbada, el 6.7% se convirtió en usos del suelo antropogénicos, mientras que solo el 1.7% se recuperó de las coberturas perturbadas (vegetación leñosa y restos forestales fragmentados) y 1.5% se recuperó a partir de coberturas antropogénicas (cultivos, plantaciones forestales, pastizales para la producción ganadera y asentamientos humanos)(Figura 1) (Velazquez et al., 2002). En contraste, en el periodo 2000-2010, se registraron pérdidas de 136 000 ha/año (-0.2%); lo que significa que entre el periodo 1976-2011 se obtuvieron reducciones de 6 058 000 hectáreas de bosques; más recientemente, entre 2010 y 2015, se obtuvieron reducciones de 92 000 ha/año (-0.1%) (Ellis et al., 2017).

Los bosques templados han sido uno de los ecosistemas que han sufrido una rápida disminución en extensión y número de especies (Block and Meave, 2015). De hecho, se considera que este tipo de bosques pudieron haber cubierto cerca del 20% del territorio nacional (38,450,000 ha) (Bezaury-Creel and Gutiérrez Carbonell, 2009), 14% corresponde a bosque de pino, 5.8% bosques de encino, y 1% a coníferas (INEGI, 2016).

Las mayores tasas de transformación de los bosques templados se registraron en el periodo 1993-2002 con una pérdida neta de 40 000 ha/año y entre 2007 y 2011 se registraron 7 mil ha/año de pérdida (Galicía, 2017). A pesar de la disminución de las tasas de deforestación, lo cual se debe al abandono de áreas agrícolas debido a la emigración, México

permanece entre los primeros tres lugares con las mayores tasas de deforestación (Mas et al., 2017).

En especial, uno de los ecosistemas más transformados en términos de deforestación y fragmentación es el bosque de encino (Block y Meave, 2015; Gómez-Pompa, 1985; Rzedowski, 2006), principalmente debido a la expansión agrícola y ganadera, el crecimiento urbano desordenado, y localmente para la extracción de recursos para la elaboración de carbón, la confección de artesanías y, en ocasiones el uso medicinal (Luna-José et al., 2003; Merino, 2003; Rzedowski, 2006).

El bosque de encino ocupó en el año 1993 una superficie total de 15 701 573 ha, para el año 2000 disminuyó a 15 327 531 ha y en el año 2007 se registraron 15 315 459.28 ha (Velazquez et al., 2002). Durante el periodo 1982-1992 se estimó para México una tasa anual de deforestación de bosque de encino de -3.4% (Mas et al., 2009). Esto es relevante si se considera que en el país se extrajeron 3 298 573 m³ de madera de encino en 1991, en tanto que en el año 2007 este volumen disminuyó sustancialmente a 787 527 m³ (INEGI, 1991, 2007). La extracción no sostenible de leña y la producción de carbón pueden ser factores de degradación forestal (Rojo, 2018).

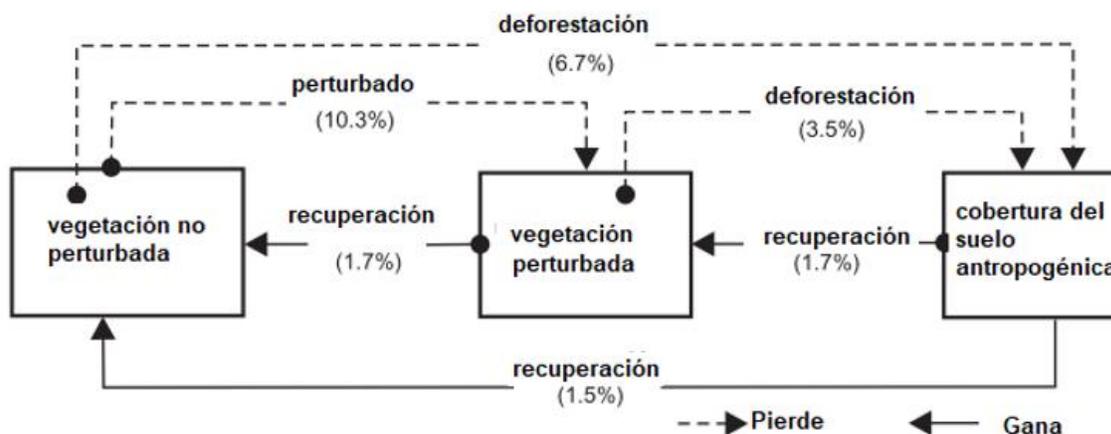


Figura 1. Cambios netos de superficie entre grupos de cobertura terrestre entre 1976 y 2000. Los valores entre paréntesis se refieren al porcentaje de superficie convertida con respecto a la superficie total del país. Tomado de Velázquez et al (2010).

1.2.2. La degradación

La degradación de los bosques constituye uno de los problemas ambientales globales debido a que afecta a nivel mundial 100 millones de hectáreas por año (Bustamante et al., 2015).

El término degradación forestal tiene más de 50 definiciones (Chazdon, 2014). Una de las más empleadas la define como un bosque secundario que ha perdido la estructura, la función y la composición de especies (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002). Otra definición considera un estado de sucesión detenida, donde los procesos ecológicos que subyacen a la dinámica forestal se ven disminuidos o severamente restringidos, lo que impacta en la reducción de la capacidad de un bosque para proporcionar servicios ecosistémicos y normalmente se asocia a una perturbación natural (deslizamientos de tierra) o antropogénica (tala selectiva o incendios forestales) (Parrotta et al., 2012). De esta manera, una perturbación se define como un evento discreto en el tiempo que interrumpe la composición, estructura o función del ecosistema y produce un cambio en los recursos, las interacciones entre especies o el entorno físico (Ghazoul et al., 2015).

La medición de la degradación forestal implica que las variables cuantificables, como la cubierta del dosel, permanecen por encima del umbral utilizado para definir la deforestación. Este proceso además consiste en mirar hacia atrás y comparar el estado actual de un bosque con su estado previo no perturbado y mirar hacia adelante comenzando con el periodo de perturbación y enfocándose hacia la recuperación; no obstante, la prestación de servicios ambientales o la productividad del ecosistema se ve reducida en relación a un bosque primario (Figura 2; Chazdon, 2014).

Otro aspecto a considerar es que la degradación es un proceso más dinámico que la deforestación y se debe a que se pueden identificar diferentes grados de intensidad de disturbio antropogénico, lo que repercute en la difícil medición por técnicas de percepción remota y campo a diferentes escalas regionales y locales (Gao et al., 2018).

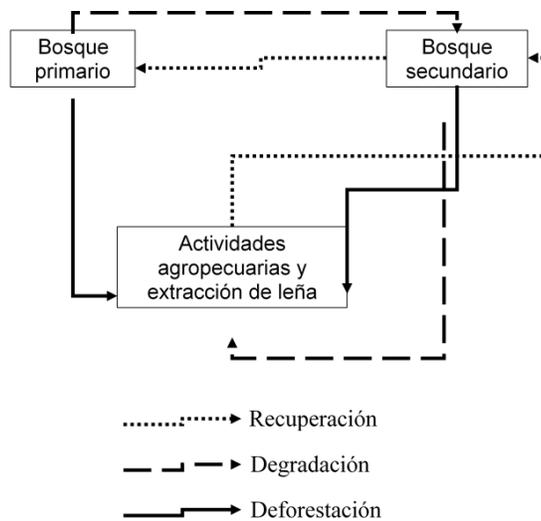


Figura 2. Transiciones de los diferentes cambios de cobertura: deforestación, degradación y recuperación. Un bosque primario es relativamente estable en estructura y composición, mientras que un bosque secundario se desarrolla después de que el bosque original ha sido talado y se regenera espontáneamente.

1.2.3. La recuperación

En las últimas décadas la conversión de bosques para el establecimiento de pastizales y la agricultura seguida del abandono de las tierras ha llevado al desarrollo de bosques secundarios (Liu, 2015). Estos bosques se caracterizan por presentarse en sitios abandonados previamente desmontados y son jóvenes debido a que toman tiempo en desarrollar las características similares a un bosque primario (Chazdon, 2014).

La recuperación de los bosques consiste en el restablecimiento de sus atributos originales y de las condiciones ecológicas a un estado similar previo al disturbio y ocurre siguiendo una secuencia de estados de sucesión ecológica (Chazdon, 2014). A lo largo de la sucesión ecológica, el restablecimiento de la comunidad comprende diversos atributos, como son: la estructura (disposición espacial que ocupan las plantas que la constituyen, su abundancia y el tamaño de estas), la composición (las especies que la constituyen: flora local de la comunidad), la fisonomía (formas de vida de las plantas: árbol, arbusto, hierba, etc.) y los patrones temporales (cambios temporales en la composición de especies que ocurren después de una perturbación) (Martínez y García-Orth, 2007; Valiente-Banuet et al., 2009).

El proceso de sucesión ecológica dependerá de las características del disturbio (*e.g.* extensión, intensidad y frecuencia), del ambiente biótico (*e.g.* depredadores) y de las condiciones abióticas previas al sitio perturbado (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Martínez y García-Orth, 2007). A pesar de que la recuperación de la vegetación se debe en gran medida al abandono de tierras, lo que ha repercutido en la disminución de las tasas de deforestación en México (Galicia, 2017; Mas et al., 2017), se ha documentado que el uso intensivo de la tierra y las múltiples perturbaciones pueden crear condiciones que favorecen el dominio persistente de una sola especie capaz de competir con especies pioneras nativas y evitar la progresión de la sucesión ecológica (Arroyo-Rodríguez et al., 2017).

1.3. Conductores del cambio de cobertura y uso del suelo

Los procesos de deforestación, degradación y recuperación de la cobertura vegetal se explican a través del análisis de los conductores directos e indirectos (Eric F Lambin et al., 2001; Rivera y Galicia, 2016). Ellos intervienen a distintas escalas espacio-temporales, que van desde la escala local a la regional (Geist y Lambin, 2001; Lambin et al., 2001).

Los conductores directos están conformadas por actividades humanas o acciones inmediatas que originan el desarrollo de las actividades que impactan localmente sobre los usos del suelo, por ejemplo: bajas pendientes en terreno, cercanía a caminos y centros urbanos, son factores que posibilitan el desarrollo de actividades como la ganadería, la recolección de leña y el desmonte de tierras, promoviendo procesos de deforestación y degradación (Aide, Zimmerman, Pascarella, Rivera, & Marcano-Vega, 2000; Guerra-Martínez, García-Romero, Cruz-Mendoza, & Osorio-Olvera, 2019). Por su parte, los conductores indirectos (*e.g.* población masculina, densidad poblacional, marginación) se relacionan con conductores de tipo demográfico, social, económico y político que inciden de manera subyacente sobre los procesos de CCUS (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Crk et al., 2009; Lambin et al., 2001).

Los conductores directos e indirectos requieren ser comprendidos a distintas escalas; los conductores directos pueden explicar los procesos de CCUS a nivel local; mientras que los indirectos deben ser explicados a nivel regional (Arroyo-Rodríguez et al., 2017). Así mismo, estas actividades están mediadas por conductores biofísicos que actúan a escalas regionales y locales para determinar el contexto en el que el uso del suelo tiene lugar, en el

sentido de las condiciones iniciales o de predisposición de los cambios de cobertura y uso del suelo (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Geist & Lambin, 2001).

1.3.1. Conductores del cambio a escala regional

El análisis de la escala regional corresponde a una representación espacial de escala media (*e.g.* 1:100,000 a 1:250, 000) que es diversa en cuanto a su contenido (Giménez, 2005; Van Young, 1992). A esta escala es posible describir los conductores indirectos (por ejemplo, densidad de población), los cuales se refieren a los aspectos sociales, económicos, demográficos y políticos que explican los procesos de deforestación y recuperación de la cobertura a escala regional (Guerra-Martínez et al., 2019). De esta manera, la escala regional permite dar una visión sobre las relaciones entre los conductores de carácter biofísico y socioeconómico en áreas extensas (Bürgi et al., 2005; Geist y Lambin, 2002; Rosas-Ávila et al., 2015).

1.3.1.1. Conductores biofísicos indirectos

Estos conductores condicionan las predisposiciones espaciales en las que los usos del suelo se llevan a cabo (Helmut J. Geist y Lambin, 2002; Lambin y Geist, 2003). Ciertos conductores como la topografía (*e.g.* bajas pendientes y altitudes), el tipo de suelo, el tipo de orientación del terreno, la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y la distancia cercana a ríos pueden favorecer la concentración de las actividades agropecuarias (Guerra-Martínez et al., 2019; Lambin et al., 2001; Osorio et al., 2015; Yackulic et al., 2011) y con ello promover los procesos de deforestación y degradación (Lambin et al., 2001; López-García, 2011).

Por otra parte, otros, conductores como la aptitud del terreno (altitudes y pendientes altas), las distancias cercanas a ríos y la orientación del terreno, pueden facilitar la recuperación de la vegetación debido a la inaccesibilidad al terreno (Cheng, Hiwatashi, Imai, Naito, & Numata, 1998; Ellis et al., 2017; Farfán, 2015; Martínez & García-Orth, 2007; Osorio et al., 2015; Pérez-Vega et al., 2016). Debido a lo anterior, es necesario comprender los conductores biofísicos que intervienen debido a que el proceso de recuperación es lento en ausencia de intervención humana (Gao et al., 2011; Guerra-Martínez et al., 2019).

1.3.1.2. Conductores socioeconómicos indirectos

Los conductores socioeconómicos refieren a aspectos demográficos, económicos, sociales y políticos que juegan un papel decisivo en el cambio de cobertura forestal e incidiendo de manera indirecta en los procesos de CCUS (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Crk et al., 2009).

1.3.1.2.1. Conductores sociales

Los conductores sociales hacen referencia a aspectos como la accesibilidad a la vegetación y la marginación que son importantes al promover de manera indirecta los procesos de CCUS

La accesibilidad es un conductor importante para el acceso a la vegetación y está dada por un índice que representa la distancia a cualquiera de los senderos o caminos (Maeda, Clark, Pellikka, & Siljander, 2010; Verburg & Veldkamp, 2004). Por ejemplo, las distancias cercanas a carreteras y a localidades se han asociado a altas probabilidades de deforestación (Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015; Pérez-Valladares et al., 2019). Así mismo, se han demostrado que las distancias cercanas a ANPs, las distancias lejanas a localidades se han asociado a altas probabilidades de recuperación de la vegetación (Guerra-Martínez et al., 2019; Mas, 2005).

Por otra parte, el conductor marginación es considerado un importante factor que promueve la deforestación y degradación forestal (Durand, 2010; Figueroa et al., 2009; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015). La marginación se define como un fenómeno estructural que se manifiesta, tanto en la dificultad para propagar el avance técnico de la estructura productiva, como en la exclusión de los grupos sociales del proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios (Consejo Nacional de Población, 2000).

Entre otras variables que se han asociado a los procesos de deforestación y degradación se encuentran la población analfabeta, la población sin servicios de salud, viviendas habitadas sin piso de tierra y el índice de marginación (Figueroa et al., 2009; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015).

1.3.1.2.2. Conductores demográficos

Los conductores demográficos comprenden variables como la densidad poblacional, la población masculina y la inmigración/emigración (Ellis et al., 2017; Geist and Lambin, 2001; Helmut J. Geist and Lambin, 2002). La población puede afectar la deforestación y la

degradación a través de: 1) los cambios en el número de familias rurales que buscan tierra para cultivar, leña o madera; 2) los efectos indirectos de la población en los mercados laborales y 3) la demanda de productos agrícolas y forestales (Geist and Lambin, 2001).

Algunas variables como la densidad poblacional y la población masculina se han asociado a altas probabilidades de cambio de cobertura debido a que promueven una mayor demanda de los recursos naturales (Lambin et al., 2001), Además, la población masculina tradicionalmente ha sido uno de los principales promotores de las actividades agropecuarias, del cambio de uso del suelo y la deforestación (Osorio et al., 2015).

Por otro lado, la recuperación de la cobertura se ha asociado a conductores como la migración (*e.g.* mostrada a partir de la disminución de la población masculina) debido a que se ha reconocido como estrategia de sobrevivencia económica de los hogares que, finalmente, provoca el abandono de tierras (Castillo, 2016; Galicia et al., 2008; Yackulic et al., 2011); y la recuperación de la vegetación secundaria (Galicia, 2017; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015; Yackulic et al., 2011).

1.3.1.2.3. Conductores económicos

Los conductores económicos incluyen el comportamiento de las diferentes tendencias de los sectores económicos, por ejemplo, la población dedicada a los sectores primario (agricultura, ganadería), secundario (industrias manufactureras, construcción) y terciario (educativos, salud, transporte) y la disminución de la población económicamente activa, que está altamente relacionada con la dependencia de las actividades agropecuarias, de extracción de leña y madera, que conllevan a procesos de deforestación y degradación de las coberturas (Figueroa et al., 2009; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015).

1.3.2. Conductores del cambio a escala local

Los conductores del cambio de cobertura a escala local deben estudiarse a través de los conductores directos y se refieren a acciones inmediatas que originan los cambios de uso del suelo, tales como la introducción de las actividades agrícolas, ganaderas o la extracción de leña para la subsistencia alimentaria (Lambin et al., 2001; Rivera y Galicia, 2016).

Los estudios a nivel local deben centrarse en la dinámica del ecosistema, sus usos y en la identificación de los conductores demográficos, sociales, económicos y políticos que lo impulsan (Galicia, 2016; McConnell et al., 2004) ya que los pobladores locales tienen una relación espacial con su entorno que determina diversas formas de organización y uso de los recursos (Galicia y Rodríguez Bustos, 2016; Rivera y Galicia, 2016).

Una de las herramientas metodológicas para estudiar los conductores locales del cambio de cobertura la perspectiva de medios de vida, la cual permite entender las diferentes estrategias económicas que realizan los hogares rurales como son la tala de bosques (Ellis, 1998; Niehof, 2004), que repercute en procesos como la deforestación y la recuperación de la vegetación (Zora et al., 2000). No obstante, son pocos los estudios que analizan los conductores del cambio de cobertura a través de la perspectiva de medios de vida (Babigumira et al., 2014) y especialmente a través del entendimiento de los conductores directos biofísicos y socioeconómicos (Babigumira et al., 2014; Poufoun, 2017; Rasmussen et al., 2017).

1.3.2.1. Concepto de medio de vida

Un medio de vida hace referencia a los activos, las actividades y el acceso a estos mediado por procesos y contextos que inhiben o facilitan las capacidades y elecciones hechas por individuos u hogares (*e.g.* género, clase y etnia, reglas institucionales, accesibilidad a los mercados y costos de transporte) y el contexto de vulnerabilidad que comprende los choques (*e.g.* sequías o inundaciones), la estacionalidad de precios y las tendencias (Ellis, 1998).

Las estrategias se definen como la actividad o las actividades que los hogares eligen para lograr sus objetivos de medios de vida (Akbar et al., 2018). No obstante, los hogares tienden a optar una combinación de estrategias para alcanzar sus objetivos de medios de vida de acuerdo a la posesión de ciertos activos(DFID, 1999).

1.3.2.2. Activos y su clasificación

Un activo son los contextos sobre la cual los hogares pueden emprender y participar en las diferentes actividades económicas que desarrollan (*e.g.* extracción de leña, pastoreo de ganado, comercio, agricultura). De esta manera, los capitales comprenden el conjunto de variables de activos relevantes para la toma de decisiones del hogar para participar en las

diferentes estrategias de medios de vida (Akbar et al., 2018; Dehghani-Pour et al., 2018; DFID, 1999; Ellis, 1998). Se reconocen cuatro tipos de capitales o activos: el financiero, el humano, el social y el natural (Cuadro 1) (Ellis, 1998; Babigumira et al., 2014). En conjunto los capitales determinan la toma de decisiones en el hogar para involucrarse en las diferentes estrategias de medios de vida. Los resultados de medios de vida determinarán los activos futuros del hogar (Vanwey, Leah K et al., 2013).

Cuadro 1. Capitales que influyen en la determinación de medios de vida.

Capitales de medios de vida	Descripción
Financiero	Comprende suministros de crédito, pensiones regulares, remesas, los ahorros en efectivo y el acceso a créditos a través de fuentes formales e informales
Físico	Incluye todos los activos productivos que posee el hogar (tierra, ganado y herramientas), así como los activos comunes a los que tiene acceso (carreteras, infraestructura de comunicación)
Humano	Incluye educación formal, salud y conocimiento ecológico.
Social	Se emplea para explicar las relaciones entre personas.
Natural	Integra toda la dotación ambiental y los recursos naturales (e.g. agua y vegetación)

1.3.2.3. Conductores biofísicos directos

Los conductores biofísicos directos actúan a escala local y refieren a factores ambientales que determinan la predisposición al cambio de cobertura y usos del suelo (Aide et al., 2012). Comprenden variables como la fertilidad del suelo, la variabilidad climática y la pendiente del terreno (Ali y Bahadur, 2018; Yackulic et al., 2011).

La fertilidad del suelo es una variable importante para explicar los procesos de deforestación y degradación ya que determina el desarrollo de las actividades agrícolas (Ali

y Bahadur, 2018; Valenciano et al., 2012), se puede inferir por el nivel de satisfacción de los agricultores respecto a la productividad agrícola de los terrenos (Ali y Bahadur, 2018).

En el proceso de recuperación, la variabilidad climática (lluvias o sequías) puede afectar a la productividad agrícola, lo que repercute en el abandono de tierras y, por ende, en el desarrollo de vegetación secundaria (Escobedo, 2013). No obstante, aunque estas condiciones climáticas son muy variables en espacio y tiempo, y en gran medida difíciles de mitigar, es posible reducir la vulnerabilidad a través de la adaptación y la diversificación de medios de vida (Dawson y Ingram, 2008). Además, este tipo de eventos transitorios pueden llegar a afectar negativamente el funcionamiento del ecosistema, lo que puede comprometer la capacidad del sistema forestal para proporcionar servicios como la leña, alimentos y servicios ecológicos como la estabilidad del suelo y el control de la erosión (Dawson y Ingram, 2008).

Otra de las variables que influyen en la recuperación y el mantenimiento de la cobertura a nivel local es la topografía (pendientes y altitudes altas), y por ejemplo al limitar la accesibilidad para el desarrollo de la actividad agrícola (Zora et al., 2000). Además, se ha reportado que las áreas de alta pendiente presentan bajos costos de oportunidad para las comunidades locales debido a su inaccesibilidad, lo que representa una baja amenaza para la deforestación (Blundo-Canto et al., 2018).

1.3.2.4. Conductores socioeconómicos directos

Los conductores socioeconómicos directos actúan a escala local y refieren a conductores sociales, demográficos, económicos y políticos, que incentivan el cambio de uso de suelo, a través del desarrollo de prácticas agropecuarias y de la extracción forestal para el mejoramiento de los medios de vida locales (Perge y Mckay, 2016; Zora et al., 2000).

1.3.2.4.1. Conductores sociales

En los procesos de deforestación y degradación, variables como el nivel de educación puede determinar los procesos de cambio de cobertura. De hecho, los bajos niveles de educación en la población se han relacionado con el desarrollo de actividades agrícolas y con la disponibilidad de ingresos reducidos (Bou et al., 2018). Si bien, la educación escolarizada en niños puede causar una disminución temporal en la oferta de mano de obra para el desarrollo

de actividades agrícolas que conducen a la deforestación (Chowdhury, 2006), se ha reportado que las familias con un mayor número de estudiantes activos pueden vincularse con una mayor deforestación; además, variables como la buena calidad de viviendas, el acceso a agua entubada y la electricidad, y la disposición de electrodomésticos, pueden estar relacionadas con una mayor deforestación, lo que indica que grandes niveles de bienestar social no necesariamente reducen el área agrícola (Chowdhury, 2006; Figueroa et al., 2016; Lax y Köthke, 2017).

En el proceso de recuperación, conductores como la accesibilidad a la vegetación, medida por grandes distancias del hogar al borde del bosque, puede influir en la disminución de estrategias agrícolas o de extracción de leña y con ello favorecer la recuperación de la vegetación (Akbar et al., 2018).

Otra de las variables que se asocia al proceso de recuperación es la cercanía a áreas naturales protegidas (ANP) debido a que se ha encontrado que la probabilidad de recuperación aumenta con distancias cercanas a una reserva (Crk et al., 2009). No obstante, en otras ANP no necesariamente la cercanía disminuye la probabilidad de deforestación debido a que para muchos hogares rurales la tala de bosques para el uso de leña, carbón y la expansión agropecuaria es una de las fuentes de medios de vida (Nolte, et al., 2013; Poufoun, 2017) y, en general, las localidades inmersas en ANP se caracterizan por presentar comunidades rurales de bajos y medianos ingresos, muchas de ellas en áreas remotas lejos de ciudades (Dehghani-Pour et al., 2018) y con altos grados de marginación que dificultan la participación de la población en los mercados laborales (Dirzo et al., 2009). Estas condiciones repercuten en una escasez de alternativas de medios de vida, lo que hace que la mayoría de las ANP sean una fuente vital de medios de subsistencia para los hogares rurales (Lopez-Feldman, & Vela-Alvarado, 2015; Poufoun, 2017). Además, la accesibilidad al mercado determinado por los altos precios agrícolas (*e.g.* adquisición de fertilizantes, posesión o alquiler de yunta y los elevados precios del maíz) y los costos de transporte (altos precios de combustible) pueden influenciar en el desarrollo de actividades agrícolas y con ello detener procesos como la deforestación (Kurmar y Debendra, 2013; Sunderlin et al., 2005). Por lo tanto, una buena accesibilidad al mercado mejora las posibilidades para la prestación de servicios de salud, educación e infraestructura, lo que puede repercutir en el

mejoramiento de los medios de vida locales (Agarwal, 2003; Perge y Mckay, 2016; Sunderlin et al., 2005).

1.3.2.4.2. Conductores demográficos

Entre los conductores demográficos se encuentran las variables referentes a la composición del hogar, por ejemplo, el tamaño de la familia, el género y la edad de sus integrantes, ya que pueden determinar el tipo de actividad económica que desarrolla el hogar y con ello influir en los procesos de CCUS (Poufoun, 2017; Sherbinin et al., 2008).

En los procesos de deforestación y degradación, variables como el tamaño de la familia se ha relacionado con la intensidad de uso del bosque. Esto es debido a que las familias grandes (*e.g.* 6 a 8 personas) tienden a presentar mayores obstáculos para acceder a fuentes alternativas de subsistencia, y en consecuencia se incrementa en ellas el nivel de dependencia respecto de los productos forestales y con ello promueve la degradación y deforestación de los bosques (Contreras, 2001; Pascaline et al., 2009). Otra de las variables que se asocia a estos procesos es la edad de los miembros del hogar; esto es así porque las personas en edad más activa (14-50 años) generalmente tienen mayores probabilidades de acceder a productos forestales maderables y a la actividad agrícola (Pascaline et al., 2009); en cambio las personas mayores de edad (≥ 70 años) muestran una diversidad reducida de actividades, lo que repercute en una menor dependencia a los recursos forestales (Goulden et al., 2013).

Respecto a las variables que se asocian al mantenimiento y a la recuperación de la vegetación se encuentran variables como el género y la población emigrante. El género es un factor que puede llegar a determinar los derechos de uso y acceso a los recursos forestales (*e.g.* como parte de procesos culturales existe una limitación del trabajo agrícola por parte de las mujeres), es decir, mientras mayor sea la proporción de mujeres en una población, posiblemente se reducirán la deforestación y la degradación (Agarwal, 2003; Pascaline et al., 2009; Perge y Mckay, 2016). Por su parte, la migración es un conductor relevante en la aumento de las tasas de recuperación de la cobertura debido a que se ha reconocido como una estrategia de sobrevivencia económica de los hogares, que provoca el abandono de actividades agropecuarias y, por ende la recuperación de la cobertura (Aide et al., 2000; Martínez y García-Orth, 2007; Pastino, 2007). La migración implica la movilidad espacial

de la población (de individuos y grupos) que, con miras a la satisfacción de necesidades económicas, sociales, políticas, entre otras, se desplaza a través de espacios y fronteras nacionales e internacionales, implicando procesos de relocalización y cambio de residencia (Castillo et al., 2018). Su estudio implica la identificación de las causas socioeconómicas que expulsan a los migrantes (emigración) y los motivos que los atraen a determinados lugares y trabajos, tales como la demanda barata de mano de obra en la agricultura, la construcción, la manufactura y los servicios, principalmente.

1.3.2.4.3. Conductores económicos

Los conductores económicos se refieren a las actividades, principalmente agrícolas, ganaderas y de extracción forestal que provocan cambios en la dinámica de la cobertura del bosque (Helmut J. Geist y Lambin, 2002; Serneels y Lambin, 2001).

En los procesos de deforestación y degradación, la actividad agropecuaria es un importante incentivo económico en los medios de vida de las comunidades rurales (Galicia y Rodríguez Bustos, 2016). De hecho, este tipo de actividades se consideran entre las actividades determinantes de la conversión de bosques templados (Galicia, 2017). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la superficie agrícola sembrada en México se mantuvo relativamente constante entre 1980 y 2012; osciló entre 16 y 20 millones de hectáreas; en tanto que entre 1973 y 1993 los terrenos agropecuarios se expandieron un poco más de 368 000 ha por año, en el periodo 2007-2011 alcanzaron poco menos de 124 000 ha, lo que revela que la deforestación ha oscilado en alrededor de 500 000 ha al año (Galicia, 2017).

Otro de los conductores que promueve la deforestación y degradación, es la extracción de leña. Esta actividad constituye un elemento indispensable para muchas comunidades rurales y que la usan como fuente de combustible (Rojo, 2018). Por ejemplo, en términos económicos el uso de leña como combustible satisface al 84% de la demanda energética de la población rural en México (Ghilardi Álvarez, 2008). Esta actividad tendría implicaciones en la reducción de la biomasa, la degradación y la deforestación después de la extracción de madera (Filer et al., 2009).

1.3.2.4.4. Conductores políticos

Los conductores políticos actúan de manera subyacente y se refieren a acciones establecidas por las instituciones o gobiernos que influyen sobre el manejo de la cobertura y el uso del suelo (Geist & Lambin, 2002). Estos implican medidas políticas sobre el uso de la tierra, subsidios económicos para el desarrollo de actividades agropecuarias (Helmut J. Geist y Lambin, 2002), políticas que favorecen la conservación y restauración de ecosistemas como el establecimiento de ANP (Figueroa et al., 2009) o programas estatales como el Pago por Servicios Ambientales que incluyen practicas del buen manejo del territorio (CONAFOR, 2010).

En relación a los programas que favorecen procesos como la deforestación y degradación, se encuentran los programas federales como el Programa Solidaridad, fundado en el año 1988 que en la actualidad tiene el nombre de Prospera (Programa de Inclusión Social), los cuales han promovido la deforestación debido a las transferencias de fondos a los niños de edad escolar y sus madres, ayudando a las finanzas familiares que favorece el consumo de leche y carne, lo cual promueve la reducción del bosque para la introducción de actividades agropecuarias (Alix-Garcia, 2007); no obstante los estudiantes también requieren de recursos financieros; de otra manera podrían invertirse en el trabajo agrícola (Chowdhury, 2006).

Otro de los programas que favorece la deforestación es el Programa de Apoyo de Campo y Ganadería (PROCAMPO y PROGAN) que promueven la superficie agrícola y ganadera a través de incentivos económicos para la compra de ganado o el otorgamiento de estimulación de paquetes tecnológicos, infraestructura y equipamiento para instalaciones productivas, paquetes productivos para el autoconsumo, recuperación de suelos (fertilizantes, semillas mejoradas), pago de servicios y adquisición de combustibles, entre otros apoyos para el estímulo de la productividad agrícola (PROCAMPO, 2016). De acuerdo a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) los apoyos destinados al campo mexicano pasaron de 24 mil 713 millones de pesos en el año 2000 a 73 mil 368 millones en el año 2011 (PROCAMPO, 2016).

En el proceso de recuperación de la cobertura, existen políticas destinadas a la conservación a través del establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP) encaminadas a conservar y restaurar ecosistemas, permitir la adaptación de la biodiversidad y enfrentar los

efectos del cambio climático. A pesar de que no son los únicos instrumentos de conservación, ofrecen ventajas únicas ya que tienen fronteras bien definidas, lo que facilita la estimulación de su valor en términos del potencial para la captura de carbono y poseen claridad legal, lo que permite la administración a largo plazo para la administración y manejo de los ecosistemas con amplio respaldo nacional e internacional y son instrumentos efectivos de bajo costo (Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008; SEMARNAT, 2018). No obstante, estas áreas han estado sujetas a procesos como el cambio de uso del suelo, sobre explotación de recursos naturales, actividades productivas no sustentables como la agricultura y la ganadería, la contaminación y el tráfico ilegal de especies, entre otras causas (Brandon et al., 2005; CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2018; Villalobos, 2000). Por lo que el análisis de los conductores a escala local podría entender las diferentes estrategias de medios de vida de las comunidades locales inmersas en áreas naturales protegidas.

1.3. Literatura citada

- Agarwal, B., 2003. Gender and Land Rights Revisited : Exploring New Prospects via the State ., J. Agrar. Chang. 3, 184–224.
- Aide, M., Matthew, C., Grau, R., López-Carr, D., Levy, M.A., Redo, D., Bonilla-Moheno, M., Riner, G., Nuñez-Andrade, M., Muñiz, M., 2012. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001 – 2010). *Biotropica* 0, 1–10.
- Aide, T.M., Zimmerman, J.K., Pascarella, J.B., Rivera, L., Marcano-Vega, H., 2000. Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. *Restor. Ecol.* 8, 328–338. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- Akbar, A., Azadi, H., Sche, J., 2018. Revealing the role of livelihood assets in livelihood strategies : Towards enhancing conservation and livelihood development in the Hara Biosphere 94, 336–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.074>
- Ali, A., Bahadur, D., 2018. Forest-based livelihoods , income , and poverty : Empirical evidence from the Himalayan region of rural Pakistan. *J. Rural Stud.* 57, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.10.001>
- Alix-Garcia, J., 2007. A spatial analysis of common property deforestation \$. *J. Environ. Manag.* 53, 141–157. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2006.09.004>
- Arizaga, S., Cruz, J.M., Cabrales, M.S., González, M.Á.B., 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos, Instituto Nacional de Ecología.
- Arroyo-Rodríguez, V., Melo, F.P.L., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Chazdon, R.L.,

- Meave, J.A., Norden, N., Santos, B.A., Leal, I.R., Tabarelli, M., 2017. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biol. Rev.* 92, 326–340. <https://doi.org/10.1111/brv.12231>
- Babigumira, R., Angelsen, A., Buis, M., Bauch, S., Sunderland, T., Wunder, S., 2014. Forest Clearing in Rural Livelihoods: Household-Level Global-Comparative Evidence. *World Dev.* 64, S67–S79. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.002>
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez Carbonell, D., 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol II, in: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Ed.), *Estado de Conservación y Tendencias de Cambio*. pp. 385–431.
- Block, S., Meave, J.A., 2015. Structure and diversity of oak forests in the El Tepozteco National Park (Morelos, Mexico). *Bot. Sci.* 93, 429–460. <https://doi.org/10.17129/botsci.150>
- Blundo-Canto, G., Bax, V., Quintero, M., Cruz-García, G.S., Groeneveld, R.A., Pérez-Marulanda, L., 2018. The Different Dimensions of Livelihood Impacts of Payments for Environmental Services (PES) Schemes : A Systematic Review. *Ecol. Econ.* 149, 160–183. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.011>
- Bou, J., Krishna, V. V., Qaim, M., 2018. Land Use Policy Land-use change and livelihoods of non-farm households : The role of income from employment in oil palm and rubber in rural Indonesia. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.020>
- Brandon, K., Gorenflo, L.J., Rodrigues, A.N.A.S.L., Waller, R.W., 2005. Reconciling Biodiversity Conservation, People, Protected Areas, and Agricultural Suitability in Mexico 33, 1403–1418. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.005>
- Bustamante, M.M.C., Roitman, I., Aide, T.M., Alencar, A., Anderson, L., Aragão, L., Asner, G.P., Barlow, J., Berenguer, E., Chambers, J., Costa, M.H., Fanin, T., Ferreira, L.G., Ferreira, J.N., Keller, M., Magnusson, W.E., Morales, L., Morton, D., Ometto, J.P.H.B., Palace, M., Peres, C., Silvério, D., Trumbore, S., Vieira, I.C.G., 2015. Towards an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. *Glob. Chang. Biol.* n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/gcb.13087>
- Castillo, G., 2016. “Geografía de la migración mexicana a Estados Unidos. Cambios y continuidades en las zonas expulsoras de migrantes”, in: *La Sociedad y Su Dinámica Territorial*. pp. 3–15.
- Castillo, G., Ibarrola, M.J., Gónzales, J., Ibarrola, M., 2018. Migraciones internacionales chiapanecas (2000-2007). Diferenciación socioespacial de contextos de expulsión. *Rev. ciencias Soc.* 78, 123–152.
- Chazdon, R.L., 2014. *Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation*. University of Chicago Press, Yokohama, Japan.
- Cheng, S., Hiwatashi, Y., Imai, H., Naito, M., Numata, T., 1998. Deforestation and

- degradation of natural resources in Ethiopia: Forest management implications from a case study in the Belete-Gera Forest. *J. For. Res.* 3, 199–204.
<https://doi.org/10.1007/BF02762193>
- Chowdhury, R.R., 2006. Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve , Mexico : Modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels 26, 129–152.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2005.11.004>
- CONAFOR, 2010. Servicios Ambientales y Cambio Climático. La riqueza forestal de México, CONAFOR.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2018. Áreas Naturales Protegidas [WWW Document]. CONANP. URL
http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Consejo Nacional de Población, 2000. Grado de marginación por localidad 2000 [WWW Document]. CONAPO. URL <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad/resource/f8004298-e527-45db-8f0e-7d5ed2df6401>
- Contreras, M., 2001. A Comparative Study of Education and Tropical Deforestation among Lowland Bolivian Amerindians : Forest Values , Environmental Externality , and School Subsidies. *Econ. Dev. Cult. Change* 3–22. <https://doi.org/10.1086/452515>
- Crk, T., Uriarte, M., Corsi, F., Flynn, D., 2009. Forest recovery in a tropical landscape: what is the relative importance of biophysical, socioeconomic, and landscape variables? *Landsc. Ecol.* 24, 629–642. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9338-8>
- Dalle, S.P., de Blois, S., Caballero, J., Johns, T., 2006. Integrating analyses of local land-use regulations, cultural perceptions and land-use/land cover data for assessing the success of community-based conservation. *For. Ecol. Manage.* 222, 370–383.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.052>
- Dawson, T., Ingram, J.C., 2008. Sustainable livelihoods and forest resources in Madagascar: a multi-scale analysis using remote sensing. *Environ. Sci.* 5, 129–143.
<https://doi.org/10.1080/15693430801912188>
- Dehghani-Pour, M., Akbar, A., Azadi, H., Jürrogen, S., 2018. Revealing the role of livelihood assets in livelihood strategies : Towards enhancing conservation and livelihood development in the Hara Biosphere. *Ecol. Indic.* 94, 336–347.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.074>
- DFID, 1999. Sustainable livelihoods guidance sheets.
- Díaz-Gallegos, J.R., Mas, J., Velázquez, A., 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 31, 180–196.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00396.x>
- Dirzo, R., González Mintaguit, R., March, I.J., 2009. Estado de conservación del capital natural de México: retos y perspectivas, in: *Capital Natural de México*. pp. 805–809.
- Durand, L., 2010. Pensar positivo no basta . Actitudes en torno a la conservación en la

- Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla , México. *Interciencia* 35, 430–436.
- Ellis, A., Hernández, G., Romero, M., 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Asoc. española la Ecol. Terr.* 26, 101–111.
- Ellis, F., 1998. Household strategies and rural livelihood diversification. *J. Dev. Stud.* 0388, 1–38. <https://doi.org/10.1080/00220389808422553>
- Escobedo, A., 2013. El rol de los sistemas cacaoteros en los medios de vida de los hogares de Cortés , Honduras. *Tech. Rep.* • 1–55.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1995. Forest resources assessment 1990 Tropical forest plantation resources. FAO, Rome, Italy.
- Farfán, M., 2015. Escenarios de deforestación (2004-2018) en la Reserva de la Biosfera Sierra Manatlán y su Impacto en las Áreas Potenciales de Distribución de dos especies de Felinos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Figuroa, F., Caro-Borrero, Á., Revollo-Fernández, D., Merino, L., Almeida-Leñero, L., Paré, L., Espinosa, D., Mazari-Hiriart, M., 2016. “I like to conserve the forest, but I also like the cash”: Socioeconomic factors influencing the motivation to be engaged in the Mexican Payment for Environmental Services Programme. *J. For. Econ.* 22, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2015.11.002>
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodivers. Conserv.* 17, 3223–3240. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9423-3>
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J., Trejo, I., 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican. *Environ. Conserv.* 36, 180–191. <https://doi.org/10.1017/S0376892909990221>
- Filer, C., Keenan, R.J., Allen, B.J., Mc Alpine, J.R., 2009. Deforestation and forest degradation in Papua New Guinea. *Ann. For. Sci.* 66, 813. <https://doi.org/10.1051/forest/2009067>
- Frodin, D., 1998. World Checklist and Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae), WORLD. ed.
- Galicia, L., 2017. Dinámica de cambio del uso de suelo y vegetación en México: patrones de cambio, causas directas e indirectas y prioridades a futuro, in: *La Naturaleza y Su Interacción Con El Ser Humano.* pp. 1–15.
- Galicia, L., Garcia Romero, A., Gomez Mendoza, L., Ramirez, I., 2007. Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia* 50–60.
- Galicia, L., Rodríguez Bustos, L., 2016. Causas locales de la transformación del paisaje en una región montaña en el centro de México. *Acta Univ.* 26, 83–94. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1168>
- Galicia, L., Zarco-Arista, A.E., Mendoza-Robles, K.I., Palacio-Prieto, J.L., García-Romero, A., 2008. Land use/cover, landforms and fragmentation patterns in a tropical dry forest

- in the southern Pacific region of Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 29, 137–154.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2008.00326.x>
- Gao, Y., Ghilardi, A., Mas, J., Quevedo, A., Skutsch, M., Gao, Y., Ghilardi, A., Mas, J., Quevedo, A., 2018. Assessing forest cover change in Mexico from annual MODIS VCF data (2000 – 2010). *Int. J. Remote Sens.* 00, 1–18.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1479789>
- Gao, Y., Zhong, B., Yue, H., Wu, B., Cao, S., 2011. A degradation threshold for irreversible loss of soil productivity: A long-term case study in China. *J. Appl. Ecol.* 48, 1145–1154. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02011.x>
- Geist, Helmut J, Lambin, E., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *Bioscience* 52, 143–150.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Geist, H.J., Lambin, E.F., 2001. What drives tropical deforestation ? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. LUCR Report.
- Ghazoul, J., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., King, L.A., 2015. Conceptualizing Forest Degradation. *Trends Ecol. Evol.* 30, 622–632.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.001>
- Ghilardi Álvarez, A., 2008. Análisis multiescalar de los patrones espaciales de oferta y demanda de leña para uso residencial en México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giménez, G., 2005. Territorio e Identidad. Breve introducción a la geografía cultural. *Trayectorias* 7, 8–24.
- Gómez-Pompa, A., 1985. Los recursos bióticos de México: reflexiones. *Alhambra Mexicana*.
- Goulden, M.C., Adger, W.N., Allison, E.H., Conway, D., Adger, W.N., Allison, E.H., Conway, D., 2013. Limits to Resilience from Livelihood Diversification and Social Capital in Lake Social – Ecological Systems Limits to Resilience from Livelihood Diversification and Social Capital in Lake Social – Ecological Systems. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 103:4, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.765771>
- Guerra-Martínez, F., García-Romero, A., Cruz-Mendoza, A., Osorio-Olvera, L., 2019. Regional analysis of indirect factors affecting the recovery, degradation and deforestation in the tropical dry forests of Oaxaca, Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 40, 387–409. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12281>
- INEGI, 2016. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VI (continuo nacional) [WWW Document]. INEGI. URL <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2007. Censo Agrícola-Ganadero y Forestal 2007 (Nivel municipal).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 1991. Censo Agrícola-Ganadero

- 1991 (Nivel municipal)INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). INEGI.
- Kurmar, S., Debendra, B., 2013. Shifting Cultivation : A Practice of Deforestation, in: *Every Mans Science*. pp. 1–69.
- Lambin, E.F., Geist, H.J., 2003. Regional Differences in Tropical Deforestation. *Environ. Policy Sustain. Dev.* 45, 22–36.
- Lambin, E.F., Geist, H.J., Lepers, E., 2003. Dinamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Lambin, Eric F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T. a., Vogel, C., Xu, J., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Glob. Environ. Chang.* 11, 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Lax, J., Köthke, M., 2017. Livelihood Strategies and Forest Product Utilisation of Rural Households in Nepal. *Small-scale For.* <https://doi.org/10.1007/s11842-017-9367-0>
- Liu, J., 2015. Promises and perils for the panda Postdocs reimagined : Last call secondary forests Naming diseases : First do no harm. *Science* (80-). 348, 642.
- López-García, J., 2011. Deforestation and forest degradation in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico, 2003 – 2009. *J. Maps* 5647, 626–633. <https://doi.org/10.4113/jom.2011.1163>
- Luna-José, A., Montalvo-Espinosa, L., Rendon-Aguilar, B., 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Botánica Económica y Etnobotánica* 72, 107–117.
- Maeda, E.E., Clark, B.J.F., Pellikka, P., Siljander, M., 2010. Modelling agricultural expansion in Kenya’s Eastern Arc Mountains biodiversity hotspot. *Agric. Syst.* 103, 609–620. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.07.004>
- Martínez, M.M., García-Orth, X., 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín la Soc. Botánica México* 80, 69–84.
- Mas, J., Lemoine-Rodríguez, R., González, R., López-Sánchez, J., Piña-Garduño, A., Herrera-Flores, E., 2017. Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera Bosques* 23, 119–131. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>
- Mas, J.F., 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environ. Monit. Assess.* 105, 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
- Mas, J.F., Velázquez, A., Couturier, S., 2009. La evaluación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la República Mexicana. *Investig. Ambient.* 1, 23–39.
- McConnell, W.J., Sweeney, S.P., Mulley, B., 2004. Physical and social access to land:

- Spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar. *Agric. Ecosyst. Environ.* 101, 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.012>
- Merino, L., 2003. Procesos de uso y gestión de los recursos naturales-comunes, in: Sánchez, O., Vega, E., Peters-Recagno, E., Monroy, O. (Eds.), *Conservación de Los Ecosistemas Templados de Montaña En México*. SEMARNAT, México, D. F., pp. 63–76.
- Miranda, ;Hernandez, E., 1963. Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. *Boletín la Soc. Botánica México* 28, 29–179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Mojica, E.P., Valencia, S., 2017. Estudio preliminar del género *Quercus* (Fagaceae) en Tamaulipas , México. *Acta Bot. Mex.* 3, 59–111.
- Niehof, A., 2004. The significance of diversification for rural livelihood systems. *Food Policy* 29, 321–338. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.07.009>
- Nixon, K.C., 1993. The genus *Quercus* in Mexico, in: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.), *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, New York, pp. 447–458.
- Nolte, C., Agrawal, A., Silvius, K.M., Soares-filho, B.S., 2013. Governance regime and location in fl uence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon 1–6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110>
- Osorio, O.L.P., Mas Caussel, J.F., Guerra, F., Maass, M., 2015. Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investig. Geográficas* 60–74. <https://doi.org/10.14350/rig.43853>
- Parrotta, E.J.A., Wildburger, C., Mansourian, S., 2012. Understanding Relationships between Biodiversity , Carbon , Forests and People : The Key to Achieving REDD + Objectives.
- Pascaline, C., Tigabu, M., Savadogo, P., Oden, P., Ouadba, J., 2009. Forest Policy and Economics Determinants of access to forest products in southern Burkina Faso. *For. Policy Econ.* 11, 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.06.002>
- Pastino, B. de, 2007. 10,000 Wildebeest Die in Mass Drowning. *Natl. Geogr. News*.
- Pérez-Valladares, C.X., Velázquez, A., Moreno-Calles, A.I., Mas, J.F., Torres-García, I., Casas, A., Rangel-Landa, S., Blancas, J., Vallejo, M., Téllez-Valdés, O., 2019. An expert knowledge approach for mapping vegetation cover based upon free access cartographic data: the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central Mexico. *Biodivers. Conserv.* 28, 1361–1388. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01723-w>
- Pérez-Vega, A., Regil-García, H., Boni-Nóngez, A., Farfán-Gutiérrez, M., Rocha-Álvarez, F., Magaña-Cota, G., 2016. Valoración de la subzonificación del plan de manejo en la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda Guanajuato. *Acta Univeritaria* 26, 45–61. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1538>
- Perge, E., Mckay, A., 2016. Forest clearing , livelihood strategies and welfare : Evidence from the Tsimane ' in Bolivia. *Ecol. Econ.* 126, 112–124.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.03.017>

- Poufoun, J.N., 2017. Livelihoods strategies , deforestation and biodiversity conservation : a Micro econometric Analysis using Rural Households Survey in the Tridom Transboundary Conservation Landscape. Université De Lorraine.
- PROCAMPO, 2016. Apoyos campo [WWW Document]. 2016. URL <https://www.sagarpa.gob.mx/procampo>
- Rasmussen, L.V., Watkins, C., Agrawal, A., 2017. Forest Policy and Economics Forest Contributions to Livelihoods in changing Agriculture-Forest Landscapes. *For. Policy Econ.* 84, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.04.010>
- Rivera, N.R., Galicia, L., 2016. La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio-ambientales Geographical scale as integrative concept for understanding socio-environmental problems. *Investig. Geográficas, Boletín del Inst. Geogr.* 137–153.
- Rojo, T., 2018. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020 [WWW Document]. FAO. URL <http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s00.htm#TopOfPage>
- Rosas-Ávila, J., García-Romero, A., López-García, J., Manzo-Delgado, L. de L., 2015. Análisis multicriterio para la delimitación de una región árida del centro de México. *Acta Univ.* 25, 11–25. <https://doi.org/10.15174/au.2015.772>
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. *Com. Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 504.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002. Review of the status and trends of, and major threats to, the forest biological diversity. *CBD Technical Series no. 7*, Montreal, Canada.
- SEMARNAT, C., 2018. Las áreas naturales protegidas. Respuestas naturales frente al cambio climático.
- Serneels, S., Lambin, E.F., 2001. Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model. *Agric. Ecosyst. Environ.* 85, 65–81. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00188-8)
- Sherbinin, A. De, Vanwey, L.K., Mcsweeney, K., Aggarwal, R., Barbieri, A., Henry, S., Hunter, L.M., Twine, W., Walker, R., 2008. Rural household demographics , livelihoods and the environment 18, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.05.005>
- Sunderlin, W.D., Belcher, B., Wunder, S., 2005. Livelihoods , Forests , and Conservation in Developing Countries : An Overview 33, 1383–1402. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.004>
- Turner, B.L.I., Meyer, W.B., Skole, D.L., 1994. Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an integrated study. *Ambio* 23, 91–95.
- Valencia, S., 2004a. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México *Boletín. Boletín*

la Soc. Botánica México 33–53.

- Valenciano, A., Andrey, J., Salazar, V., Francois, J., Coq, L., Sáenz, F., 2012. Medios de vida de las familias dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas en el cantón de Guatuso, Alajuela. Clasifi
- Valiente-Banuet, A., Solis, L., Dávila, P., Arizmendi, C., 2009. Guía de la Vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. <https://doi.org/10.13140/2.1.3500.6247>
- Van Young, E., 1992. Mexico's regions: comparative history and development.
- Vanwey, Leah K, Hull, J., Guedes, G., 2013. Capitals and context: Bridging health and livelihoods in smallholder frontiers, in: Routledge (Ed.), *Ecologies and Politics of Health*. pp. 1–289.
- Velazquez, A., Mas, J., Saucedo, A., Castro, J., Palacio, B., Gomez, L., Trejo, J., Lopez, Garcia, P., Medrano, 2002. Estado actual y Dinámica de los Recursos Forestales de México [WWW Document]. Biodiversitas.
- Velázquez, A., Mas, J.F., Bocco, G., Palacio-Prieto, J.L., 2010. Mapping land cover changes in Mexico, 1976-2000 and applications for guiding environmental management policy. *Singap. J. Trop. Geogr.* 31, 152–162. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00398.x>
- Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., Palacio, J., 2001. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gac. Ecológica, UNAM* 62, 21–37.
- Verburg, Veldkamp, 2004. Projecting land use transitions at forest fringes in Philippines at two spatial scales. *Landsc. Ecol.* 19, 77–98.
- Villalobos, I., 2000. Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. *Gac. Ecológica, UNAM* 54, 24–34.
- Yackulic, C.B., Fagan, M., Jain, M., Jina, A., Lim, Y., Marlier, M., Muscarella, R., Adame, P., Defries, R., Uriarte, M., 2011. Biophysical and Socioeconomic Factors Associated with Forest Transitions at Multiple Spatial and Temporal Scales. *Ecol. Soc.* 16, 15–21.
- Zora, L., Gwendolin, J., Olivia, Mr., Sorg, J., Felber, H.R., 2000. Understanding deforestation and forest fragmentation from a livelihood perspective. *Madag. Conserv. Dev.* 10, 67–76. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4314/mcd.v10i2.5>

**Capítulo II. Conductores regionales del cambio de cobertura del bosque de encino en
la Región Tehuacán-Cuicatlán**

2.1. Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) han sido consideradas como un instrumento para la conservación de los ecosistemas, de los procesos ecológicos asociados y de los servicios ambientales derivados (Chape et al., 2005; Pretty y Smith, 2004). Durante el siglo pasado y lo que va del presente, la superficie protegida en el mundo aumentó considerablemente al pasar de 0.7%, en 1979, a 12.7% en 2003 y 14.7% en 2016 (Chape, Blyth, Fish, Fox, & Spalding, 2003; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] & Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN], 2016). Uno de los principales tipos de ANP son las Reservas de la Biosfera (RB), las cuales se han distinguido por impulsar el bienestar y el desarrollo de las comunidades en armonía con la conservación de la diversidad biológica y la integridad de los ecosistemas (Ervin, 2003).

En este sentido, México se encuentra entre los países más avanzados al contar con 45 RB que cubren una extensión de 777 615 km² (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2018). Sin embargo, debido a las presiones sociales y ambientales que afectan a las ANP y en particular a las que recaen sobre las RB, estas enfrentan procesos como la deforestación, la invasión de especies exóticas y los incendios forestales (Figuroa, Sánchez-Cordero, Illoldi-Rangel, & Linaje, 2011; Pérez-Vega et al., 2016). En el escenario de deforestación, el proceso de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) es una de las principales amenazas a la conservación de la biodiversidad (Figuroa, Sánchez-Cordero, Meave, & Trejo, 2009).

Un caso que reviste especial interés es el de los bosques de encino. Los encinos (género *Quercus*) constituyen uno de los grupos de plantas leñosas más importantes del hemisferio norte (Valencia, 2004), siendo reconocidos por su elevada importancia ecológica y económica a nivel mundial (Martínez-Cruz et al., 2009; Olvera-Vargas y Figuroa-Rangel, 2012; Villaseñor, 2004). En México, este tipo de bosque es importante debido a que el país se ubica entre los que sostienen la mayor diversidad de especies de encino en el mundo y se calcula que el 68% de los encinos del continente americano (161 especies) solo se encuentran en México (Arizaga et al., 2009). Además, si se considera que los bosques de encino se distribuyen en una pequeña superficie del país (2.9 al 5.5%; Rzedowski, 2006), lo que corresponde a un porcentaje mínimo destinado a la conservación (3.77% [457,067 ha];

Bezaury-Creel & Gutiérrez Carbonell, 2009), se puede considerar que son ecosistemas sumamente vulnerables a la deforestación.

Para atender a esta situación, se recomienda el reconocimiento de las principales amenazas y factores que inciden sobre los ecosistemas (Ervin, 2003). A partir de una diferenciación entre los factores biofísicos y socioeconómicos que intervienen a distintos niveles sobre los procesos de deforestación y recuperación de la vegetación (Crk et al., 2009; Galicia et al., 2008; Geist y Lambin, 2002; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015). Entendida la deforestación como la eliminación de la cobertura forestal a menos del 10% de la cobertura original (FAO (Food y Agriculture Organization), 1995). Mientras que, la recuperación de los bosques se refiere al recrecimiento del bosque después de una perturbación (Chazdon, 2014).

En este capítulo se evaluó la dinámica regional de la deforestación y la recuperación, así como los factores del CCUS en el bosque de encino de la Región Tehuacán-Cuicatlán (RTC), tanto en el polígono de la reserva como en su zona de influencia. Se analizó la dinámica del CCUS en dos periodos, uno previo a la declaración oficial como Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) (1979-2001) y otro posterior (2001-2011). El estudio de los factores biofísicos y socioeconómicos del CCUS consistió en dos etapas. En la primera etapa se aplicó un modelo de regresión logística para identificar los factores que se asocian a la deforestación y la recuperación del bosque de encino. En la segunda etapa, se analizaron datos socioeconómicos a nivel municipal, incluyendo información de población, migración y economía, que respaldan los resultados de la primera etapa para explicar los procesos de CCUS ocurridos.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Elaboración de mapas de coberturas y uso del suelo

La información cartográfica sobre la cobertura y uso del suelo fue obtenida de los mapas de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): serie I (1979), serie III (2002) y serie V (2011); escala 1: 250 000 (INEGI, 2015, 2008, 2001). El sistema de clasificación de uso del suelo y vegetación del INEGI cuenta con 24 categorías que fueron reagrupadas en seis clases: bosque de encino, pastizal inducido, agricultura de riego, agricultura de temporal, asentamientos humanos y otros tipos de vegetación (Figura

3). Para resolver los fallos debidos a la baja resolución de la cartografía, así como a inconsistencias de clasificación entre las distintas fechas de estudio, los mapas originales fueron corregidos mediante clasificación visual de fotografías aéreas a escala 1:80 000 de 1995, una imagen de satélite QuickBird con resolución espacial de 0.5 m del 2003 de la plataforma Google Earth y una imagen satelital SPOT con resolución espacial de 10 m del 2011. La clasificación se mantuvo a una escala 1:250:000, lo que corresponde a un área mínima cartografiable de 100 ha para usos forestales y no forestales. Las imágenes sirvieron como referencia para realizar las correcciones de las confusiones entre categorías entre las diferentes series de INEGI. Esto a modo de verificación. Las interpretaciones se apoyaron en un modelo digital de elevación para identificar la distribución altitudinal del bosque de encino.

2.2.2. Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo

Se realizó la sobreposición cartográfica de los mapas de cobertura y uso del suelo de 1979, 2001 y 2011. Se calcularon las tasas de cambio y matrices de transición entre las distintas clases. La interpretación de resultados se enfocó en el análisis de los procesos de deforestación y recuperación de la cobertura de bosque de encino (Pontius, Shusas, & McEachern, 2004), en dos periodos (1979-2001 y 2001-2011) que representan el periodo anterior y el posterior a la fecha del decreto de la RBTC. Para obtener las tasas anuales de cambio se aplicó la siguiente fórmula (FAO, 1995):

$$2. \quad \delta = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde δ es la tasa anual de cambio, S_1 es la superficie en la fecha 1, S_2 es la superficie en la fecha 2 y n es la diferencia de años entre ambas fechas.

2.2.2.1. Análisis de factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: primera etapa

En una primera etapa de análisis se consideraron dos variables biofísicas que fueron obtenidas del modelo digital de elevación (MDE), además de diversas variables socioeconómicas a nivel de localidad, que se obtuvieron de los Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010 (INEGI, 2000, 2011) y del Consejo Nacional de Evaluación de la

Política de Desarrollo Social del año 2000 y 2010 (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2000, 2010) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables biofísicas y socioeconómicas consideradas en la primera etapa para explicar la deforestación y la recuperación del bosque de encino en los periodos 1979-2001 y 2001-2011.

	Variable	Indicador
Biofísicas	Altitud	Aptitud del terreno
	Pendiente	
	Distancia euclidiana a localidades	Accesibilidad a la vegetación
Socioeconómicas	Densidad de la población total	Presión demográfica
	Porcentaje de la población masculina	Migración
	Porcentaje de la población mayor a 5 años que habla lengua indígena	Nivel de arraigo
	Índice de marginación	Marginación

Para transformar las variables socioeconómicas de formato puntual a formato areal se utilizó el método IDW (Inverse Distance Weighting), el cual interpola mediante ponderación los puntos de datos que ocurren dentro de un vecindario, siendo los puntos muestreados más próximos al punto no muestreado, más similares que los más alejados en sus valores (Farfán et al., 2012).

Para enfocar el análisis de los factores regionales que inciden en los procesos de deforestación y recuperación, se generó un buffer de 5 km a partir del área de distribución del bosque de encino, y al interior del buffer se estableció una cuadrícula, con 6 300 puntos equidistantes en 1 000 m. La colecta de datos se realizó mediante la sobreposición cartográfica de las variables espacializadas y la extracción de información de cada punto. De

esta manera, se obtuvo información binaria (cambio / no cambio) para los periodos analizados. Para evaluar la relación entre los factores biofísicos y socioeconómicos con respecto a la deforestación y la recuperación del bosque de encino, se aplicaron Modelos Lineales Generalizados (MLG) con una función *logit*. Los modelos resultantes fueron evaluados mediante el criterio de información Akaike (AIC, Akaike Information Criterion), y se seleccionaron los modelos con menor AIC. Este criterio incorpora la medición de la bondad de ajuste de los datos, dada por los factores que son añadidos en el modelo y provee una comparación directa entre ellos (Burnham, Anderson, & Huyvaert, 2011).

2.2.2.2. Análisis de factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: segunda etapa

En una segunda etapa se analizaron las tendencias históricas de diversas variables socioeconómicas a nivel municipal (Cuadro 3). Las variables se obtuvieron de los Censos de Población y Vivienda de los años 1970,1980, 2000 y 2010 (INEGI, 1970, 1980, 1990, 2000, 2011) de los Datos Abiertos de la Secretaría de Gobernación a nivel municipal (SEGOB, 2018) y de los Censos Agrícolas municipales de los años 1991 y 2007 (INEGI,1991, 2007). Para validar las tendencias se aplicó una regresión lineal para cada periodo de análisis (1979-2001 y 2001 y 2011), en donde las variables dependientes fueron las tasas de cambio (deforestación/recuperación) de los 39 municipios de la RTC donde se distribuye el bosque de encino; mientras que las variables independientes fueron seleccionadas a partir de datos a nivel municipal.

Cuadro 3. Variables socioeconómicas a nivel municipal consideradas en la segunda etapa para explicar la deforestación y la recuperación del bosque de encino en los periodos 1979-2001 y 2001-2011.

Variable	Indicador
Población total	Capital humano
Población masculina	
Índice de migración	Migración

Sectores económicos:	
primario, secundario y terciario	Economía
Superficie sembrada	
Cantidad de cabezas de ganado	Actividades agropecuarias

2.3. Resultados

2.3.1. Dinámica de tasas de deforestación

En el año 1979, la Región Tehuacán-Cuicatlán (RBTC y Zona de Influencia) contenía una extensa superficie forestal de bosque de encino de 213 296 ha (25%), para el año 2001 la cobertura disminuyó a una superficie de 173 374 ha (19%) y el año 2011 se destacó por una ligera recuperación ya que el bosque de encino ocupó una extensión de 175 959 ha (19.7%) (Figura 3).

Expresado en tasas anuales, en el primer periodo previo al decreto (1979-2001) la Región mostró comportamientos diferenciales debido a que se registró una mayor tasa anual al interior de la RBTC (-0.97%) con respecto a la Zona de influencia (-0.86%) y la RTC mostró una tasa anual de -0.94%. La disminución de la cobertura en la RTC se debió al incremento de la tasa anual de la agricultura de temporal y sobre todo la expansión de asentamientos humanos (Cuadro 4).

Una situación distinta se presentó en el periodo posterior al decreto, cuando la tasa de transformación del bosque de encino se recuperó en la RBTC (0.22%) e incluso fue de cero en la zona de influencia. La recuperación del bosque de encino se debió a la disminución de la tasa anual de los pastizales inducidos (Cuadro 4).

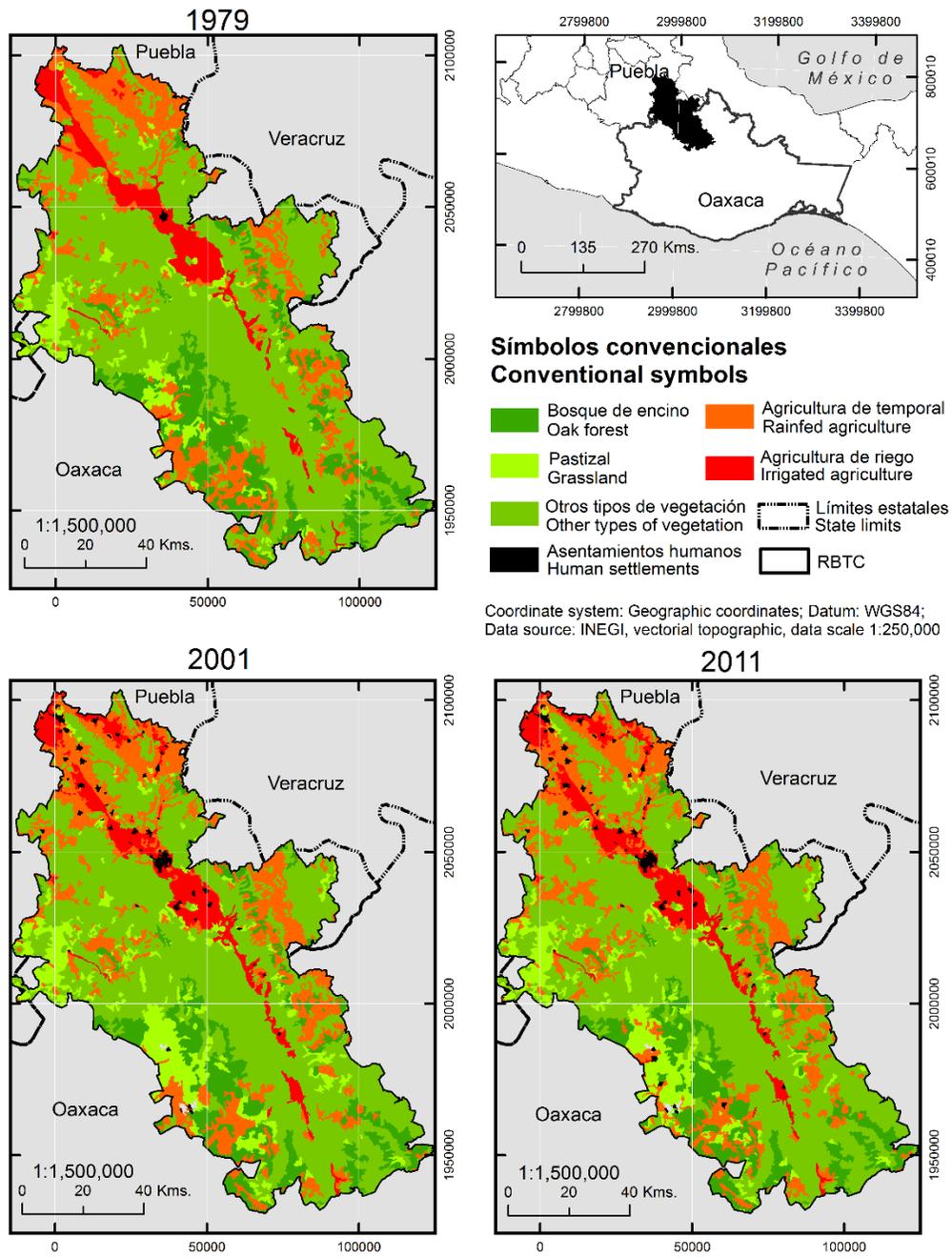
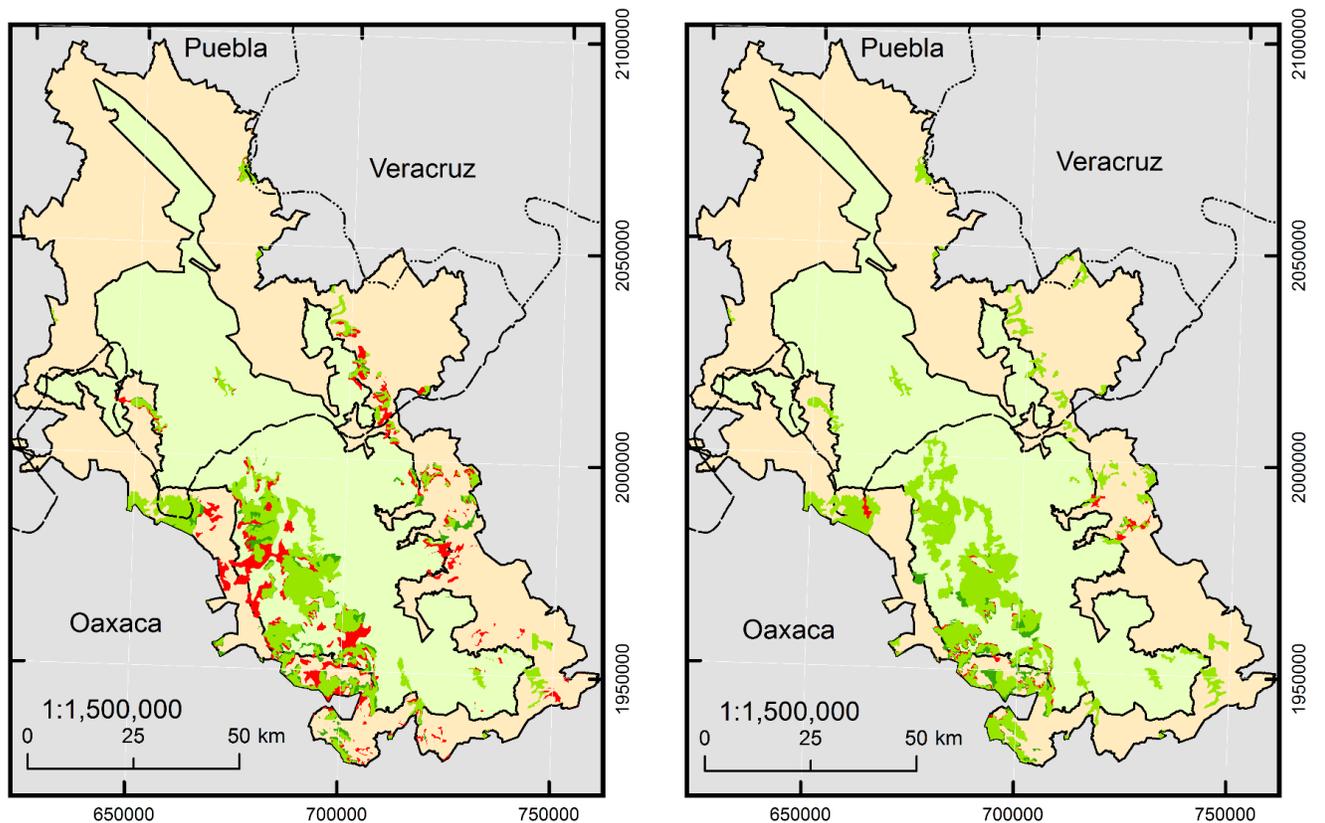


Figura 3. Mapas de coberturas y usos del suelo corregidos a partir de las series I, III, y V de INEGI (1979, 2001 y 2011)



Símbolos convencionales
Conventional symbols

Coordinate system: Geographic coordinates;
 Datum: WGS84; Data source: INEGI, vectorial
 topographic, data scale 1:250,000

- Recuperación
Recovery
- Permanencia
Permanence
- Deforestación
Deforestation
- Zona de influencia
Influence zone
- Límites estatales
State limits

Figura 4. Distribución de los procesos de deforestación y recuperación del bosque de encino en la RBTC y su zona de influencia en ambos periodos de estudio (1979-2001; izquierda) y posterior (2001-2011; derecha)

Cuadro 4. Tasas anuales (%) de CCUS en la RTC, la RBTC y la zona de Influencia. (1) Periodo anterior al decreto de la reserva (1979-2001); (2) periodo posterior al decreto (2001-2011).

Subzona RBTC	Bosque de encino	Agricultura de riego		Agricultura de temporal		Pastizal inducido		Asentamientos humanos		
Periodo	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

RTC	-0.94	0.15	0.27	0.08	0.13	0.14	2.0	-0.86	12.9	1.27
RBTC	-0.97	0.22	0.3	0.03	0.13	0.28	2.16	-0.87	13	1.4
Zona de influencia	-0.86	0	0.2	0.14	0.12	0.04	1.7	-0.8	12.9	1.2

2.3.2. Matrices de transición

En el primer periodo previo al decreto como RBTC (1979-2001), el proceso de cambio más importante fue la deforestación del bosque de encino, que cedió 17 786 ha al pastizal inducido y 15 021 ha a la agricultura de temporal. Asimismo, el periodo se caracterizó por una sensible recuperación de la cobertura del bosque de encino, que ganó 8 572 ha a la agricultura de temporal y tan solo 1 852 ha al pastizal inducido (Figura 5).

En el segundo periodo posterior al decreto como RBTC (2001-2011), la deforestación del bosque de encino fue notablemente menor, al ceder 3 830 ha a la agricultura de temporal y tan solo 516 ha al pastizal inducido. Además, el periodo se caracterizó por una significativa recuperación del bosque de encino, destacando 2 596 ha que le fueron ganadas al pastizal inducido (Figura 5).

En cambio, en la Zona de influencia en el primer periodo previo al decreto (1979-2001), se observó que la transición más intensa del bosque de encino fue hacia la agricultura de temporal ya que 11 454 ha de bosque de encino fueron transformadas a este uso del suelo, seguida de 5 491 ha que se transformaron a pastizal inducido. En el segundo periodo posterior al decreto (2001-2011), el bosque de encino presentó una notable reducción de la transición hacia los pastizales inducidos (2,807 ha) y agricultura de temporal (205 ha); esta reducción se debe a la recuperación del bosque de encino debido a que 1 072 ha de pastizal inducido y 2 665 ha de agricultura de temporal cedieron hacia la cobertura bosque de encino (Figura 6).

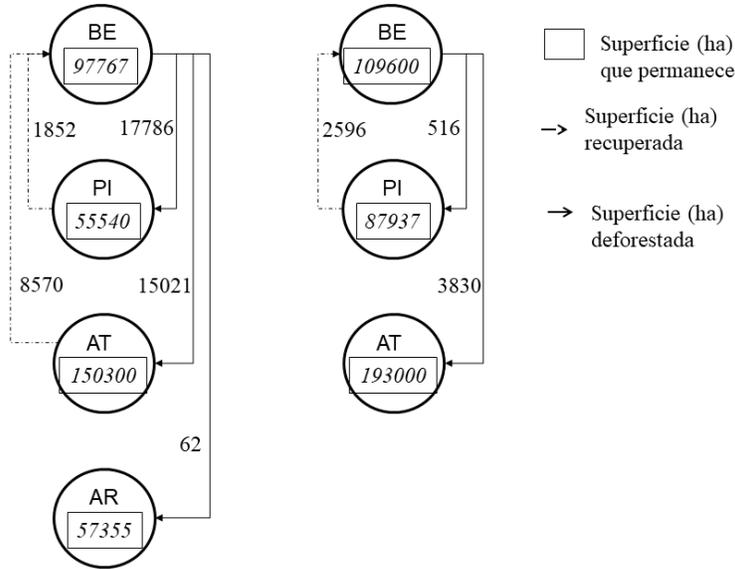


Figura 5. Matriz de transición de la RBTC en los periodos previo (1979-2001; izquierda) y posterior (2001-2011; derecha) al decreto de la RBTC. Nomenclatura: Bosque de Encino (BE), Pastizal Inducido (PI), Agricultura de Temporal (AT), Agricultura de Riesgo (AR).

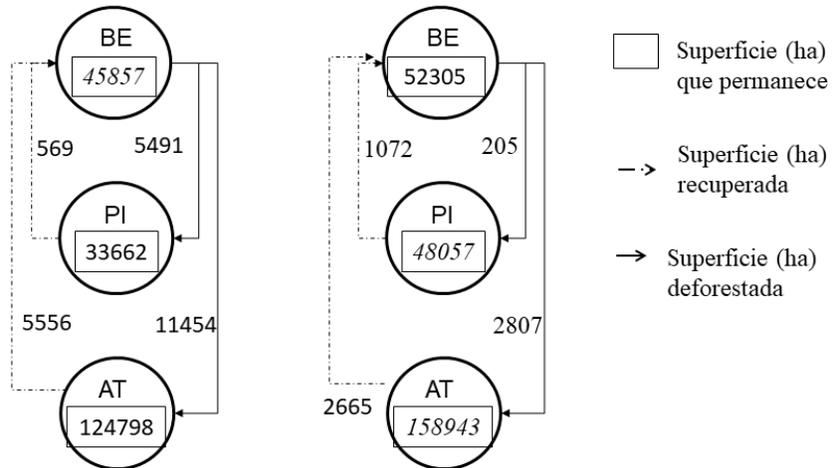


Figura 6. Matriz de transición de la Zona de influencia en los periodos previo (1979-2001; izquierda) y posterior (2001-2011; derecha) al decreto de la RBTC. Nomenclatura: Bosque de Encino (BE), Pastizal Inducido (PI), Agricultura de Temporal (AT), Agricultura de Riesgo (AR).

2.3.3. Factores regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: primera etapa

Los modelos de regresión logística demostraron que la deforestación del bosque de encino en la RTC (RBTC y zona de influencia) en el periodo previo al decreto (1979-2001) estuvo asociada a las áreas de baja altitud (Cuadro 5), baja pendiente ($\leq 10^\circ$) (Figura 7) y distancias cercanas a localidades (0-0.1 km²) (Figura 8). Asimismo, la deforestación en el primer periodo estuvo asociada a altos porcentajes de población masculina (Figura 9) y bajos niveles de marginación (Cuadro 5).

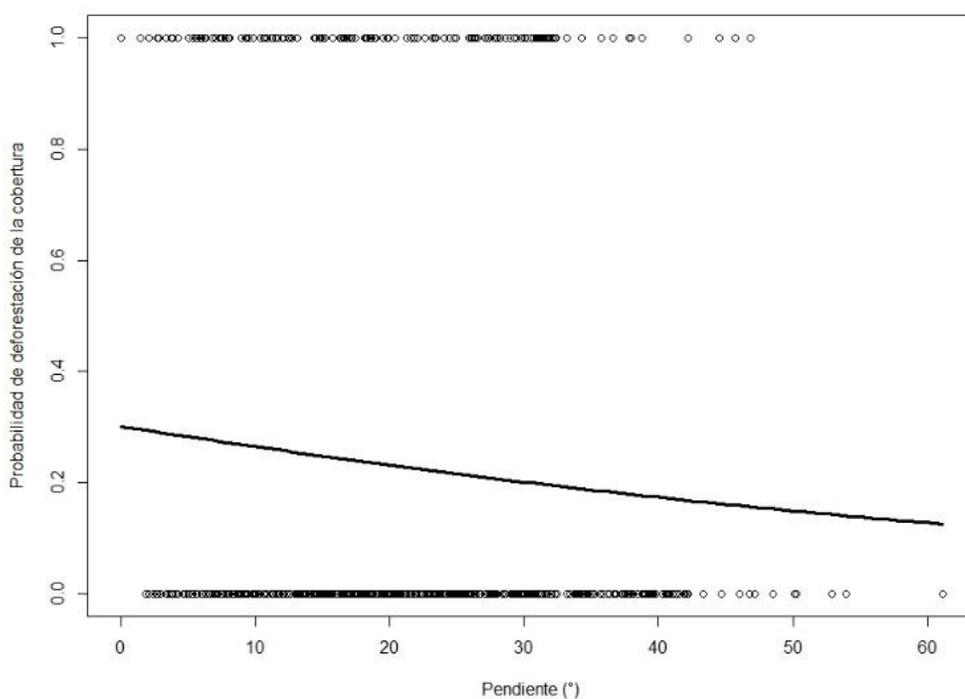


Figura 7. La pendiente y la probabilidad de deforestación en el primer periodo previo al decreto (1976-2001) como Región Tehuacán-Cuicatlán

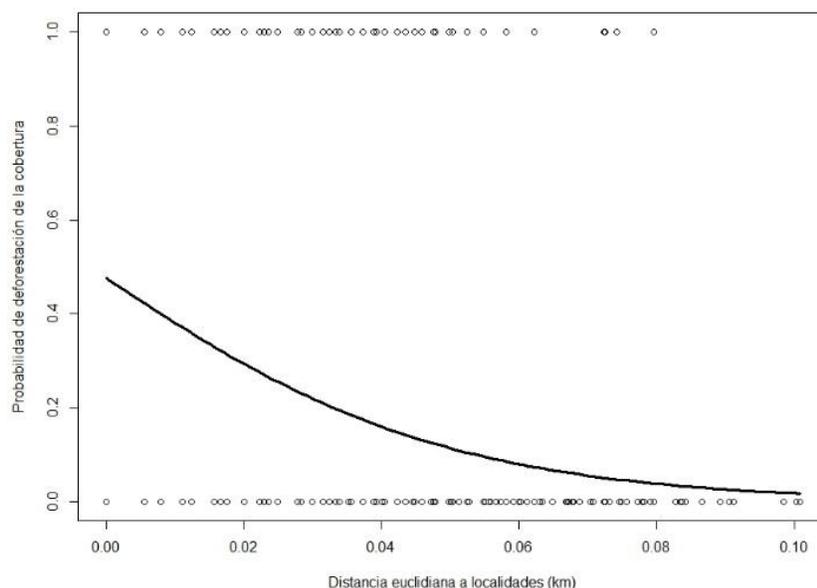


Figura 8. La distancia a localidades y la probabilidad de deforestación en el primer periodo previo al decreto (1976-2001) como Región Tehuacán-Cuicatlán.

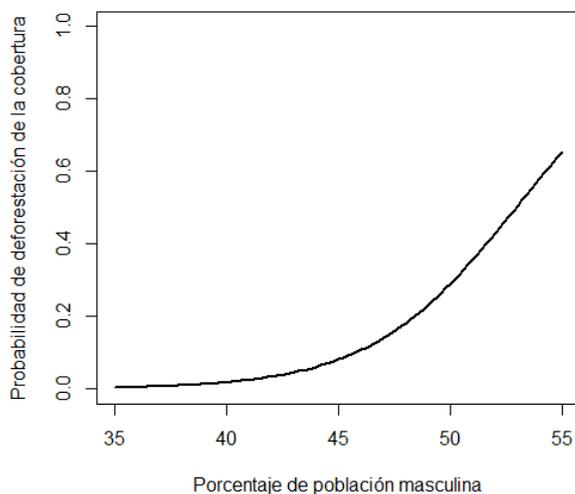


Figura 9. El porcentaje de población masculina y la probabilidad de deforestación del bosque de encino previo al decreto (1976-2001) como Región Tehuacán-Cuicatlán.

Por otro lado, la recuperación de la cobertura del bosque de encino en el segundo periodo posterior al decreto (2001-2011) estuvo asociada a bajos porcentajes de población masculina (Figura 10), elevadas altitudes (Figura 11) y bajas densidades de población

(Cuadro 5). Así mismo, la disminución de población masculina incidió en altas probabilidades de recuperación en la RTC. Las variables que fueron estadísticamente relevantes se muestran en el Cuadro 5.

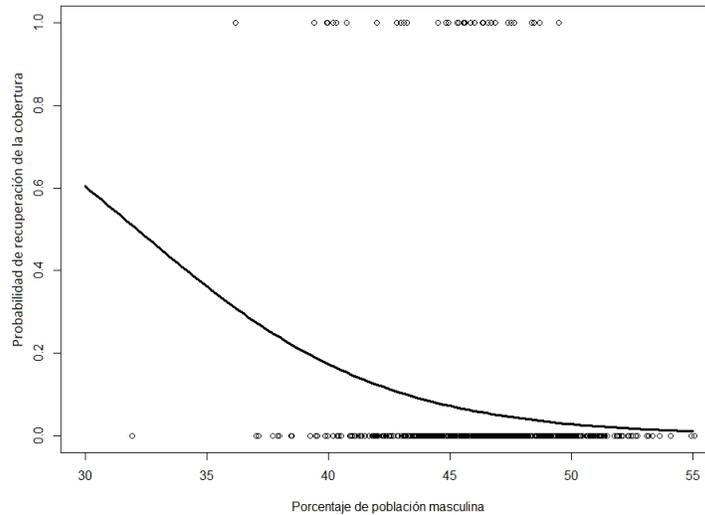


Figura 10. El porcentaje de población masculina y la probabilidad de recuperación del bosque de encino en el segundo periodo posterior al decreto (2001-2011) como Región Tehuacán-Cuicatlán.

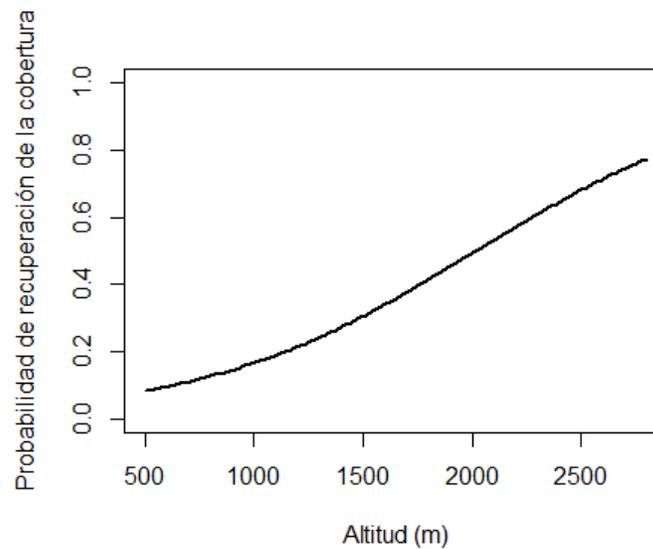


Figura 11. La altitud y la probabilidad de recuperación del bosque de encino en el segundo periodo posterior al decreto (2001-2011) como Región Tehuacán-Cuicatlán.

Cuadro 5. Variables biofísicas y socioeconómicas explicativas de la deforestación y la recuperación en el bosque de encino de la RTC (RBTC y zona de influencia). Estimador \pm Desviación estándar.

Primer periodo	VARIABLES	Estimador	Valor z	P
Deforestación				
RBTC	Intercepto	7.183 \pm 2.091	3.436	< 0.001
	AIC	692.29		
	Pendiente	-0.024 \pm 0.009	-2.535	0.011
	Altitud	-0.0009 \pm 0.0003	-2.352	0.018
	Distancia euclidiana a localidades	-47.55 \pm 6.891	-6.900	< 0.001
	Densidad de población	7.628 \pm 5.446	1.401	0.161
	Porcentaje de población masculina	-0.099 \pm 0.037	-2.640	0.008
	Población mayor a 5 años que habla lengua indígena	0.0035 \pm 0.0036	0.980	0.327
	Índice de marginación	-0.583 \pm 0.269	-2.162	0.030
	Influencia	Intercepto	3.785 \pm 1.419	2.667
AIC		690.45		
Pendiente		-0.027 \pm 0.009	-2.891	0.003
Altitud		-0.0004 \pm 0.0002	-1.522	0.128
Distancia euclidiana a localidades		-0.698 \pm 0.109	-6.385	< 0.001
Densidad de población		1.904 \pm 6.207	0.307	0.759
Porcentaje de población masculina		-0.041 \pm 0.023	-1.767	0.077
Población mayor a 5 años que habla lengua indígena		-0.00003 \pm 0.002	-0.013	0.989

Segundo periodo	Índice de marginación	-0.769 ± 0.220	-3.483	< 0.001
Recuperación				
RBTC	Intercepto	-5.714 ± 3.475	-1.644	0.10010
	AIC	244.76		
	Pendiente	0.039 ± 0.017	2.234	0.02550
	Altitud	0.004 ± 0.001	4.353	< 0.001
	Distancia euclidiana a localidades	-31.783 ± 16.677	-1.906	0.05668
	Densidad de población	1.367 ± 0.978	1.397	0.16251
	Porcentaje de población masculina	-0.157 ± 0.055	-2.857	0.00427
	Población mayor a 5 años que habla lengua indígena	-0.001 ± 0.006	-0.265	0.79108
	Índice de marginación	-0.633 ± 0.437	-1.447	0.14778

2.3.2.4. Tendencias regionales que promueven la deforestación y la recuperación del bosque de encino: segunda etapa

Conductor demográfico y migración

La población rural mostró diferencias en el comportamiento ente la RBTC y Zona de influencia. Al interior de la RBTC. Hubo un incremento de la población en el periodo 1970-1990, con tendencia a disminuir en el periodo 1990-2010. En cambio, en la Zona de influencia mostró una tendencia hacia la disminución de la población en todo el periodo 1970-2010 (Figura 12).

Además se confirma con el elevado índice de migración (expulsión) que afectó a la RTC en los años 2000 (expulsión de -6.15) y 2010 (expulsión de -12.92) (Figura 13) (SEGOB, 2010).

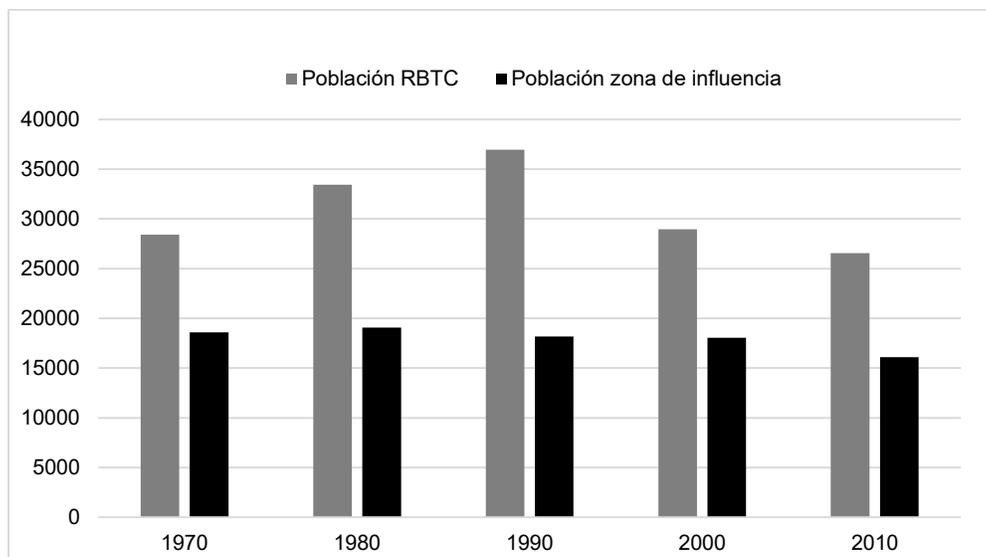


Figura 12. Tendencia de la población total rural en la RBTC y zona de influencia en el periodo 1970-2010.

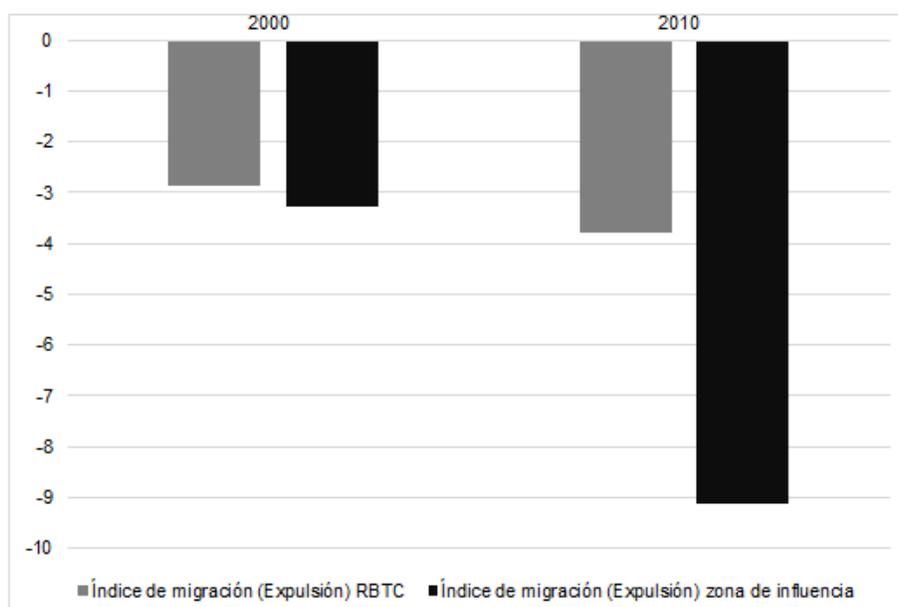


Figura 13. Índice de migración (expulsión) en la RBTC y zona de influencia en los años 2000 y 2010.

Conductor económico

Respecto a los factores económicos, en la RTC el sector primario (agricultura, ganadería y extracción forestal) mantuvo una tendencia negativa en el periodo 1980-2000, ya que de 13 718 (en 1980) disminuyeron a 10 263 las personas que se dedicaban al sector en el año 2000

(Figura 14), lo cual se debió a la reducción del número total de cabezas de ganado, que pasó de 71 820 cabezas en 1990 a 41 513 cabezas en 2007 (Figura 15; INEGI, 1991, 2007) y a la disminución en el número de personas que usaban leña con fines domésticos, el cual pasó de 51 996 personas en 1980 a 13 608 en 2007 (INEGI, 1980, 2000) (Figura 16).

Por otro lado, el sector secundario en el periodo 1980-2000 (actividades de construcción e industria manufacturera) presentó una tendencia negativa debido a que de 15 044 personas que se empleaban en el sector en el año 1980, pasaron a 2 443 personas en el año 2000 (INEGI, 1980, 2000). Contrariamente, a la actividad terciaria (comercio, transportes, servicios profesionales y de salud) que mostró un incremento dado que de 670 personas que se ocupaban en este sector en el año 1980, pasaron a 3 886 en el año 2000 (INEGI, 1980, 2000) (Figura 14).

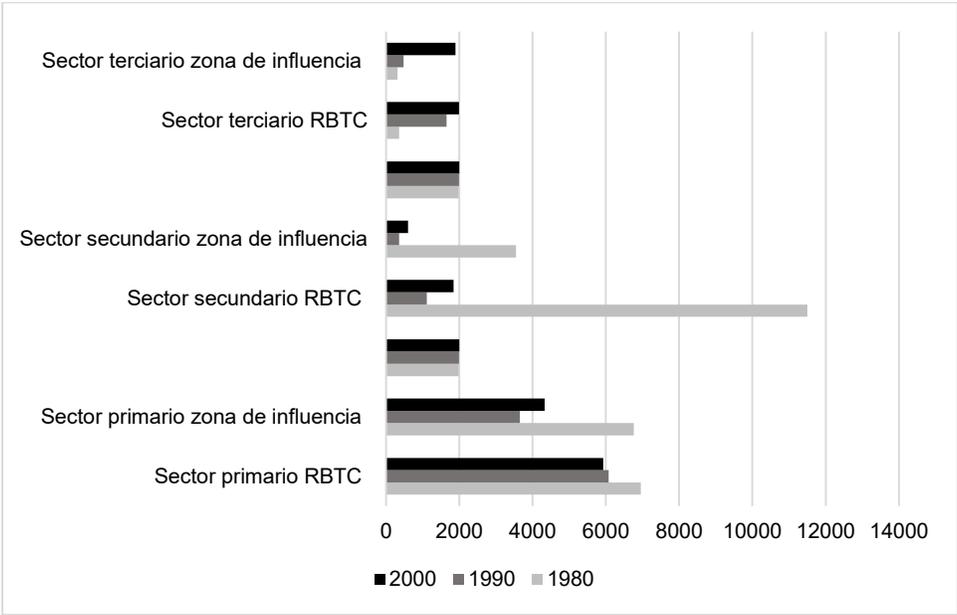


Figura 14. Sectores económicos en la RBTC y zona de influencia en el periodo 1980-2000.

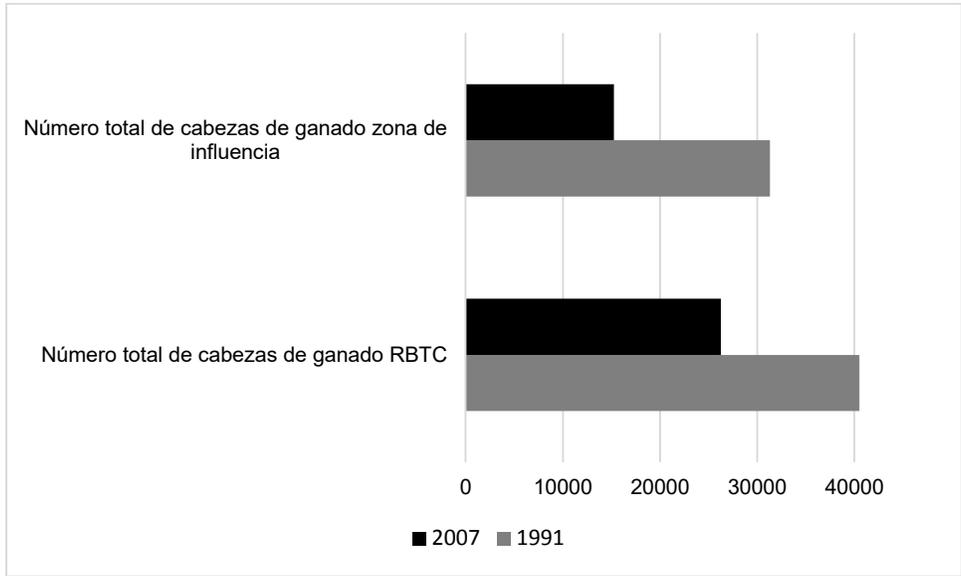


Figura 15. Número total de cabezas de ganado en la RBTC y zona de influencia en los años 1991 y 2007.

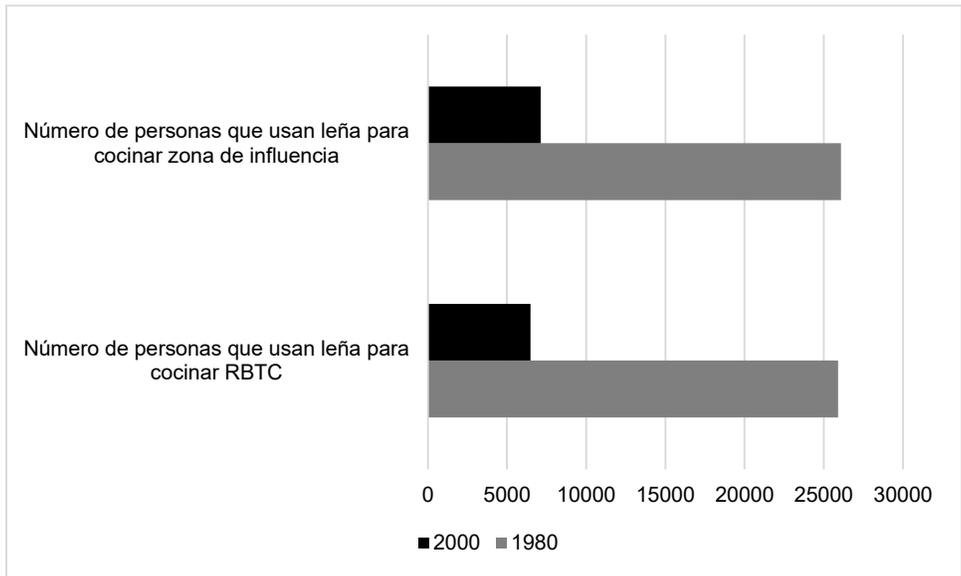


Figura 16. Número de personas que usan leña para cocinar en la RBTC y zona de influencia en los años 1980 y 2000.

2.3.4. Modelo de regresión aplicado a las tendencias municipales y su asociación con la deforestación y recuperación del bosque de encino

El modelo de regresión simple aplicado a las tasas de cambio de los municipios de la RBTC en ambos periodos muestra que no existen conductores claros del cambio de cobertura (deforestación y recuperación) para el área de influencia de la RBTC. Sin embargo, sí se muestra una relación estadística negativa ($R^2 = 0.19$; $P = 0.039$) entre la variable población total y la tasa de cambio del bosque de encino en los municipios la RBTC. Es decir, la relación sugiere que mientras la población total es menor las tasas de cambio son positivas, lo que representa una recuperación (Figura 17).

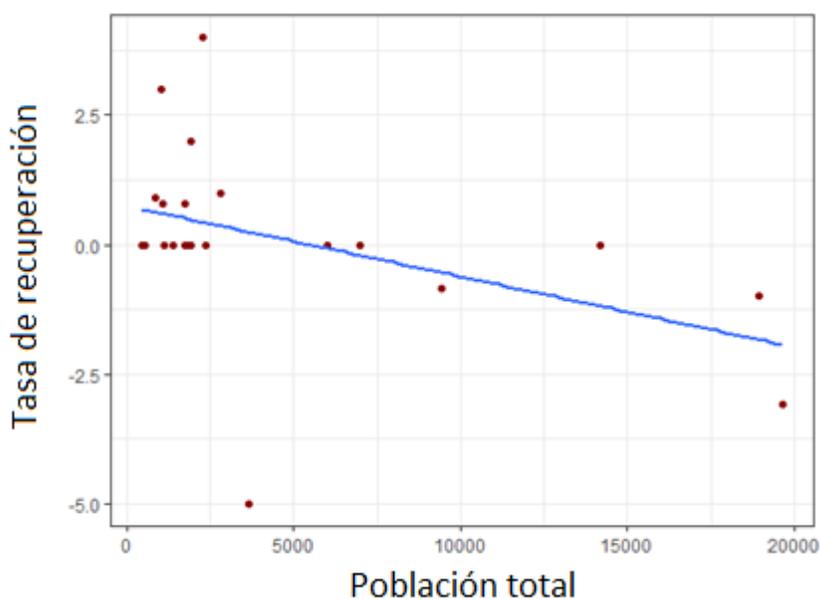


Figura 17. Relación entre población total y la tasa de recuperación en la RTC

2.3. Discusión

2.3.1. Dinámica regional del cambio de cobertura en la Región Tehuacán-Cuicatlán

Los biomas boscosos dentro o fuera de esquemas de conservación se encuentran sujetos a procesos de deterioro que van desde la extracción de los recursos naturales hasta la transformación completa de los ecosistemas, esto se agrava si se considera que el proceso de CCUS compromete la estructura y función de los ecosistemas. De ahí la importancia de evaluar los factores regionales que promueven procesos de deforestación y recuperación de la vegetación en ANP, ya que el éxito de los objetivos de conservación depende del mantenimiento de la cobertura de la vegetación nativa (Carey *et al.*, 2001; Figueroa *et al.*, 2009; Figueroa y Illoldi-Rangel, 2011).

La dinámica regional de la cobertura del bosque de encino en la RTC mostró que en el primer periodo previo al decreto (1979-2001), se presentaron mayores tasas de deforestación en la RTC (-0.94%) con respecto al segundo periodo (2001-2011), donde el proceso de deforestación se detuvo en la zona de influencia y al interior de la RBTC se obtuvo una recuperación de 0.22%. La disminución de la superficie boscosa en el primer periodo (1979-2001) se documenta en un estudio previo que reporta una mayor pérdida a la reportada en datos oficiales (CONANP y SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2003), donde señalan una tasa de -0.37% para el periodo 1986-1996 y de 0.007% para el periodo 1992-2001, considerando todos los tipos de vegetación en la RBTC; asimismo, las tasas son mayores a las reportadas en otro estudio que señala una tasa de deforestación de -0.13% para el periodo 1993-2001 (Figueroa *et al.*, 2011).

Si bien, la recuperación de la vegetación del segundo periodo (2001-2011) se debió a la disminución de la actividad productiva, principalmente de la agricultura de temporal y del pastoreo en pastizales inducidos, lo cual podría interpretarse como un impacto positivo de la Reserva de la Biosfera para contener la deforestación, al tiempo que nos alerta sobre la necesidad de abordar el tema desde su relación con procesos a nivel local, como son los derechos sobre la tierra y los recursos de las poblaciones para conciliar la conservación y el aprovechamiento de ecosistemas degradados.

2.3.2. Factores regionales del CCUS que afectan la deforestación y la recuperación del bosque de encino en la RTC

La evaluación de las ANP y su relación con los factores asociados constituye un problema de investigación complejo que depende de múltiples factores ambientales y socioeconómicos (Carey, Dudley, & Stolton, 2000; Mas, 2005).

Los modelos de regresión logística demostraron que factores como la pendiente, altitud y distancias cercanas a localidades se asocian a procesos de deforestación, lo cual indica que estas áreas son fácil acceso y vulnerables al aprovechamiento de sus recursos (Jean François Mas, 2005; Pressey et al., 2002). Al mismo tiempo, los altos porcentajes de población masculina se asociaron a la deforestación, lo que refleja que es la población encargada de las labores agropecuarias (Pérez-Vega, Regil-García, Boni-Nóñez, et al., 2016). Contrariamente, la recuperación de la cobertura bosque de encino en la RTC estuvo asociada a bajos porcentajes de población masculina, sugiriendo procesos de abandono de la actividad agrícola, con consecuencias favorables en términos de la recuperación de los bosques. Aunado a que la recuperación ocurrió en zonas de elevadas pendientes que imponen restricciones de accesibilidad y manejo de recursos (Crk et al., 2009).

Las tendencias socioeconómicas municipales respaldaron los análisis estadísticos y mostraron que factores demográficos como el incremento de la población en el periodo 1970-1990 con tendencia a la disminución en el periodo 1990-2010. Lo que a su vez se confirma el elevado índice de migración (expulsión) que ocurrieron en el periodo 2000 y 2010, sugiriendo un proceso de intensa emigración que se ha interpretado como una de las estrategias de supervivencia de los hogares que mayor impacto ha tenido sobre el abandono de tierras y la recuperación de la vegetación (Aide, Zimmerman, Pascarella, Rivera, & Marcano-Vega, 2000; Galicia et al., 2008; Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015). Aunado a lo anterior, existe en la RTC un insistente proceso de urbanización dado por la emigración de las personas de poblaciones rurales hacia la ciudad de Tehuacán, lo que supone una disminución de actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales y, por ende, una recuperación de la cobertura.

Por otro lado, la intensificación de la actividad agropecuaria en el primer periodo (1979-2001) se explica por la predominancia del sector primario (agricultura, ganadería y extracción forestal) y el número de personas que usaban leña con fines domésticos. No

obstante, en el segundo periodo (2001-2011), las actividades pecuarias y de extracción de leña disminuyeron debido al incremento de la actividad terciaria (comercio, transportes, servicios profesionales y de salud). Estas tendencias respaldan la evolución de los procesos de CCUS en la RTC, como se observó en el periodo posterior al decreto, cuando la recuperación de la cobertura del bosque de encino se asoció al abandono agrícola y a una menor participación de la población en sectores ocupacionales distintos al primario.

No obstante que las tendencias socioeconómicas sostienen una lógica relación con la dinámica del CCUS, el modelo de regresión simple aplicado entre las tasas de cambio de los municipios de la RTC y las variables socioeconómicas a nivel municipal, en ambos periodos, muestra que no existen factores únicos que expliquen los procesos del CCUS. Sin embargo, el análisis destacó una relación significativa entre la población total y la tasa de cambio del bosque de encino en los municipios de la RTC, es decir, mientras la población total es menor, las tasas de cambio son positivas, lo que representa una recuperación de la cobertura del bosque.

Los resultados previos demuestran que las tendencias socioeconómicas dentro de la RTC han tenido un impacto positivo sobre el ecosistema del bosque de encino. Aunque no es posible aún determinar una responsabilidad del decreto como factor de la conservación de los recursos naturales en la RTC, nuestros resultados sugieren una injerencia positiva e indirecta, al provocar impactos negativos en términos socioeconómicos, principalmente sobre la emigración y la disminución de las actividades primarias. Resultados más contundentes podrían esperarse tras la consideración de algunos factores locales, como es el caso de los derechos sobre la tierra y de los recursos de las poblaciones locales para conciliar la conservación y el aprovechamiento de ecosistemas degradados.

2.4. Conclusiones

En el primer periodo previo al decreto de la RBTC (1979-2001) el bosque de encino se deforestó, siendo factores como las áreas de baja pendiente, la cercanía a localidades y una mayor población masculina, como principales conductores del cambio. En contraste, en el segundo periodo posterior al decreto (2001-2011) resaltó la recuperación del bosque de encino promovida por factores como las áreas de elevada pendiente, la altitud y una disminución de la población masculina. El decreto de la RBTC, ocurrido en 1998, no debería considerarse la principal causa de la contención de la deforestación del bosque de encino, ni de su posterior recuperación incipiente. Sin embargo, debe aceptarse una injerencia indirecta, particularmente sobre la disminución de la población masculina, grupo social que tradicionalmente ha sido promotor de las actividades agropecuarias, del cambio de uso del suelo y de la deforestación.

Las tendencias socioeconómicas mostraron que en el segundo periodo (2001-2011) se detectó una disminución de la población masculina y la actividad primaria, lo que repercutió en un abandono de tierras y una recuperación de la cobertura.

2.5. Literatura citada

- Aide, T.M., Zimmerman, J.K., Pascarella, J.B., Rivera, L., Marcano-Vega, H., 2000. Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. *Restor. Ecol.* 8, 328–338. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- Arizaga, S., Cruz, J.M., Cabrales, M.S., González, M.Á.B., 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos, Instituto Nacional de Ecología.
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez Carbonell, D., 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, in: CONABIO (Ed.), Conservación de La Biodiversidad En México. pp. 385–431.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., Huyvaert, K.P., 2011. Erratum to: AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 23–35. <https://doi.org/10.1007/s00265-010-1029-6>
- Carey, B.C., Dudley, N., Stolton, S., 2000. Squandering Paradise? The importance and vulnerability of the world 's protected areas, *World Wide*. ed.
- Carey, E., Sala, A., Keane, R., Callaway, R., 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks ? *Glob. Chang. Biol.* 7, 339–344.
- Chape, S., Blyth, S., Fish, L., Fox, P., Spalding, M., 2003. 2003 United Nations list of

- protected areas. IUCN, Gland and Cambridge.
- Chape, S., Harrison, J., Spalding, M., Lysenko, I., 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360, 443–455. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1592>
- Chazdon, R.L., 2014. *Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation*. University of Chicago Press, Yokohama, Japan.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2018. *Áreas Naturales Protegidas [WWW Document]*. CONANP. URL http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- CONANP, SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2003. *Estimación de la tasa de transformación del habitat en la Reserva de la Biosfera “Tehuacán-Cuicatlán” periodo 1986-2003. Informe final.*, Comisión N. ed, CONANP.
- Consejo Nacional de Población, 2010. *Grado de marginación por localidad 2010 [WWW Document]*. CONAPO. URL https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad/resource/b7abcc1f-416d-4017-a35f-cf683b4cea1f?inner_span=True
- Consejo Nacional de Población, 2000. *Grado de marginación por localidad 2000 [WWW Document]*. CONAPO. URL <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad/resource/f8004298-e527-45db-8f0e-7d5ed2df6401>
- Crk, T., Uriarte, M., Corsi, F., Flynn, D., 2009. Forest recovery in a tropical landscape: what is the relative importance of biophysical, socioeconomic, and landscape variables? *Landsc. Ecol.* 24, 629–642. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9338-8>
- Ervin, J., 2003. Protected area assessments in perspective. *Bioscience* 53, 819–822. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0819:PAAIP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0819:PAAIP]2.0.CO;2)
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1995. *Forest resources assessment 1990 Tropical forest plantation resources*. FAO, Rome, Italy.
- Farfán, M., François Mas, J., Osorio, L., 2012. Interpolating Socioeconomic Data for the Analysis of Deforestation: A Comparison of Methods. *J. Geogr. Inf. Syst.* 04, 358–365. <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.44041>
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., 2011. Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? *Rev. Mex. Biodivers.* 82, 951–963.
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J. a., Trejo, I., 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environ. Conserv.* 36, 180. <https://doi.org/10.1017/S0376892909990221>
- Galicia, L., Zarco-Arista, A.E., Mendoza-Robles, K.I., Palacio-Prieto, J.L., García-Romero, A., 2008. Land use/cover, landforms and fragmentation patterns in a tropical dry forest

- in the southern Pacific region of Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 29, 137–154. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2008.00326.x>
- Geist, H.J., Lambin, E., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *Bioscience* 52, 143–150.
- Guerra-Martínez, F., Garcia-Romero, A.G., Cruz-Mendoza, A., Osorio, O.L.P., 2019. Regional analysis of indirect factors affecting the recovery, degradation and deforestation in the tropical dry forests of Oaxaca, Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 40, 387–409. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12281>
- INEGI, 2015. Mapa de uso del suelo y la vegetación, serie 5, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI, 2011. Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI, 2008. Mapa de uso del suelo y la vegetación, serie 3, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI, 2001. Mapa de uso del suelo y la vegetación, serie 1, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI, 2000. Principales resultados por localidad (ITER). XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI, 1990. Censo de población y Vivienda, 1990 (Informe municipal).
- INEGI, 1980. Censo de población y Vivienda, 1980 (Informe municipal).
- INEGI, 1970. Censo de población y Vivienda, 1970 (Informe municipal).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2007. Censo Agrícola-Ganadero y Forestal 2007 (Nivel municipal).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 1991. Censo Agrícola-Ganadero 1991 (Nivel municipal) INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). INEGI.
- Martínez-Cruz, J., Téllez-Valdés, O., Ibarra-Manríquez, G., 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 80, 145–156.
- Mas, J.F., 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environ. Monit. Assess.* 105, 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
- Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B.L., 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Rev. Ecosistemas* 21, 74–84. <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>

- Osorio, O.L.P., Mas Caussel, J.F., Guerra, F., Maass, M., 2015. Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investig. Geográficas* 60–74. <https://doi.org/10.14350/rig.43853>
- Pérez-Vega, A., Regil-García, H., Boni-Nóñez, A., Farfán-Gutiérrez, M., Rocha-Álvarez, F., Magaña-Cota, G., 2016. Valoración de la subzonificación del plan de manejo en la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda Guanajuato. *Acta Univ.* 26, 45–61. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1538>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 2016. Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Hawaii, USA.
- Pontius, R.G., Shusas, E., McEachern, M., 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agric. Ecosyst. Environ.* 101, 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Pressey, R.L., Whish, G.L., Barrett, T.W., Watts, M.E., 2002. Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales : recent trends in six measures. *Biol. Conserv.* 106, 57–69. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00229-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00229-4)
- Pretty, J., Smith, D., 2004. Social Capital in Biodiversity Conservation and Management. *Conserv. Biol.* 18, 631–638. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00126.x>
- Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*, 1ra Edició. ed, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,.
- SEGOB, 2018. Índice de migración 2000-2010 (Informe municipal).
- SEGOB, 2010. Índice de migración [WWW Document]. 2016. URL <https://datos.gob.mx/busca/dataset/instituto-nacional-de-migracion>
- Valencia, S., 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México *Boletín. Boletín la Soc. Botánica México* 33–53.
- Villaseñor, J.L., 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín la Soc. Botánica México* 75, 105–135.

Capítulo III. Dinámica local del cambio de cobertura del bosque de encino en dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán

3.1. Introducción

El proceso de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) es resultado de complejas interacciones entre el ambiente biofísico y las actividades antropogénicas (Kleemann et al., 2017). Como resultado, los cambios en la cobertura forestal promovidos por la extracción forestal y el aclareo de tierras para la agricultura desencadenan en procesos como la deforestación, la degradación y la recuperación forestal (Bong et al., 2016).

Los estudios del CCUS a nivel local son cruciales debido a que permiten contar con cartografía detallada espacial y temporal de las coberturas/ usos del suelo (Mas et al., 2017; Guerra-Martínez et al., 2019). Esto es imprescindible para analizar los conductores demográficos, sociales, económicos y políticos que impulsan los procesos de CCUS (Bong et al., 2016) y así generar insumos cartográficos a detalle para elaborar planes de conservación forestal a nivel local (Mas et al., 2017). Sin embargo, los estudios a nivel local se limitan debido a que las coberturas forestales manifiestan diferentes grados de perturbación y el paisaje presenta altos grados fragmentación (compuesto por fragmentos de vegetación secundaria). Por otro lado, el abandono de pastizales ha permitido una disminución de las tasas de deforestación y la recuperación de la cobertura en bosques secundarios (Burgos & Maass, 2004; Chazdon, 2014; Mas et al., 2017; Crk et al., 2009).

Una de las coberturas que ha presentado interés es el bosque de encinos (género *Quercus*) ya que se han destacado por su alta diversidad y su elevada importancia ecológica y económica (Martínez-Cruz et al., 2009; Olvera-Vargas and Figueroa-Rangel, 2012; Villaseñor, 2004). No obstante, las investigaciones sobre la dinámica de los procesos de deforestación y degradación forestal en estos bosques son escasas; y esto es relevante debido a que los bosques de encino representan el 5.8% del territorio nacional (Rzedowski, 2006), del cual solo el 3.7% (457,067 ha) del total de bosque se encuentra dentro de planes de conservación bajo un sistema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Bezaury-Creel & Gutiérrez Carbonell, 2009). En las áreas donde coexisten los ambientes naturales y humanos, los bosques de encino han sido explotados localmente para el desarrollo de la expansión agrícola y ganadera y la extracción forestal para el uso de leña para cocinar, la confección de artesanías y en ocasiones el uso medicinal (Luna-José et al., 2003; Merino, 2003; Rzedowski, 2006). Lo anterior, sitúa a los bosques de encino como uno de los ecosistemas

templados más transformados en términos de deforestación y fragmentación (Block and Meave, 2015; Gómez-Pompa, 1985; Rzedowski, 2006).

La deforestación, degradación y recuperación son los procesos estudiados a escala local dentro de la dinámica del cambio de cobertura y uso del suelo en este capítulo. Los objetivos son los siguientes: 1) determinar la dinámica del cambio de cobertura y uso del suelo en el bosque de encino en dos localidades de la RBTC y; 2) evaluar la deforestación, degradación y recuperación de la cobertura de bosque de encino en dos localidades presentes en la RBTC.

3.2. Material y método

3.2.1. Selección de localidades de estudio

Se seleccionaron dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán para analizar la dinámica de cambio de cobertura: La Estancia (agencia municipal del municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca) y Santa María Ixcatlán, Oaxaca (cabecera municipal). En ambas localidades existe una amplia distribución de bosque de encino. El municipio San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca, ocupó en el año 2011 el segundo lugar en extensión de bosque de encino con una superficie de 10, 825 ha, solo superado por el municipio Tepelmeme Villa de Morelos con una extensión de 15, 929 ha. El segundo municipio seleccionado es Santa María Ixcatlán y ocupó en el año 2011 el cuarto lugar en extensión con una superficie de 9, 166 ha. Tanto en La Estancia como en Ixcatlán presentan diferencias en la subzonificación; mientras que en La Estancia presenta las zonas de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, Preservación, Uso tradicional, además presenta una Zona de influencia que rodea al polígono de la RBTC (Cuadro 6; Figura 18); además la localidad se caracteriza por tener suelos degradados producto de la erosión y del abandono de tierras. La localidad Santa María Ixcatlán se encuentra inmersa al interior de la RBTC y presentan las zonas de Preservación, Uso tradicional y Aprovechamiento sustentable de ecosistemas (Cuadro 6; Figura 18); así mismo posee condiciones culturales enraizadas en las que se comparten rasgos rituales, símbolos y costumbres; sin embargo, los elevados niveles de marginación en el municipio la llevaron a ocupar en el año 2000 el 4° lugar en emigración a nivel nacional (índice de expulsión -64%). En aspectos de accesibilidad, ambas localidades (La Estancia y Santa María Ixcatlán), cuentan con un camino de terracería para acceder a su centro de población y no existe transporte público, siendo los automóviles

particulares y los taxis los medios de traslado. La infraestructura educativa es mínima ya que solo cuentan con educación preescolar y primaria, mientras que en condiciones de salud los habitantes en La Estancia requieren trasladarse a la cabecera municipal (Coixtlahuaca) para disponer de los mismos; mientras que en Ixcatlán existe solo un centro de salud (con un solo médico y una enfermera). Aunque permanecen grandes extensiones conservadas de bosque de encino, los pobladores de ambas localidades continúan usando leña como combustible para cocinar. Finalmente, otro de los criterios para seleccionar las localidades fue establecido a partir de la buena relación de las comunidades con la RBTC, lo que facilitó la realización de verificación de campo de las coberturas y usos del suelo y la aplicación de entrevistas. Lo anterior, sitúa a las dos localidades con diferencias en la zonificación y las actividades económicas que se desarrollan en la RBTC, lo que repercute en diferencias en las tasas de deforestación y recuperación.

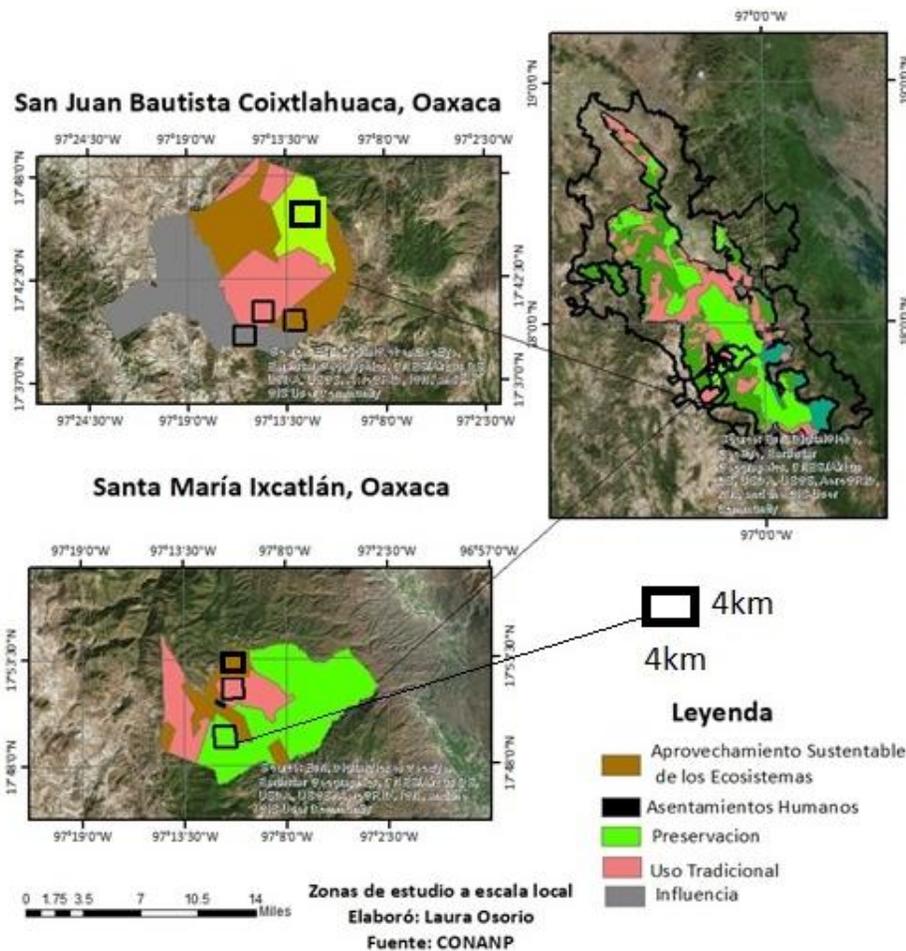


Figura 18. Ubicación de las localidades y ventanas de estudio en dos localidades de la RBTC.

Cuadro 6. Subzonas de la RBTC ubicadas en las localidades de estudio. (*) Representan las subzonas que fueron elegidas para realizar la dinámica del cambio de cobertura. (NA) La localidad Santa María Ixcatlán no cuenta con la Zona de influencia.

Localidades	Influencia	Preservación	Aprovechamiento sustentable de ecosistemas	Uso tradicional
La Estancia, Coixtlahuaca	*	*	*	*
Santa María Ixcatlán	NA	*	*	*

3.2.2. Selección y clasificación de ventanas de estudio

En las localidades en estudio se establecieron ventanas de trabajo de 4 x 4 km (16 km²), una ventana por cada subzona de la RBTC presente en cada localidad. Por lo tanto, en La Estancia se establecieron cuatro ventanas de trabajo, mientras que en Ixcatlán fueron tres. En cada ventana se clasificaron las coberturas y usos del suelo mediante interpretación visual de imágenes de alta resolución espacial (0.5 m) tipo GeoEye obtenidas de la plataforma Google Earth, correspondiente al año 2017, ortofotos con resolución espacial de 80 m del año 1995 y fotografías aéreas del año 1979, ambas proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). A partir de estos insumos, se generaron mapas donde se clasificaron el bosque de encino cerrado y el bosque de encino abierto. Los periodos de análisis local fueron los siguientes: 1979-1995 (previo al decreto) y 1995-2017 (posterior al decreto). La escala de salida fue de 1:3,000, es decir un área mínima cartografiable de 200 m².

La clasificación visual a partir de los insumos de percepción remota permite identificar las coberturas y usos del suelo a partir de los siguientes elementos: tono (se refiere a la expresión de los objetos y está directamente relacionada con la cantidad total de energía reflejada por la superficie), forma (características de los objetos visibles en las imágenes y a menudo ayuda a determinar el tipo de objetos), tamaño de los objetos (relacionado con el tamaño de las copas lo que permite distinguir entre vegetación arbórea y arbustiva), patrón

(asociado al arreglo espacial de los objetos) y textura (se refiere a la frecuencia del cambio del tono) (Tempfli et al., 2009).

3.2.3. Definición de categorías

La clasificación de coberturas distinguió entre el bosque de encino cerrado y abierto. El bosque cerrado fue considerado como vegetación primaria dado que no presenta una alteración significativa o la degradación no está manifiesta, por lo que presenta una cobertura entre el 75 y 100% de cobertura primaria; por su parte, el bosque de encino abierto fue considerado como un bosque degradado y se define como un bosque secundario que ha perdido la estructura, la función y la composición de especies (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002). La vegetación secundaria corresponde a una vegetación que ha sido alterada mostrando una estructura y composición florística heterogénea y diferente a la vegetación original y se consideró bosque secundario con un porcentaje entre el 20 y 75% de cobertura secundaria (INEGI, 2011).

Se identificaron las siguientes categorías de coberturas y usos del suelo: 1) bosque de encino cerrado, 2) bosque de encino abierto, 3) vegetación arbustiva de bosque de encino, 4) enebro cerrado, 5) enebro abierto, 6) agrícola, 7) asentamiento humano, 8) cuerpo de agua, 9) pastizal inducido, 10) plantación de ocote, 11) sin vegetación, 12) roca desnuda y 13) otros tipos de vegetación (bosque tropical seco y vegetación riparia).

3.2.4. Tasas de cambio y matrices de transición

Para evaluar la dinámica local del cambio de cobertura para para cada subzona de la RBTC de las dos localidades de estudio: 1) en La Estancia, Coixtlahuaca, correspondiente a las subzonas de Preservación, Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, Uso tradicional y Zona de influencia y 2) en el municipio de Santa María Ixcatlán con las subzonas de Preservación, Uso tradicional y Aprovechamiento sustentable de ecosistemas de la RBTC. Se obtuvieron las tasas de cambio y las matrices de transición para los periodos de análisis: 1979-1995, 1995-2017 y 1979-2017; esto a partir de la sobreposición cartográfica de las clasificaciones de coberturas y uso del suelo generadas para cada ventana. Se realizó la dinámica de los procesos de deforestación, degradación y recuperación de la cobertura del bosque de encino. Las matrices de transición muestran las áreas de bosque que fueron

deforestadas, degradadas y recuperadas en cada periodo (Pontius et al., 2004). Las tasas anuales de cambio fueron obtenidas a partir de la siguiente fórmula (FAO, 1995):

$$\delta = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde δ es la tasa anual de cambio, S_1 es la superficie en la fecha 1, S_2 es la superficie en la fecha 2 y n es la diferencia de años entre ambas fechas.

3.3. Resultados

3.3.1. La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca

La Estancia posee las subzonas de Preservación, Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, Uso tradicional y Zona de influencia. La degradación forestal fue un proceso importante en la RBTC y se define como un bosque secundario que ha perdido la estructura, la función y la composición de especies (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002). En la RBTC, la degradación de la cobertura del bosque de encino cerrado fue el proceso que ocupó mayor extensión en los dos periodos de estudio (1979-1995; 1995-2017). En el primer periodo (1979-1995), previo al decreto como RBTC, la degradación fue el proceso que registró mayor expansión con 25.29 ha, continuando con la deforestación con 11 ha y la recuperación con 10.94 ha; la subzona que presentó mayor degradación de bosque de encino cerrado en el primer periodo (1979-1995) fue la Zona de influencia con 12.49 ha, seguida de la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas con 8.95 ha y la subzona de Uso tradicional con 3.34 ha; mientras tanto en la Zona de influencia, el proceso de deforestación continuó siendo la causa de la pérdida de cobertura ya que 4.45 ha fueron desmontadas; además la zona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas mostró una pérdida de 3.76 ha bosque de encino abierto y la zona de Uso tradicional reveló una disminución de 3.34 ha de bosque de encino cerrado.

El segundo periodo (1995-2017), posterior al decreto como RBTC, se caracterizó por presentar mayor degradación de la cobertura con 72.85 ha, seguida de la recuperación con 63.96 ha y, por último, el proceso de deforestación con 43.67 ha en todas las subzonas de estudio. La subzona de Uso tradicional fue la que registró, en el segundo periodo (1995-2017), la mayor degradación de bosque de encino cerrado con 30.43 ha, seguida de la Zona de influencia con 22.37 ha, continuando con la subzona de Aprovechamiento sustentable de

ecosistemas con 17.92 ha y la subzona de Preservación que obtuvo la menor degradación con 2.13 ha (Cuadro 7; Figura 19). Por su parte, la subzona de Uso tradicional fue la que registró mayor recuperación de bosque cerrado con 20.54 ha, seguida de la Zona de influencia con 9.66 ha, sucesivamente la zona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas con 9.08 ha y la zona de Preservación con 7.96 ha. En el proceso de deforestación, la Zona de influencia fue la que experimentó mayor pérdida de cobertura con 11.48 ha, continuando con la zona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas con 9.72 ha y, por último, la subzona de Preservación cediendo 8 ha (Cuadro 7; Figura 19).

Cuadro 7. Superficie de áreas transformadas (ha) por proceso de cambio de cobertura y uso del suelo en las subzonas de la RBTC dentro de la localidad La Estancia, municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca. Nomenclatura de subzonas: (ASE) Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, (PRE) Preservación, (UT) Uso tradicional e (INF) Influencia. Los datos en negritas representan los valores más altos por proceso para el primer y segundo periodo.

La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca							
	Cambio en hectáreas	Recuperación		Degradación		Deforestación	
Subzona	Cobertura / Tiempo	(1979-1995)	(1995-2017)	(1979-1995)	(1995-2017)	(1979-1995)	(1995-2017)
ASE	Bosque de encino cerrado	1.53	9.08	8.95	17.92	1.72	9.72
	Bosque de encino abierto	0	8.73			3.76	5.1
PRE	Bosque de encino cerrado	5.99	7.96	0.51	2.13	0	8
	Bosque de encino abierto	0	0.09			0.02	0.11
UT	Bosque de encino cerrado	1.73	20.54	3.34	30.43	1.05	4.68

	Bosque de encino abierto	0.66	1.87			0	2.44
INF	Bosque de encino cerrado	0.14	9.66	12.49	22.37	2.21	11.48
	Bosque de encino abierto	0.89	6.03			2.24	2.14
	Totales	10.94	63.96	25.29	72.85	11	43.67

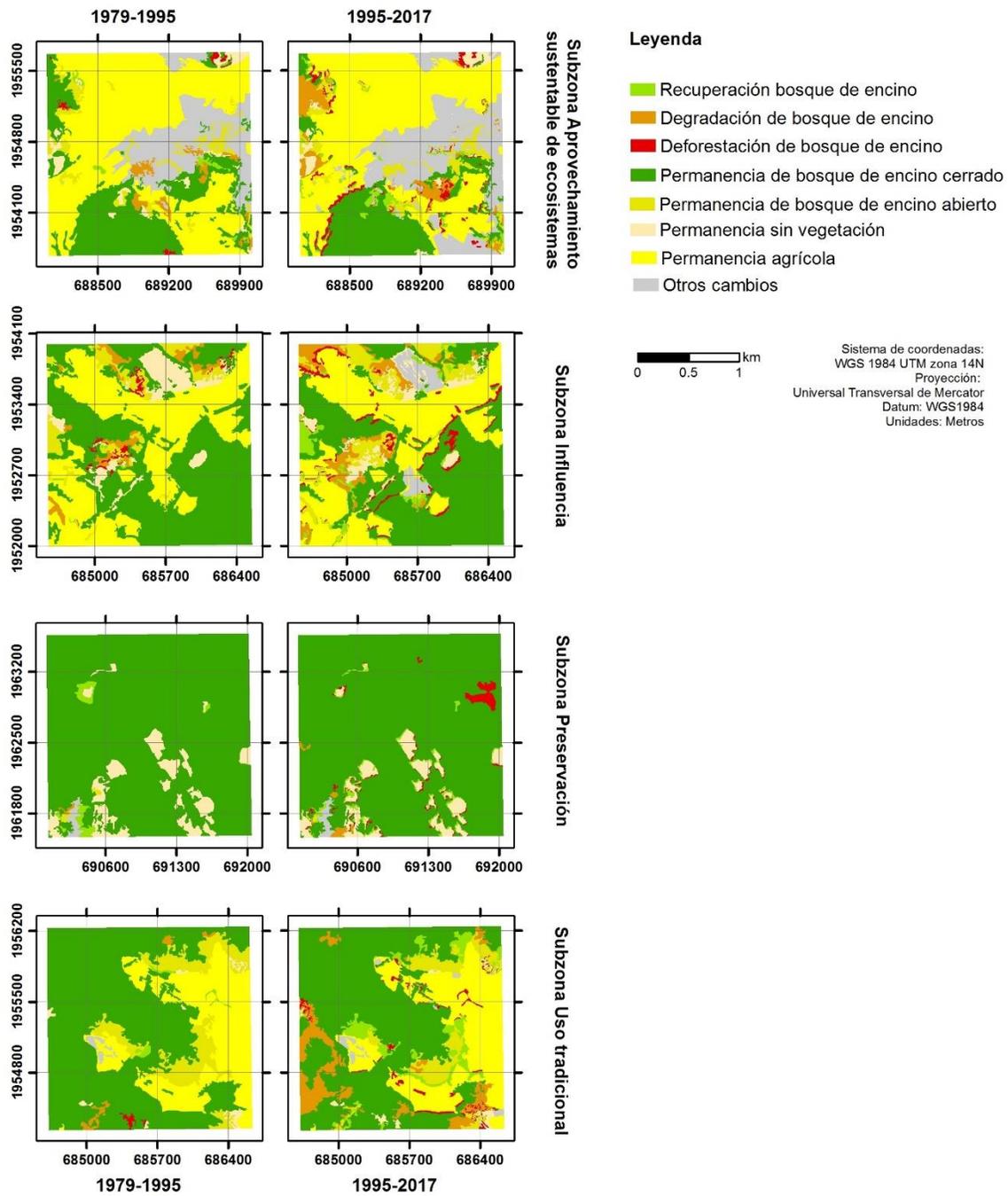


Figura 19. Distribución de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo (recuperación, degradación y deforestación) en las subzonas de la RBTC en la localidad de La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca, en los dos periodos de estudio: 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha).

Respecto a la dinámica de cambio de cobertura, en el primer periodo (1979-1995), la Zona de influencia presentó la mayor pérdida de cobertura (Cuadro 7), la degradación fue el proceso que causó la eliminación de bosque de encino cerrado ya que cedió 12.49 ha a bosque de encino abierto, mismos que fueron convertidos 2.2 ha a zonas sin vegetación y 0.03 ha a áreas agrícolas, lo que provocó su deforestación y 2.21 ha de bosque de encino cerrado se convirtieron a zonas sin vegetación; representado en tasas anuales de cambio, el bosque de encino cerrado perdió el 6.92% de la cobertura ya que de 210.43 ha que se registraron en el año 1979 pasó a 195.86 ha en el año 1995; esta disminución se debió principalmente a la conversión a zonas sin vegetación debido a un incremento de 26.97 ha en el año 1979 a 30.73 ha en el año 1995 (Cuadro 8d). No obstante, se detectó recuperación de la cobertura ya que 0.14 ha de zonas sin vegetación se transformaron a zonas de bosque de encino cerrado (Figura 21).

La subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas también presentó en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), pérdida de bosque de encino cerrado con una tasa anual de -0.57%, es decir, se transformó el 8.73% de la cobertura al pasar de 104.77 ha en el año 1979 a 95.62 ha en el año 1995; los principales usos del suelo que promovieron la pérdida de bosque de encino cerrado fueron las áreas con asentamientos humanos con una tasa anual de 10.58%, esto es un aumento de 0.02 ha en el año 1979 a 0.1 ha en el año 1995; además el incremento en la tasa anual de las áreas sin vegetación causó la eliminación del bosque de encino cerrado con una tasa anual de 0.09%, lo que significó un aumento de 11.85 ha en el año 1979 a 12.02 ha en el año 1995; las zonas de pastizales inducidos también afectaron la pérdida de cobertura con una tasa anual de 0.06% (Cuadro 8a).

La subzona que presentó las menores tasas anuales de cambio, en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), fue la zona de Uso tradicional con una pérdida anual de -0.07%; esta reducción se debió al incremento de la tasa anual de las áreas sin vegetación con una tasa anual de 1.43%, esto significó un aumento de 4.12 ha en el año 1979 a 5.17 ha en el año 1995 (Cuadro 8c); así mismo, las matrices de transición reflejaron que el proceso más importante en la subzona Uso tradicional fue la degradación ya que 3.34 ha de bosque de encino cerrado fueron convertidas a bosque de encino abierto; la deforestación de la cobertura fue el segundo proceso relevante ya que 1.05 ha se convirtieron a zonas sin vegetación ;

además 2.29 de zonas agrícolas se convirtieron a zonas de plantación de ocote. Además, previo al decreto, se detectó recuperación ya que 0.66 ha de zonas agrícolas se convirtieron a bosque de encino abierto y 1.73 ha de bosque de encino abierto se transformaron a bosque de encino cerrado.

En la zona de Preservación presentó en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), una baja transformación de la cobertura debido a que solo 0.51 ha de bosque de encino cerrado fueron degradadas, además la subzona mostró en el mismo periodo una tasa anual positiva de cambio de 0.09%; esta recuperación se debió a una reducción en la tasa anual de las áreas sin vegetación de -0.53% (Cuadro 8c; Figura 20).

El segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), se caracterizó por presentar las mayores tasas anuales de pérdida de bosque de encino cerrado con respecto al primer periodo previo al decreto (1979-1995); la subzona de Uso tradicional obtuvo una tasa anual de pérdida de bosque de encino cerrado de -0.28%, lo que significó una pérdida del 5.93% de la cobertura ya que pasó de 245.66 ha en el año 1995 a 231.1 ha en el año 2017; la reducción de la cobertura se debió a un incremento en la tasa anual de las zonas sin vegetación de 1.87%, ya que pasó de 5.17 ha en el año 1995 a 7.77 ha en el año 2017. Además, las matrices de transición revelaron que la degradación fue el proceso más relevante ya que 30.43 ha de bosque de encino cerrado se transformó a bosque de encino abierto; la deforestación fue el segundo proceso que promovió la pérdida de cobertura ya que 3.08 ha de bosque cerrado fueron convertidas a zonas agrícolas y 1.55 ha de bosque de encino abierto se convirtieron a zonas sin vegetación. La recuperación del bosque fue relevante ya que 19.64 ha de bosque de encino abierto cedieron a bosque de encino cerrado; además las zonas agrícolas y sin vegetación transfirieron 0.7 ha y 0.2 ha, respectivamente a bosque de encino cerrado (Figura 20).

La subzona Aprovechamiento sustentable de ecosistemas también obtuvo una mayor pérdida de bosque de encino cerrado en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017) con una tasa de -0.99%, es decir, una pérdida del 19.73% de bosque de encino cerrado al pasar de 95.62 ha en el año 1995 a 76.75 ha en el año 2017; la causa de la disminución de la cobertura fue el incremento de la tasa anual de las zonas sin vegetación de 1.51%, ya que pasó de 12.02 ha en el año 1995 a 16.73 ha en el año 2017 (Cuadro 8a). El bosque de encino cerrado ocupó en la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas en el año 2017

el 19.18% de la ventana, mientras que los principales usos del suelo son el agrícola que se distribuye en el 46.75% de la ventana y el pastizal inducido ocupó el 14.47% (Figura 22).

La Zona de influencia, en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), continuó presentando una disminución de bosque de encino cerrado con una tasa anual de -0.6%, esto es una disminución del 12.39% de la cobertura al pasar de 195.86 ha en el año 1995 a 171.59 ha en el año 2017; los usos del suelo que afectaron la pérdida de cobertura fueron las áreas sin vegetación que presentaron una tasa anual de 1.87% al pasar de 5.17 ha en el año 1995 a 7.77 ha en el año 2017; además las zonas agrícolas promovieron la pérdida de bosque de encino cerrado con una tasa anual de 0.07% (Cuadro 8d). Las matrices de transición mostraron que, en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), el proceso más importante fue el proceso de degradación ya que 22.37 ha de bosque de encino cerrado se convirtieron a zonas de bosque de encino abierto; en segundo lugar, la deforestación promovió la pérdida de cobertura ya que 6.4 ha de bosque cerrado cedieron a áreas agrícolas y 5.08 ha de bosque abierto a zonas sin vegetación; el bosque de encino abierto cedió 1.45 ha a áreas sin vegetación. Otro proceso importante fue la transformación de zonas agrícolas a áreas de plantación de ocote ya que 4.3 ha de zonas sin vegetación y 3.29 ha de zonas agrícolas cedieron a plantaciones de ocote. Por otra parte, la recuperación también fue relevante ya que 2.02 ha de zonas sin vegetación y 4.01 ha de áreas agrícolas se transformaron a bosque de encino abierto; el bosque de encino cerrado también mostró recuperación ya que 2.28 ha de zonas agrícolas fueron convertidas a bosque cerrado, lo que reflejó que el bosque de encino cerrado ocupó en el año 2017 el 42.75% de la ventana, mientras que el uso de suelo agrícola se distribuyó en el 33.75%.

Por otro lado, el bosque de encino abierto presentó tasas anuales positivas de cambio en ambos periodos para todas las subzonas a excepción de la subzona de Preservación en el primer periodo previo al decreto (1979-1995) con una tasa anual de pérdida de bosque de encino abierto de -611% ya que pasó de 3.95 ha en el año 1979 a 1.44 ha en 1995 y una tasa anual de pérdida en ambos periodos de -1.23% (Cuadro 8b). Las subzonas que presentaron recuperación de bosque de encino abierto en el primer periodo previo al decreto (1979-1995) fueron la zona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas con una tasa anual positiva de 2.42% debido a que pasó de 19.11 ha en el año 1979 a 28 ha en el año 1995; el incremento de la cobertura se debió a una reducción de la tasa anual de las áreas agrícolas con una tasa

de -0.01% (Cuadro 8a); adicionalmente la Zona de influencia, en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), presentó una tasa positiva de cambio de bosque de encino abierto de 2.3% ya que cedió de 25.37 ha en el año 1979 a 36.52 ha en el año 1995; el aumento de la cobertura se asoció a una disminución de las áreas agrícolas con una tasa de -0.02% (Cuadro 8d); la subzona de Uso tradicional también presentó una tasa anual positiva de 0.3% de bosque de encino abierto ya que se pasó de 46.31 ha en el año 1979 a 48.58 ha en el año 1995; el aumento de la cobertura se relacionó con una disminución de las tasas anuales de las zonas agrícolas de -0.18% (Cuadro 8c)

En el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), el bosque de encino abierto también presentó recuperación; la subzona de Preservación fue la que presentó las mayores tasas anuales positivas con 2.48%, es decir, un aumento de 1.44 ha que se registraron en el año 1995 pasó a 2.47 ha en el año 2017; la razón del incremento de la cobertura fue por la disminución de la tasa anual de las áreas sin vegetación de -0.53% (Cuadro 8b). El bosque de encino cerrado en la subzona de Preservación ocupó el 90.64% de la ventana en el año 2017 (Figura 22).

La subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), se detectó una tasa anual positiva de bosque de encino abierto de 2.21%, lo que significó un aumento de 28 ha en el año 1995 a 45.32 ha en el año 2017; el aumento de la cobertura se relacionó con una disminución en la tasa anual de los pastizales inducidos de -0.28% y las zonas agrícolas con una tasa anual de -0.23% (Cuadro 8a).

La subzona de Uso tradicional también registró una tasa anual positiva de bosque de encino abierto de 0.87% ya que pasó de 48.58 ha en el año 1995 a 58.8 ha en el año 2017 (Cuadro 8c). El bosque de encino cerrado ocupó en la ventana Uso tradicional en el año 2017 el 58% de la ventana, mientras que el uso del suelo agrícola se distribuye en el 25%. No obstante, la mayor transformación en la subzona Uso tradicional se registró en el segundo periodo con 30.43 ha degradadas. Esto implica que el bosque de encino cerrado se transformó en bosque de encino abierto, lo que suscitó un proceso de recuperación a partir del bosque de encino abierto que se transformó (19.64 ha) en áreas de bosque de encino cerrado (Figuras 20 y 22).

Cuadro 8. Cobertura, tasas anuales de cambio y porcentajes de cambio de cobertura y usos del suelo principales en los periodos 1979-1995, 1995-2017 y 1979-2017 en las subzonas de la RBTC dentro de la localidad La Estancia, municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca.

a) Subzona: Aprovechamiento sustentable de ecosistemas

CUS/ Periodo	Cobertura (ha)			Tasas anuales de cambio (%)			Porcentaje de cambio		
	1979	1995	2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017
Bosque de encino cerrado	104.77	95.62	76.75	-0.57	-0.99	-0.82	-8.73	-19.7	-26.7
Bosque de encino abierto	19.11	28	45.32	2.42	2.21	2.3	46.52	61.86	137.2
Agrícola	197.15	196.71	187.02	-0.01	-0.23	-0.14	-0.22	-4.93	-5.14
Pastizal inducido	60.93	61.53	57.91	0.06	-0.28	-0.13	0.98	-5.88	-4.96
Sin vegetación	11.85	12.02	16.73	0.09	1.51	0.91	1.43	39.18	41.18
Asentamiento humano	0.02	0.1	0.13	10.58	1.2	5.05	400	30	550

b) Subzona: Preservación

CUS/ Periodo	Cobertura (ha)			Tasas anuales de cambio (%)			Porcentaje de cambio		
	1979	1995	2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017
Bosque de encino cerrado	359.25	364.73	362.57	0.09	-0.03	0.02	1.53	-0.59	0.92
Bosque de encino abierto	3.95	1.44	2.47	-6.11	2.48	-1.23	-63.5	71.53	-37.5
Sin vegetación	34.34	31.55	32.68	-0.53	0.16	-0.13	-8.12	3.58	-4.83

c) Subzona: Uso tradicional

CUS/ Periodo	Cobertura (ha)	Tasas anuales de cambio (%)	Porcentaje de cambio

CUS/ Periodo	Cobertura (ha)			Tasas anuales de cambio (%)			Porcentaje de cambio		
	1979	1995	2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017
Bosque de encino cerrado	248.32	245.66	231.1	-0.07	-0.28	-0.19	-1.07	-5.93	-6.93
Bosque de encino abierto	46.31	48.58	58.8	0.3	0.87	0.63	4.9	21.04	26.97
Agrícola	102.14	99.19	100.64	-0.18	0.07	-0.04	-2.89	1.46	-1.47
Sin vegetación	4.12	5.17	7.77	1.43	1.87	1.68	25.49	50.29	88.59

d) Subzona: Influencia

CUS/ Periodo	Cobertura (ha)			Tasas anuales de cambio (%)			Porcentaje de cambio		
	1979	1995	2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017
Bosque de encino cerrado	210.43	195.86	171.59	-0.45	-0.6	-0.54	-6.92	-12.39	-18.46
Bosque de encino abierto	25.37	36.52	56.67	2.3	2.02	2.14	43.95	55.18	123.37
Agrícola	138.17	137.82	135.6	-0.02	-0.07	-0.05	-0.25	-1.61	-1.86
Sin vegetación	26.97	30.73	26.13	0.82	-0.73	-0.08	13.94	-14.97	-3.11

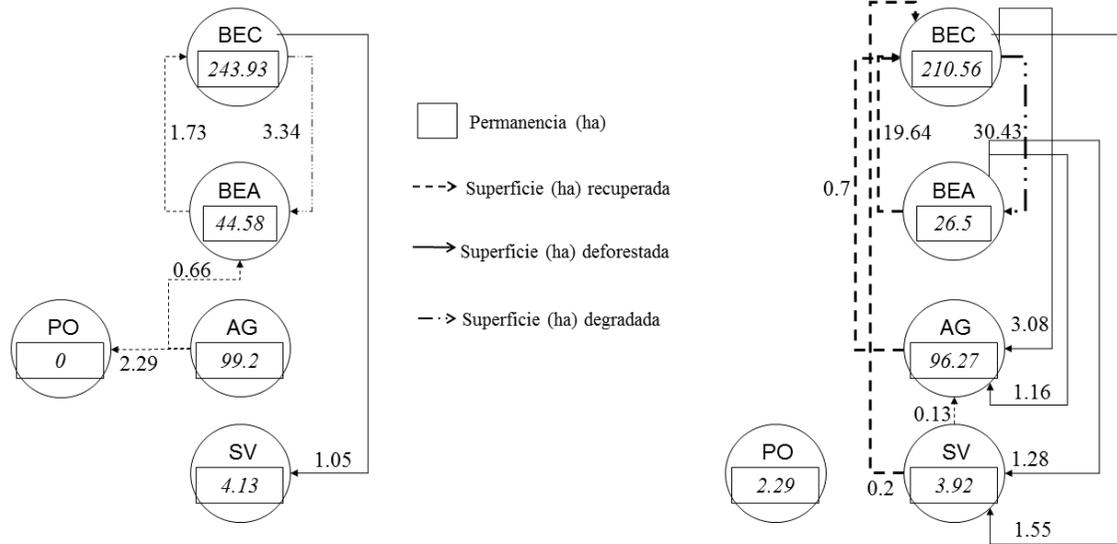


Figura 20. Diagramas de flujo de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en los periodos 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha). Corresponden a la subzona de Uso tradicional de la RBTC en la localidad La Estancia, municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca. Nomenclatura. (BEC) Bosque de encino cerrado; (BEA) bosque de encino abierto, (AG) agricultura, (SV) sin vegetación y (PO) plantación de ocote.

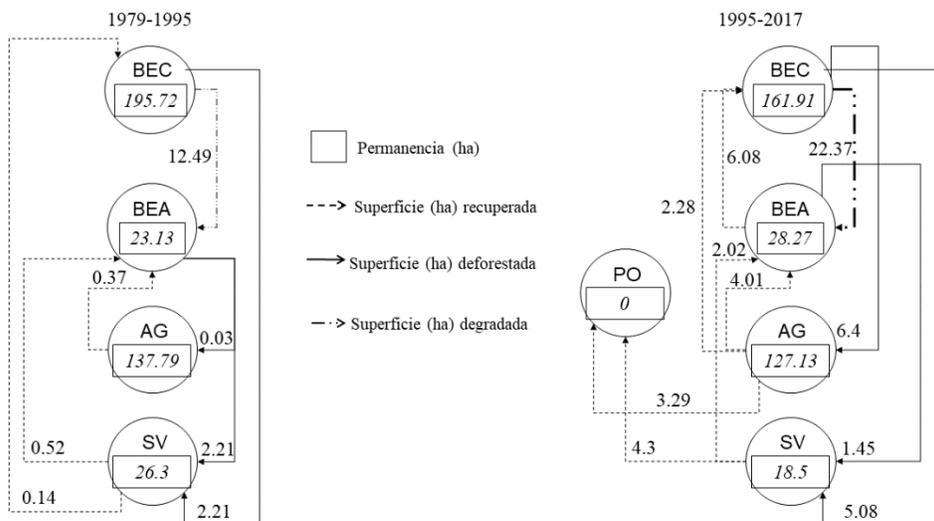


Figura 21. Diagramas de flujo de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en los periodos 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha). Corresponden a la subzona de influencia de la RBTC en la localidad de La Estancia, municipio San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca. Nomenclatura. (BEC) Bosque de encino cerrado; (BEA) bosque de encino abierto, (AG) agricultura, (SV) sin vegetación y (PO) plantación de ocote.

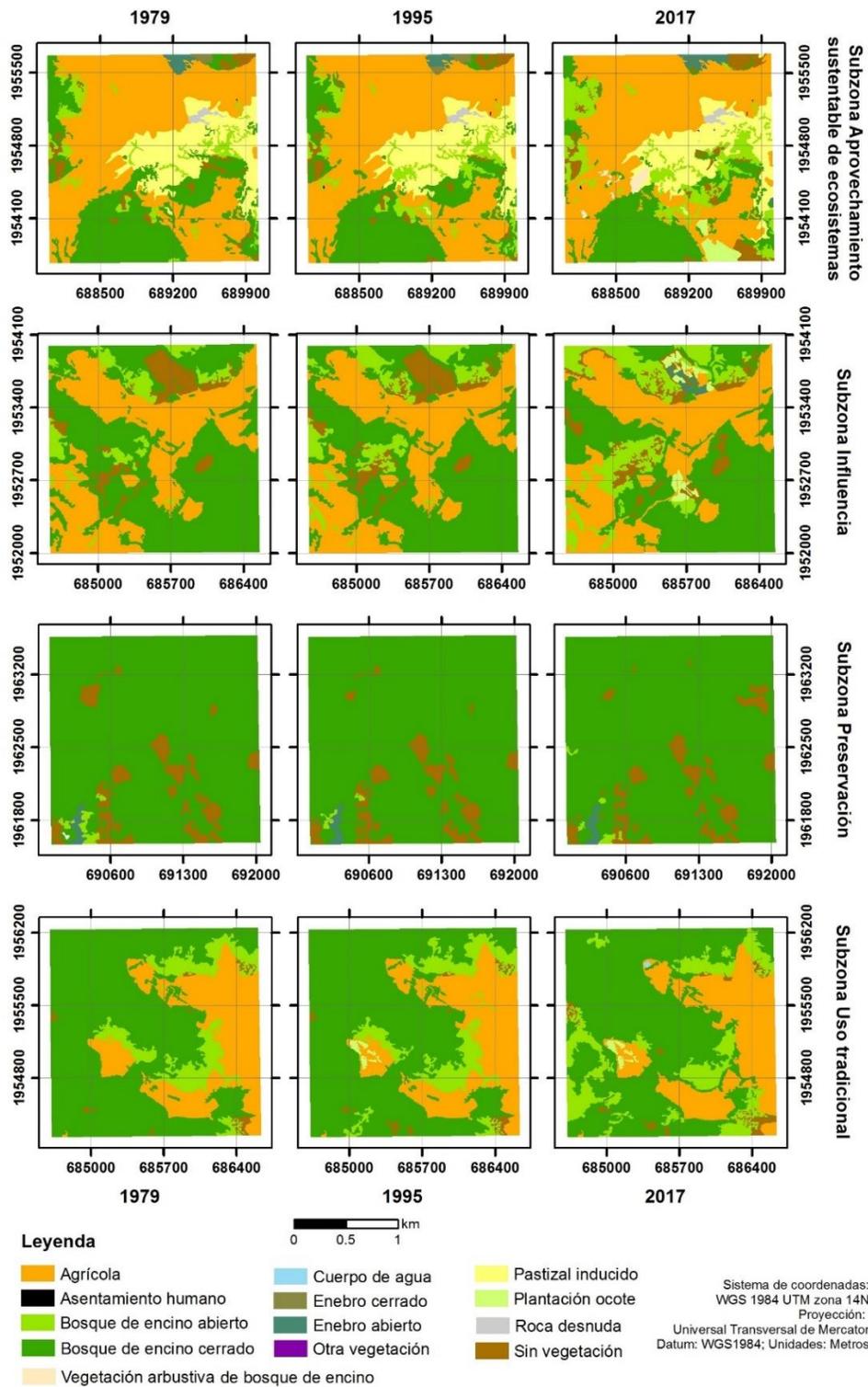


Figura 22. Cobertura y uso del suelo en las subzonas de la RBTC en la localidad de La Estancia, municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca en los años 1979,1995 y 2017.

3.3.2. Santa María Ixcatlán

De la misma forma que en La Estancia, en Ixcatlán, la degradación de la cobertura del bosque de encino cerrado fue el proceso de CCUS que ocupó mayor extensión (128.09 ha), seguida de la recuperación (86.38 ha) y la deforestación (66.09 ha), considerando ambos periodos (1979-1995; 1995-2017) para todas las subzonas de estudio (Cuadro 9; Figura 23). En el primer periodo previo al decreto (1979-1995), la superficie transformada fue de 64.88 ha considerando los procesos de deforestación y degradación; la degradación fue el proceso que más afectó la pérdida de cobertura con una extensión de 46.06 ha en comparación con el proceso de deforestación que se detectó una pérdida de 18.82 ha de bosque de encino; la subzona de Preservación fue la que presentó mayor degradación ya que 23.25 ha de bosque de encino cerrado fueron perdidas, continuando con la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas que mostró una reducción de 17.81 ha de bosque de encino cerrado y la subzona de Uso tradicional que reveló una menor degradación de 5 ha de bosque de encino cerrado. En el proceso de deforestación, la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas fue la que evidenció mayor pérdida debido a que 8.4 ha de bosque de encino cerrado fueron desmontados, continuando con la subzona de Preservación que mostró una reducción de 7 ha de bosque de encino cerrado y abierto, y la subzona de Uso tradicional que obtuvo la menor disminución de cobertura con 3.42 ha. Así mismo, se detectó recuperación de la cobertura dando un total de 17.96 ha, siendo la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas la que presentó mayor recuperación de bosque de encino cerrado con 7.69 ha, continuando con la subzona de Uso tradicional con un incremento de 7.8 ha de bosque de encino abierto y cerrado y la zona de Preservación que mostró una baja recuperación de 2.35 ha.

En el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), se presentó una mayor transformación del bosque de encino cerrado con un total de 129.3 ha, tomando en cuenta los procesos de deforestación y la degradación en las subzonas de estudio; siendo la degradación el proceso de transformación más relevante con una pérdida de 34.13 ha de bosque de encino cerrado en la subzona de Preservación, continuando con la zona de Uso tradicional que mostró una degradación de 25.08 ha y la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas que registró una pérdida de 22.82 ha de bosque de encino cerrado. La recuperación fue el segundo proceso más importante en el segundo periodo posterior al

decreto (1995-2017) ya que hubo una recuperación de 68.42 ha en todas las subzonas de estudio, siendo la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas la que mostró mayor recuperación con 31.71 ha, seguida de la subzona de Uso tradicional con 24.68 ha y la zona de Preservación que mostró una menor recuperación de 12.03 ha de bosque de encino cerrado y abierto. La deforestación fue otro de los procesos que incidieron en la pérdida de 47.27 ha de bosque de encino cerrado y abierto; la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas fue la que presentó la mayor disminución de la cobertura con 28.55 ha de bosque de encino cerrado, continuando con la subzona de Uso tradicional que mostró una reducción de 9.4 ha de bosque de encino cerrado y abierto, y la subzona de Preservación fue la que reveló, en el segundo periodo (1995-2017), la menor pérdida de cobertura ya que 3.98 ha bosque de encino cerrado fueron desmontadas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Superficie de áreas transformadas (ha) por proceso de cambio de cobertura y uso del suelo en las subzonas de la RBTC dentro del municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca. Nomenclatura de subzonas. (ASE) Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, (PRE) preservación y (UT) uso tradicional. Los datos en negritas representan los valores mayores por proceso.

Santa María Ixcatlán							
	Cambio en hectáreas	Recuperación		Degradación		Deforestación	
Subzona	Cobertura/ Tiempo	16 años	22 años	16 años	22 años	16 años	22 años
ASE	Bosque de encino cerrado	7.69	28.79	17.81	22.82	8.4	28.55
	Bosque de encino abierto	0.12	2.92			0	5.34
PRE	Bosque de encino cerrado	0.78	8.62	23.25	34.13	5.45	0.3
	Bosque de encino abierto	1.57	3.41			1.55	3.68

UT	Bosque de encino cerrado	2.34	16.79	5	25.08	3.42	8.06
	Bosque de encino abierto	5.46	7.89			0	1.34
Totales		17.96	68.42	46.06	82.03	18.82	47.27

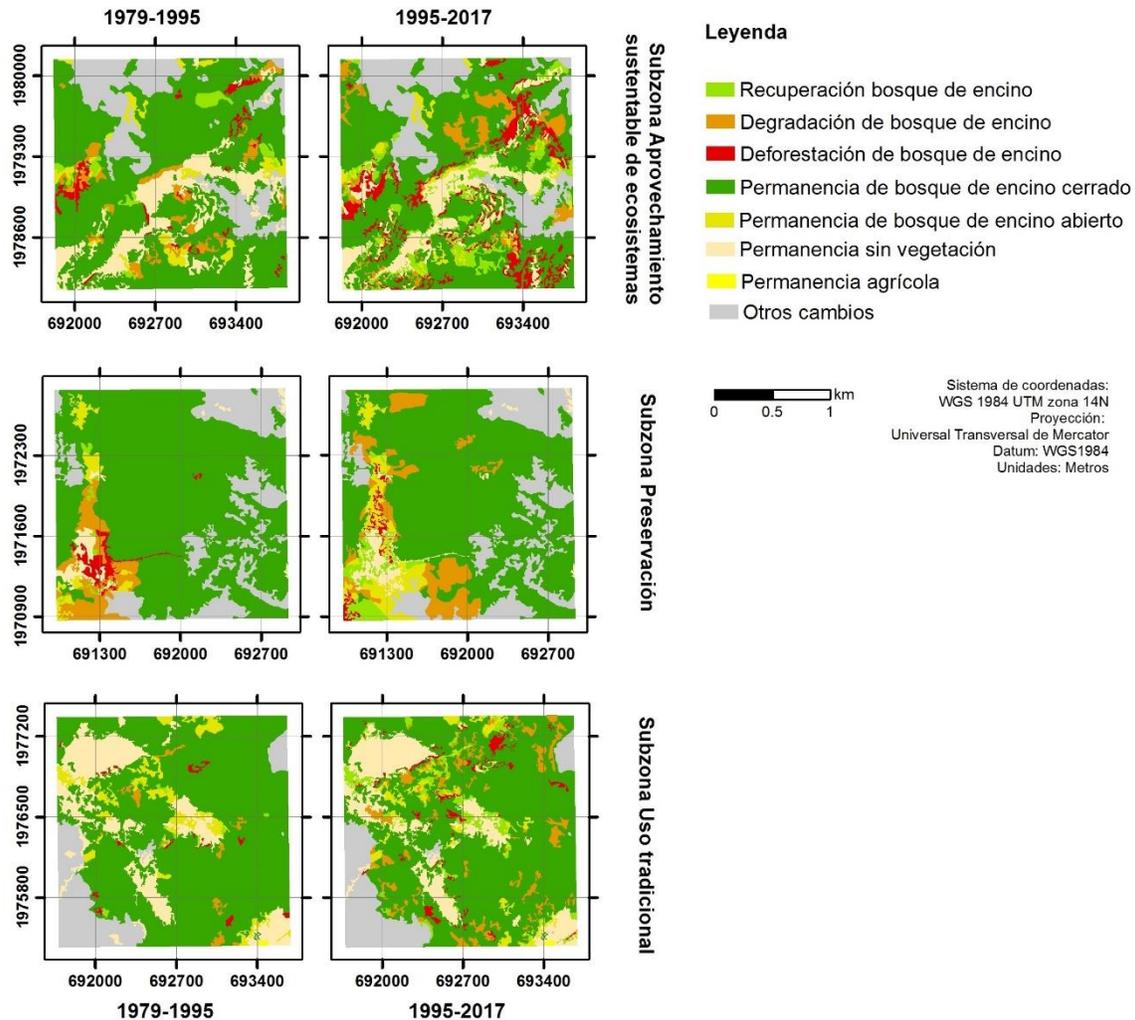


Figura 23. Distribución de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo (recuperación, degradación y deforestación) en las subzonas de la RBTC en el municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca en los dos periodos de estudio: 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha).

En la subzona Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), mostró una pérdida de -0.45% , esto es una pérdida del 6.97% de bosque de encino cerrado ya que pasó de 265.44 ha en el año 1979 a 246.93 ha en el año 1995, las zonas de sin vegetación mostraron una tasa anual de 0.92% , esto es un incremento de 49.98 ha que se tenían registradas en el año 1979, pasaron a 57.86 ha en el año 1995 ; por otra parte, el bosque de encino abierto mostró una tasa de anual positiva de 2.54%, lo que representó un aumento del 49.37% de la cobertura debido a que de 21.53 ha en el año 1979 paso a 32.16 ha en el año 1995. En el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), el bosque de encino cerrado mostró una tasa anual de -0.43%, lo que significó una reducción del 9.14 % de bosque de encino cerrado ya que de 246.93 ha que se registraron en el año 1995 se redujeron a 224.35 ha en el año 2017.; la razón de la disminución de la cobertura cerrada fue debido a un incremento en la tasa anual de las zonas sin vegetación con una tasa anual de 1.16% , lo que representó un aumento de 57.86 ha en el año 1995 a 74.57 ha en el año 2017. Además, en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), el bosque de encino abierto mostró recuperación con una tasa anual de 0.42%, esto representó un aumento de 32.16 ha en el año 1995 a 35.26 ha en el año 2017. Las matrices de transición revelaron que la mayor transformación en la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas se registró en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017) con una sobresaliente recuperación del bosque de encino cerrado a partir de bosque de encino abierto (17.32 ha) y áreas sin vegetación (11.47 ha); el segundo proceso más sobresaliente fue la deforestación del bosque de encino cerrado convertido a áreas sin vegetación (28.55 ha), la deforestación de bosque de encino abierto a zonas sin vegetación (5.34 ha) y la degradación del bosque de encino abierto a partir del bosque de encino cerrado (22.82 ha) (Figura 24). En cambio, en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), la transformación del bosque de encino fue menor, la mayor pérdida de bosque de encino fue a partir de la degradación del bosque de encino cerrado a bosque de encino abierto (17.81 ha) y la deforestación del bosque de encino cerrado para la conversión a áreas de sin vegetación (8.4 ha); el segundo proceso relevante fue la recuperación del bosque de encino cerrado a partir del bosque de encino abierto (6.73 ha) y la recuperación del bosque de encino cerrado a través de las áreas de sin vegetación (0.96 ha) (Figura 24). El bosque de encino cerrado ocupó el 56% de la ventana, mientras que las áreas sin vegetación se distribuyeron en el 18.64% (Figura 26).

Cuadro 10. Cobertura, tasas anuales de cambio y porcentajes de cambio de cobertura y usos del suelo principales en los periodos 1979-1995, 1995-2017 y 1979-2017 en las subzonas a) Aprovechamiento sustentable de ecosistemas b) Preservación y c) Uso tradicional de la RBTC dentro del municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca.

Subzona: a) Aprovechamiento sustentable de ecosistemas									
CUS/ Periodo	Cobertura (ha)			Tasas anuales de cambio (%)			Porcentaje de cambio		
	1979	1995	2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017	1979-1995	1995-2017	1979-2017
Bosque de encino cerrado	265.44	246.93	224.35	-0.45	-0.43	-0.44	-6.97	-9.14	-15.48
Bosque de encino abierto	21.53	32.16	35.24	2.54	0.42	1.31	49.37	9.58	63.68
Sin vegetación	49.98	57.86	74.57	0.92	1.16	1.06	15.77	28.88	49.2
Subzona: b) Preservación									
Bosque de encino cerrado	305.57	277.65	251.84	-0.6	-0.44	-0.51	-9.14	-9.3	-17.58
Bosque de encino abierto	11.52	34	60	7	2.62	4.44	195.14	76.47	420.83
Sin vegetación	11.05	16.49	15.96	2.53	-0.15	0.97	49.23	-3.21	44.43
Subzona: c) Uso tradicional									
Bosque de encino cerrado	276.97	270.88	255.23	-0.14	-0.27	-0.21	-2.2	-5.78	-7.85
Bosque de encino abierto	26.03	30.41	45.65	0.98	1.86	1.49	16.83	50.12	75.37
Sin vegetación	61.28	62.99	63.99	0.17	0.07	0.11	2.79	1.59	4.42

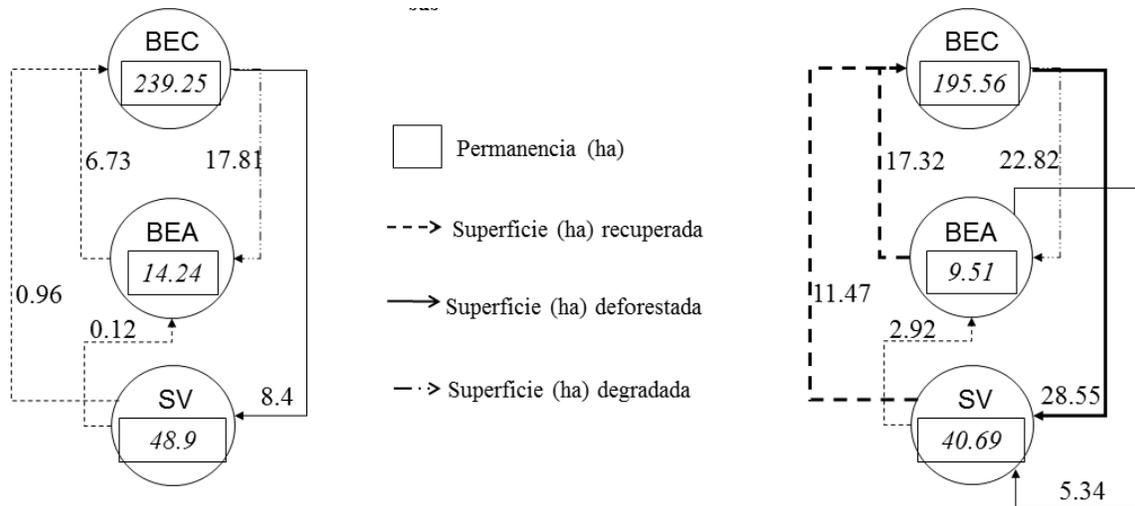


Figura 24. Diagramas de flujo de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en los periodos 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha). Corresponden a la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas de la RBTC en el municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca. Nomenclatura. (BEC) Bosque de encino cerrado; (BEA) Bosque de encino Abierto y (SV) Sin vegetación.

En la subzona de Preservación, las tasas anuales de cambio del bosque de encino cerrado fueron negativas para ambos periodos; en el primer periodo (1979-1995), se registró una mayor pérdida de bosque de encino cerrado con una tasa de -0.60%, esto significó una reducción del 17.58% de su cobertura original, pasando de 305.57 ha en el año 1979 a 251.84 ha en el año 1995; en cambio, en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), se detectó una menor pérdida de bosque de encino cerrado ya que se redujo el 9.7% de la cobertura original, registrando de 277.65 ha en el año 1995 a 251.84 en el año 2017. Por otra parte, el bosque de encino abierto presentó tasas anuales de cambio positivas para ambos periodos; en el primer periodo (1979-1995), se detectó un aumento del 195.14% con respecto a su cobertura original con una tasa anual de 7% ya que incrementó de 11.34 ha en el año 1979 a 34 ha en el año 1995; el segundo periodo (1995-2017), también se detectó recuperación de la cobertura con un aumento del 76.47% con relación a su cobertura original ya que obtuvo una tasa anual positiva de 2.62% de bosque de encino abierto, esto representó

un incremento de 34 ha en el año 1995 a 60 ha en el año 2017. La razón de la disminución del bosque de encino cerrado en ambos periodos fue por el incremento en la tasa anual de las áreas sin vegetación ya que en el primer periodo (1979-1995), se detectó un aumento del 49.23% con respecto a su uso del suelo original, pasando de 11.05 ha en el año 1979 a 16.49 ha en el año 1995; en cambio, en el segundo periodo las zonas de sin vegetación presentaron una tasa negativa anual de -0.15, debido a que pasó de 16.49 ha en el año 1995 a 15.96 ha en el año 2017, lo que permitió la recuperación del bosque de encino cerrado y abierto.

Las matrices de transición revelaron que en la subzona de Preservación el proceso más relevante fue en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017) con la degradación del bosque de encino abierto a partir del bosque de encino cerrado (34.13 ha) seguida de la recuperación del bosque de encino cerrado por medio del bosque de encino abierto (7.49 ha), la conversión de zonas sin vegetación a bosque de encino cerrado (1.13 ha) y la transformación de áreas sin vegetación a bosque de encino abierto (3.41 ha) y bosque de encino cerrado (1.13 ha). En el primer periodo previo al decreto (1979-1995), la degradación de la cobertura fue el proceso más importante del bosque de encino abierto a través del bosque de encino cerrado (23.25 ha), la deforestación del bosque de encino cerrado a zonas sin vegetación (5.45 ha), la deforestación del bosque de encino abierto a zonas sin vegetación (1.55 ha) y la recuperación del bosque de encino abierto a partir de zonas de sin vegetación (1.55 ha) y la conversión de bosque de encino cerrado a través de bosque de encino abierto (0.78 ha) (Figura 25). El bosque de encino cerrado en el año 2017 ocupó en la subzona de Preservación aproximadamente el 63% de la ventana, mientras que el bosque de encino abierto ocupó el 15% (Figura 26).

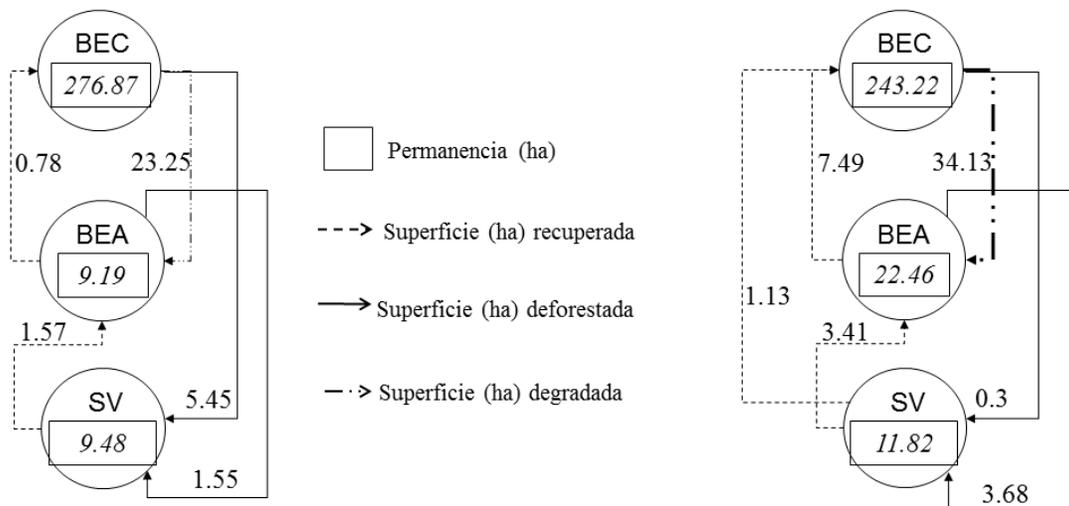


Figura 25. Diagramas de flujo de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en los periodos 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha). Corresponden a la subzona de Preservación de la RBTC en el municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca. Nomenclatura. (BEC) Bosque de encino cerrado; (BEA) bosque de encino abierto y (SV) sin vegetación.

En la subzona de Uso Tradicional, las tasas anuales de cambio el bosque de encino cerrado fueron negativas en ambos periodos; en el primer periodo (1979-1995) se obtuvo una tasa anual de -0.14%; esto es una reducción del 2.2% con respecto a su cobertura original ya que pasó de 276.97 ha que se tenían registradas en el año 1979 pasó a 270.88 ha en el año 1995; mientras que en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), se registró una mayor pérdida de bosque de encino cerrado con una tasa anual -0.27%, esto significó una disminución del 5.78% con relación a su cobertura original ya que pasó de 270.88 ha en el año 1995 a 255.23 ha en el año 2017; las zonas de sin vegetación promovieron la pérdida de bosque de encino ya que presentaron una tasa anual positiva en ambos periodos, en el primer periodo (1979-1995) se registró una tasa anual de 0.17%, lo que representó un aumento de 61.28 ha en el año 1979 a 62.99 ha en el año 1995; en el segundo periodo (1995-2017), las zonas de sin vegetación revelaron una tasa anual de 0.07% debido a que pasó de 62.99 ha en el año 1995 a 63.99 ha en el año 2017. Por otro lado, el bosque de encino abierto presentó tasas de cambio anuales positivas en ambos periodos; en el primer periodo (1979-1995), se obtuvo una tasa anual de 0.98%, esto representó un aumento de 26.03 ha que se tenían registradas en el año 1979 pasó a 30.41 ha en el año 1995; en el segundo periodo (1995-

2017), se detectó una mayor recuperación de bosque de encino abierto con una tasa anual de 1.86%, esto significó un incremento de 30.41 ha en el año 1995 pasó a 45.65 ha en el año 2017. Además, las matrices de transición evidenciaron que la subzona de Uso tradicional mostró mayor pérdida de cobertura posterior al decreto con la degradación del bosque de encino abierto a partir del bosque de encino cerrado (25.08 ha), seguida de la deforestación del bosque de encino cerrado para la conversión a zonas de sin vegetación (8.06 ha), la degradación del bosque de encino abierto para la transformación a zonas de sin vegetación (1.34 ha) y la recuperación de bosque de encino cerrado a través del bosque de encino abierto (11.74 ha) y el restablecimiento de bosque de encino cerrado a través de las zonas sin vegetación (5.05 ha). En cambio, en el primer periodo previo al decreto (1979-1995), la transformación del bosque de encino fue menor y destacó con la degradación del bosque de encino cerrado para la conversión de bosque de encino abierto (5 ha), la deforestación del bosque de encino cerrado para el establecimiento de zonas de sin vegetación (3.42 ha) y la recuperación del bosque de encino cerrado a partir de las zonas de sin vegetación (1.43 ha). El bosque de encino cerrado en el año 2017 ocupó el 63.8% de la ventana, mientras que el uso de suelo sin vegetación se distribuyó en el 16% (Figura 26b).

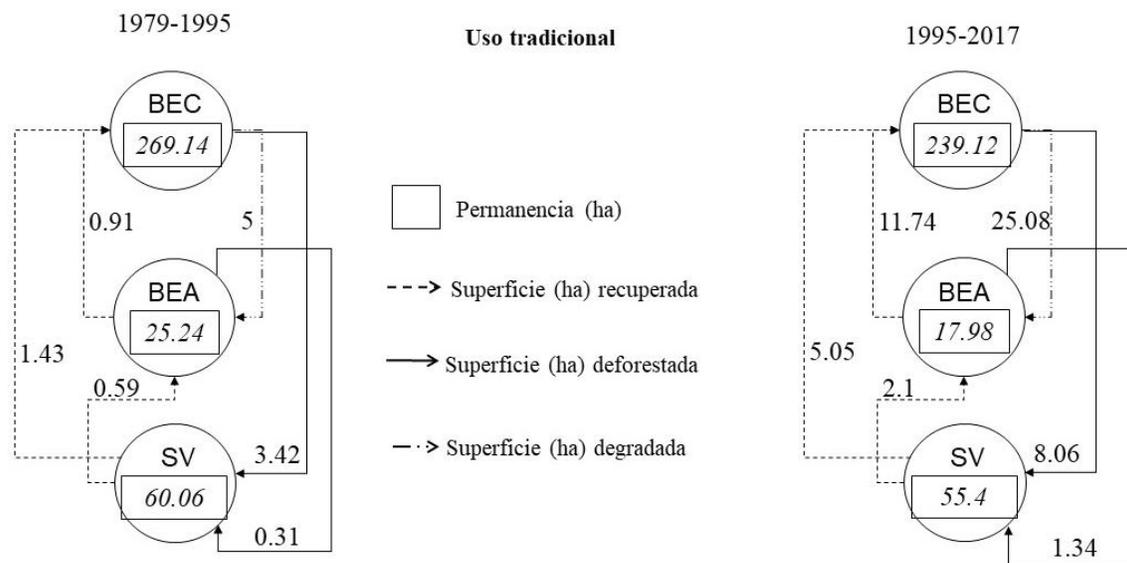


Figura 26. Diagramas de flujo de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en los periodos 1979-1995 (izquierda) y 1995-2017 (derecha). Corresponden a la subzona de Uso tradicional de la RBTC en el municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca. Nomenclatura. (BEC) Bosque de encino cerrado; (BEA) bosque de encino abierto y (SV) sin vegetación.

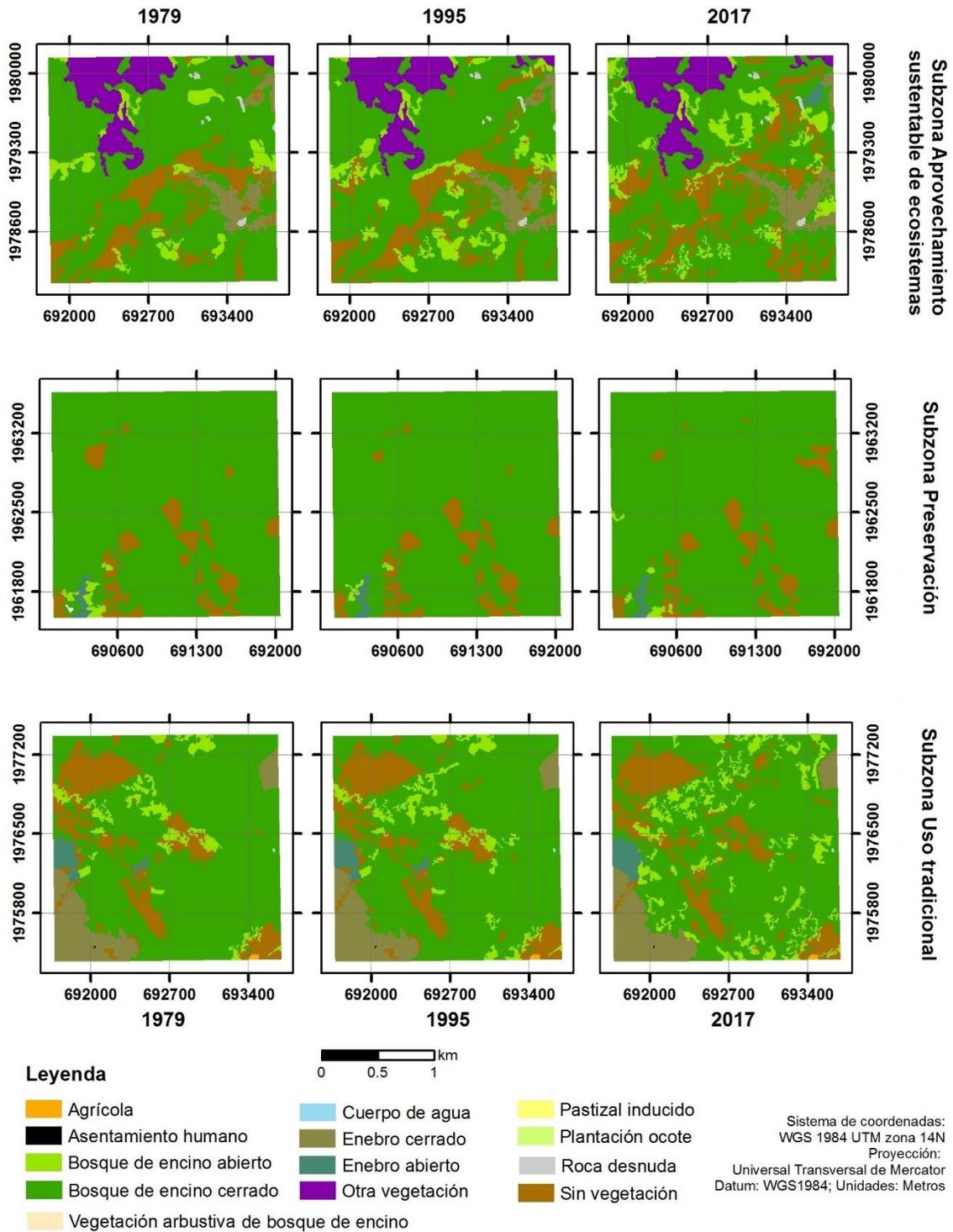


Figura 26. Cobertura y uso del suelo en las subzonas de la RBTC en el municipio de Santa María Ixcatlán, Oaxaca en los años 1979,1995 y 2017.

3.4. Discusión

3.4.1. Dinámica local del cambio de cobertura en el bosque de encino

En la actualidad se han realizado muchos esfuerzos para describir los procesos de cambio que rigen la transformación de los ecosistemas, sin embargo, la mayoría de las aportaciones se realizan a escalas poco detalladas (Guerra-Martínez et al., 2019; Osorio et al., 2015; Rosete-Vergés et al., 2014). Por ejemplo, se reporta a nivel nacional en México, para todos sus tipos de vegetación, en el periodo 1976-2000, una reducción del 13.7% de la cobertura a una tasa anual de cambio de -0.43% (Velázquez et al., 2001), una tasa de cambio de -0.5% se reporta para el periodo 1990-2000 (FAO, 2010), esto una pérdida de capital natural a finales del siglo XX. El mismo patrón se reporta en la RBTC, en sus diferentes ecosistemas, a una tasa de cambio de -0.37 % para el periodo 1986-1996 (CONANP & Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, 2003) y de -0.13% para el periodo 1993-2001 (Figueroa et al., 2011).

En el caso del bosque de encino, a nivel nacional durante el periodo 1982-1992, presentó una tasa anual de cambio de -3.4% (Mas et al., 2009). A nivel regional en la RBTC, previo a su decreto entre 1979 y 2001, se reconoce igualmente un balance negativo con una reducción del 6% del bosque de encino a una tasa de cambio anual de -0.97%, sin embargo, posterior al decreto el balance es ligeramente positivo con un aumento de 0.7% de la cobertura entre 2001 y 2011 (Osorio-Olvera et al., 2020). Sin duda, estos son parámetros de referencia valiosos para entender la dinámica de los bosques de encino a nivel regional. Los estudios a nivel local se vislumbran como herramientas que permiten el monitoreo de la deforestación y recuperación a escala detallada detectando pequeños parches que no hubieran sido detectados por otros métodos o insumos. Por esta razón, contar con insumos a este detalle puede ser de utilidad para los planes de ordenamiento y conservación forestal (Mas et al., 2017)

El balance neto entre las pérdidas, por degradación y deforestación, y las ganancias por recuperación de la cobertura del bosque de encino son negativas para todo el periodo de estudio. La degradación forestal de los bosques de encino es el principal proceso de cambio de cobertura, antes y después del decreto como RBTC, en los bosques de encino circundantes a las localidades de La Estancia e Ixcatlán. El segundo y tercer proceso de CCUS en La Estancia es la recuperación y la deforestación; mientras que en Ixcatlán el orden es

degradación, deforestación y recuperación. Las implicaciones ecológicas que caracterizan a la degradación son igualmente negativas, ya que reduce la provisión de servicios ecosistémicos que el bosque puede proporcionar. Se ha reconocido que, con procesos de cambio como la deforestación la provisión de servicios ambientales se detiene abruptamente (Lambin et al., 2001). En el caso de la degradación, la provisión de servicios se reduce gradualmente en función de la actividad extractiva que se realice. Esto remarca a la degradación como un evento de transición desde un bosque primario a un bosque secundario que es reconocido por la pérdida o disminución gradual en los valores de estructura, función y composición de especies (Chazdon, 2014; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002).

La cuantificación del proceso de degradación, a escalas regional y local, a partir de insumos de percepción remota resulta complicada dados los diferentes grados de intensidad que se pueden reconocer en la transición (Gao et al., 2018). Esta complicación para describir la degradación se ha identificado a escala regional en otras coberturas boscosas (Guerra-Martínez et al., 2019). Sin embargo, la cobertura del dosel permitió de manera eficaz evaluar la degradación a partir de la comparación entre el estado de la cobertura en el tiempo uno (1979 o 1995) y la condición en el tiempo dos (1995 y 2017), considerando no llegar a los niveles (>10%) que definen la deforestación de la cobertura (Chazdon, 2014; FAO, 2010).

Por lo general, los estudios de CCUS identifican a la deforestación como principal proceso que subyace la pérdida de los ecosistemas, posiblemente se debe al nivel de análisis con el que se aborda. En el análisis de CCUS a escalas poco detalladas resulta más práctico medir la deforestación que la degradación (Gao et al., 2018). Es por ello que la mayoría de los estudios se han centrado en la deforestación como principal proceso de cambio (Mas, Velázquez, & Couturier, 2009; Mas & Flamenco-Sandoval, 2011; Moreno-Sánchez, Buxton-Torres, Sinbernagel, & Moreno-Sánchez, 2014). La deforestación continúa siendo el principal proceso que promueve la eliminación de los ecosistemas, incluso en áreas sujetas a programas de conservación como las áreas naturales protegidas en México (Figuerola et al., 2011). Los estudios regionales siguen reconociendo a la expansión agrícola y ganadera como las principales actividades de aprovechamiento que promueven la deforestación (Osorio-Olvera et al., 2020); sin embargo, a nivel local este estudio contrasta con esta condición, las actividades agrícolas y ganaderas no muestran una expansión por lo que la deforestación ya

no es el principal agente promotor del cambio, al menos en la región; únicamente, se mantiene el uso extensivo/intensivo para el aprovechamiento. Los datos señalan a la degradación de la cobertura como el principal agente transformador del ecosistema, y de acuerdo con la comunicación de los pobladores, la extracción de leña, como combustible para cocinar, es la principal actividad extractiva en los bosques de encino en ambas localidades. Los datos de este estudio respaldan esta información, ya que la degradación, en el primer periodo en las ventanas evaluadas en La Estancia, acumuló 25.29 ha que pasaron de bosque cerrado a abierto y en el segundo periodo aumentó a 72.85 ha; para Ixcatlán el patrón es más intenso, en el primer periodo el bosque de encino se degradó en 46 ha, mientras que en el segundo periodo fueron 82 ha. Esta información contrasta de manera relevante con el número de personas que usaban leña para fines domésticos en la RBTC debido a que se redujo un 74% de 1980 a 2007 pasando de 51,996 a 13,608 (INEGI, 1980, 2000), lo cual mantiene una interrogante sobre la causa que ha intensificado la degradación de los bosques de encino mostrada en este estudio. Diferentes posibilidades pueden explicar este hecho: 1) aunque ha disminuido el número de personas que emplean leña, debido a las restricciones impuestas por la RBTC para otras actividades de aprovechamiento se ha vuelto una actividad intensiva; y 2) las prácticas de pastoreo del ganado ovino no son sostenibles y acordes con los parámetros establecidos por la RBTC, ya que el ganado ingresa al bosque sin restricciones y se alimenta preferentemente de plántulas de encino por lo tierno de los renuevos, lo cual impacta directamente en la regeneración de los bosques.

Además de la extracción de leña como combustible para cocinar, también se reconoce el su extracción en menor intensidad, tanto en las localidades de la RBTC como en otras regiones, para la elaboración de carbón, así como para la confección de artesanías y el uso medicinal (Luna-José et al., 2003; Merino, 2003; Rzedowski, 2006). En la mayoría de las ocasiones, estas actividades se realizan de manera no sostenible y abonan a la degradación forestal (Rojo, 2018).

Por el contrario, las tendencias de cambio entre el 2001 y el 2014 muestran patrones de recuperación de la cobertura de bosque de encino en la RBTC (Osorio-Olvera et al., 2020). El proceso de recuperación se desarrolla a partir de la sucesión ecológica (Chazdon, 2014) y conforma una condición de restauración pasiva donde el ecosistema se restablece por sus propios medios y comienza a ocupar áreas abandonadas por actividades humanas como la

agricultura (Guerra-Martínez et al., 2019). Aunque el restablecimiento natural de los bosques en el mundo es un evento descrito desde hace décadas (Gómez-Pompa and Vázquez-Yanes, 1985), hoy en día es un proceso más notorio que se cuantifica en mayor medida (FAO, 2015) en diferentes ecosistemas. Sin embargo, los procesos de cambio aún mantienen un balance negativo en la mayoría de los biomas.

3.4.2. Dinámica de cambio en las subzonas de la reserva

Los biomas boscosos dentro o fuera de esquemas de conservación se encuentran sujetos a procesos de deterioro que van desde la extracción de los recursos naturales hasta la transformación completa de los ecosistemas, esto se agrava si se considera que los procesos negativos de CCUS comprometen la estructura y función de los ecosistemas. De ahí la importancia de evaluar la dinámica de cambio en las subzonas de la RBTC, ya que el éxito de los objetivos de conservación depende del mantenimiento de la cobertura de la vegetación nativa (Carey *et al.*, 2001; Figueroa *et al.*, 2009; Figueroa y Illoldi-Rangel, 2011). Diversos estudios han evaluado la dinámica del CCUS al interior de las ANP y su capacidad para contener los procesos de deforestación (Figueroa et al., 2011; Figueroa and Sánchez-Cordero, 2008; Mas, 2005; Pérez-Vega et al., 2016). Sin embargo, este tipo de investigaciones resulta necesaria para adecuar las acciones de política pública ambiental y adaptar las estrategias para favorecer la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales dentro de las ANP. La dinámica de cambio en las subzonas de la RBTC refleja lo siguiente: a) un diagnóstico del estado de conservación de las ANP a través del análisis de los procesos de CCUS que se dan en su interior; b) un análisis comparativo entre las tasas de cambio en las ANP y sus áreas circundantes y; c) el entendimiento de los factores asociados a su manejo (Figueroa y Illoldi-Rangel, 2011; Mas, 2005). Estas características brindan herramientas para evaluar si las estrategias de conservación y aprovechamiento de los bosques deben mantenerse o replantearse.

La deforestación de la cobertura boscosa a nivel regional en el primer periodo y una disminución del proceso en el segundo periodo está reportada en estudios previos, incluso una recuperación en diversas subzonas de la RBTC (Figueroa et al., 2011). A partir de tales resultados se sugiere que el establecimiento de la RBTC funcionó como una estrategia viable de política pública ambiental para la conservación de los bosques de encino debido a que

recuperaron su cobertura en diversas áreas de la RBTC (Figuroa et al., 2011). Sin embargo, en términos generales en las cercanías de las localidades estudiadas los resultados muestran que el patrón de degradación permanece e incluso es el proceso más relevante en diversas subzonas de la RBTC.

La zonificación de una RB determina el grado de conservación y representatividad de los ecosistemas, la tendencia actual y potencial del terreno se encuentra en función de los objetivos dispuestos en la declaratoria (Mas and Pérez-Vega, 2005; Pérez-Vega et al., 2016). Por lo tanto, las estrategias establecidas en cada plan de manejo de una RB permiten un patrón de conservación y aprovechamiento diferenciado en cada una de las distintas subzonas. Por ejemplo, la degradación, la deforestación y la recuperación no presentaron un registro homogéneo a lo largo de la RBTC, sino que se sugiere que las subzonas limitan o promueven el aprovechamiento de los recursos a lo largo de la región, el cual en primera instancia en su principal objetivo.

En La Estancia, el área que presentó mayor degradación de bosque de encino cerrado en todo el periodo es la que ahora corresponde a la Zona de influencia, seguida del área que ahora corresponde a la subzona de Uso tradicional, la subzona de Aprovechamiento sustentable de ecosistemas y finalmente, la menos impactada por la degradación es, la subzona de Preservación. En la Zona de influencia y Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas es posible realizar actividades de aprovechamiento forestal siempre que sean sostenibles (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013), sin embargo, esta condición no se observa en ninguna ya que las pérdidas por degradación y deforestación del bosque de encino cerrado (86 ha) son mayores que la recuperación (20 ha) suscitada. Esta tendencia es proporcionalmente similar en los dos periodos, pero los procesos presentan valores más elevados en el segundo periodo. En la subzona de Uso tradicional y de Preservación está permitido el uso de leña para fines domésticos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013), sin embargo, la actividad es intensiva en la subzona de Uso tradicional y la degradación y la deforestación son mayores (39 ha) que la recuperación (22 ha). El área de preservación es la que recibe menor impacto negativo (10 ha), incluso el balance es positivo ya que se recuperó más bosque de encino (14 ha).

En Ixcatlán, contrario a lo ocurrido en La Estancia, la subzona de Preservación es la

subzona de mayor degradación de bosque de encino cerrado en todo el periodo, seguida de la subzona de Uso tradicional. Aunque la extracción de leña para uso doméstico es permitida en ambas subzonas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013), la actividad no es sostenible ya que es mayor la pérdida que la recuperación del bosque de encino cerrado. Esto se contrapone con los objetivos de mantenimiento de los ecosistemas y a largo plazo representa un problema ambiental que llevará a los bosques a su eliminación y a la reducción de los servicios ecosistémicos que aportan. La zona de Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas es la que otorga mayores posibilidades de aprovechamiento y donde se estipula que la frontera agrícola no gane mayor territorio, es decir, las actividades a realizar deben ser sostenibles (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013), situación que no se suscita ya que por degradación y deforestación se han perdido 77 ha, mientras que solo se han recuperado 36 ha. Los resultados contrastan con lo reportado para la RB Sierra Gorda en Guanajuato donde se reportó que las zonas de Preservación, Uso tradicional y Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas mostraron las mayores tasas de recuperación; lo que podría interpretarse como un impacto positivo del área protegida (Pérez-Vega et al., 2016). Así como una capacidad diferenciada para promover la recuperación asociada a zonas mayormente destinadas a la conservación. Esto abre el debate sobre la notable capacidad de la RBTC para contener la degradación a la que están sujetas las áreas aledañas a las localidades estudiadas.

Una consideración relacionada a la subzonificación es la necesidad de redefinir los límites de las subzonas de las ANP para permitir la inclusión de la mayoría de las áreas de importancia biológica y cultural. Esta redefinición ha sido propuesta para la RB Sierra Gorda, Guanajuato donde se considera que existe una exclusión de áreas de valor biológico (Pérez-Vega et al., 2016). Esto coincide con lo observado para la RBTC donde los límites de las subzonas no están definidos con precisión ya que muestran trazos irregulares que no están acordes con la disposición del territorio (*e.g.* parten ríos o localidades).

Estudios previos en la RB Sierra Gorda, Guanajuato evaluaron que la cobertura bosque de encino disminuyó 3.6% (539 hectáreas) en el periodo 2004-2011. Al mismo tiempo, se registraron altas tasas de recuperación, pasando de cubierta arbórea media a cerrada (Pérez-Vega et al., 2016). Otro estudio similar en la RB Sierra de Manantlán presentó

que, en el periodo 2000-2008, se obtuvo una tasa de cambio de -0.21% de bosque mixto (encino-pino), donde la pérdida se debió a la fuerte expansión ganadera que promovió la deforestación (Pérez-Vega et al., 2016).

Los resultados de CCUS sugieren que el decreto de la RBTC en 1998 aunque incide en la contención de la deforestación y el favorecimiento de la recuperación a nivel regional, no detienen el aprovechamiento a nivel local pues la degradación prevalece, incluso se intensificó posterior al decreto en las localidades estudiadas.

3.5. Conclusiones

En los bosques de encino aledaños a las dos localidades evaluadas en la RBTC el proceso de cambio de mayor impacto en los dos periodos de estudio (1979-1995; 1995-2017) es la degradación, seguida de la recuperación y finalmente la deforestación. Las causas de la degradación se asocian a actividades tales como la recolección/extracción de leña, la agricultura y la ganadería. Sin embargo es importante analizar las causas desde mecanismos más detallados. La recuperación de los bosques de encino se realiza de manera pasiva, por lo cual debe considerarse como una estrategia para el cumplimiento de los objetivos de conservación del área protegida. El decreto como ANP no cumple cabalmente con los objetivos de conservación del bosque de encino en las áreas boscosas aledañas a las localidades. La subzonificación no promueve las actividades de aprovechamiento sostenibles y compromete a largo plazo los servicios ecosistémicos del bosque, en particular en Ixcatlán.

Los mecanismos empleados para abordar los CCUS en este estudio son eficientes para ubicar espacialmente los procesos de degradación, recuperación y deforestación. Por lo tanto, deben continuar los esfuerzos para detectar las causas que promueven cada uno de los procesos de cambio para instaurarlos como estrategias de manejo, conservación, aprovechamiento y restauración de los bosques de encino en la RBTC.

3.6. Literatura citada

- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez Carbonell, D., 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, in: CONABIO (Ed.), Conservación de La Biodiversidad En México. pp. 385–431.
- Block, S., Meave, J.A., 2015. Structure and diversity of oak forests in the El Tepozteco National Park (Morelos, Mexico). *Bot. Sci.* 93, 429–460.
<https://doi.org/10.17129/botsci.150>
- Bong, I.W., Felker, M.E., Maryudi, A., 2016. How Are Local People Driving and Affected by Forest Cover Change ? Opportunities for Local Participation in REDD + Measurement , Reporting and Verification 1–17.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145330>
- Burgos, A., Maass, J.M., 2004. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104, 475–481.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.038>
- Carey, E., Sala, A., Keane, R., Callaway, R., 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks ? *Glob. Chang. Biol.* 7, 339–344.
- Chazdon, R.L., 2014. *Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation.* University of Chicago Press, Yokohama, Japan.
- Crk, T., Uriarte, M., Corsi, F., Flynn, D., 2009. Forest recovery in a tropical landscape: what is the relative importance of biophysical, socioeconomic, and landscape variables? *Landsc. Ecol.* 24, 629–642. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9338-8>
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2010. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe nacional. México.* FRA2010/132. Roma, Italia.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1995. *Forest resources assessment 1990 Tropical forest plantation resources.* FAO, Rome, Italy.
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodivers. Conserv.* 17, 3223–3240.
<https://doi.org/10.1007/s10531-008-9423-3>
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., 2011. Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? *Rev. Mex. Biodivers.* 82, 951–963.
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J. a., Trejo, I., 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environ. Conserv.* 36, 180. <https://doi.org/10.1017/S0376892909990221>
- Gao, Y., Ghilardi, A., Mas, J., Quevedo, A., Skutsch, M., Gao, Y., Ghilardi, A., Mas, J., Quevedo, A., 2018. Assessing forest cover change in Mexico from annual MODIS VCF data (2000 – 2010). *Int. J. Remote Sens.* 00, 1–18.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1479789>
- Gómez-Pompa, A., 1985. *Los recursos bióticos de México: reflexiones.* Alhambra

Mexicana.

- Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones cálidas húmedas de México, in: Gómez-Pompa, A., Del Amo, S. (Eds.), *Investigaciones Sobre La Regeneración de Selvasaltas En Veracruz, México*. Vol II. Alhambra, México, D. F., pp. 1–25.
- Guerra-Martínez, F., Garcia-Romero, A.G., Cruz-Mendoza, A., Osorio, O.L.P., 2019. Regional analysis of indirect factors affecting the recovery, degradation and deforestation in the tropical dry forests of Oaxaca, Mexico. *Singap. J. Trop. Geogr.* 40, 387–409. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12281>
- INEGI, 2015. Mapa de uso del suelo y la vegetación, serie 5, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- Kleemann, J., Baysal, G., Bulley, H.N.N., Fürst, C., 2017. Assessing driving forces of land use and land cover change by a mixed-method approach in north-eastern Ghana, West Africa. *J. Environ. Manage.* <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.053>
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Folke, C., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Glob. Environ. Chang.* 11, 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Luna-José, A., Montalvo-Espinosa, L., Rendon-Aguilar, B., 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Botánica Económica y Etnobotánica* 72, 107–117.
- Martínez-Cruz, J., Téllez-Valdés, O., Ibarra-Manríquez, G., 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 80, 145–156.
- Mas, J., Lemoine-Rodríguez, R., González, R., López-Sánchez, J., Piña-Garduño, A., Herrera-Flores, E., 2017. Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera Bosques* 23, 119–131. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>
- Mas, J.F., 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environ. Monit. Assess.* 105, 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
- Mas, J.F., Flamenco-Sandoval, A., 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *Geotrópico* 1–24.
- Mas, J.F., Pérez-Vega, B.A., 2005. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). *Gac. Ecológica, UNAM* 74, 5–14.
- Mas, J.F., Velázquez, A., Couturier, S., 2009. La evaluación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la República Mexicana. *Investig. Ambient.* 1, 23–39.

- Merino, L., 2003. Procesos de uso y gestión de los recursos naturales-comunes, in: Sánchez, O., Vega, E., Peters-Recagno, E., Monroy, O. (Eds.), *Conservación de Los Ecosistemas Templados de Montaña En México*. SEMARNAT, México, D. F., pp. 63–76.
- Moreno-Sánchez, R., Buxton-Torres, T., Sinbernagel, K., 2014. Fragmentation of the forests in Mexico: national level assessments for 1993, 2002 and 2008. *Rev. Int. Estadística y Geogr.* 5, 4–17.
- Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B.L., 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Rev. Ecosistemas* 21, 74–84. <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>
- Osorio-Olvera, L.P., García-Romero, A., Couturier, S.A., Guerra-Martínez, F., 2020. Regional analysis of the change factors in the oak (*Quercus* sp.) forest cover in the Tehuacán-Cuicatlán region, Mexico. *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient.* 26, 189–205. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.04.027>
- Osorio, O.L.P., Mas Caussel, J.F., Guerra, F., Maass, M., 2015. Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investig. Geográficas* 60–74. <https://doi.org/10.14350/rig.43853>
- Pérez-Vega, A., Regil-García, H., Boni-Nóñez, A., Farfán-Gutiérrez, M., Rocha-Álvarez, F., Magaña-Cota, G., 2016. Valoración de la subzonificación del plan de manejo en la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda Guanajuato. *Acta Univ.* 26, 45–61. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1538>
- Pontius, R.G., Shusas, E., McEachern, M., 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agric. Ecosyst. Environ.* 101, 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Rojo, T., 2018. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020 [WWW Document]. FAO. URL <http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s00.htm#TopOfPage>
- Rosete-Vergés, F., Pérez-Damián, J.L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E.N., Salinas-Chávez, E., Remond-Noa, R., 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20, 21–35.
- Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. Com. Nac. para el Conoc. y Uso la Biodiversidad, 504.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán Zonificación, SEMARNAT; C. ed.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2002. Review of the status and trends of, and major threats to, the forest biological diversity. CBD Technical Series no. 7, Montreal, Canada.
- Tempfli, K., Kerle, N., Huurneman, G.C., Janssen, L.L.F., Bakker, W.H., Feringa, W., Gieske, A.S.M., Gorte, B.G.H., Grabmaier, K.A., Hecker, C.A., Horn, J.A.,

Huurneman, G.C., Janssen, L.L.F., Kerle, N., Meer, F.D. Van Der, Parodi, G.N., Pohl, C., Reeves, C. V, Ruitenbeek, F.J. Van, Schetselaar, E.M., Tempfli, K., Weir, M.J.C., Westinga, E., Woldai, T., 2009. Principles of Remote Sensing, ITC. ed.

Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., Palacio, J., 2001. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gac. Ecológica*, UNAM 62, 21–37.

Villaseñor, J.L., 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín la Soc. Botánica México* 75, 105–135.

Capítulo IV. Conductores del cambio de cobertura del bosque de encino a partir del enfoque de medios de vida en dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán

4.1. Introducción

El marco medio de vida ha sido reconocido como un mecanismo para evaluar las diferentes estrategias –o conjunto de actividades económicas *e.g.* extracción de leña, pastoreo de ganado, comercio, agricultura– que desarrollan los hogares de poblaciones rurales para enerar medios de subsistencia (Babigumira et al., 2014; Zora et al., 2000).

Los medios de vida dependen de las capacidades y los capitales requeridos por los hogares para desarrollar diferentes estrategias de subsistencia. La definición más amplia de medio de vida considera como entradas a los recursos o activos necesarios para la realización de diferentes actividades de subsistencia (mediado por instituciones y redes sociales) (F. Ellis, 1998; Robert Chambers, 1991). En este sentido, un activo se refiere a las bases sobre las cuales los hogares pueden emprender y participar en las diferentes actividades económicas que desarrollan.

La elección de una estrategia de medio de vida en un hogar depende de los capitales presentes y de las características socioeconómicas, del acceso y el derecho a las dotaciones ambientales a su disposición (Kamwi et al., 2015); en este sentido se pueden distinguir cinco tipos de capitales: humano, financiero, físico, social y natural.

a) Capital humano. Incluye aspectos demográficos como la educación del hogar, la edad, el tamaño de la familia y el género; estos aspectos son relevantes debido a que los mayores niveles educativos tienden a proporcionar medios de vida no agrícolas, en tanto que los hogares de más edad pueden tener acceso a otro tipo de activos que facilitan el contrato de mano de obra o la disposición de incentivos económicos para el desarrollo de la actividad agropecuaria (Babigumira et al., 2014); además se ha revelado que personas en grupos de edades productivas (*e.g.* entre 14 y 49 años) tienen un mejor acceso a los activos que proveen mayor capacidad física para talar bosques (Babigumira et al., 2014).

b) Capital financiero. Comprende los factores económicos, tales como los suministros de crédito, las pensiones regulares, las remesas, los ahorros en efectivo y el acceso a créditos a través de fuentes formales e informales (Dehghani et al., 2018).

c) Capital físico. Incluye todos los activos productivos que posee el hogar (tierra, ganado y herramientas), así como los activos comunes a los que tiene acceso (carreteras, infraestructura de comunicación) (Babigumira et al., 2014).

d) Capital social. Se ha empleado para explicar cómo las relaciones entre personas facilitan la actividad productiva (Goulden et al., 2013), la vinculación entre individuos y la pertenencia de un grupo social a los recursos forestales; además, incluye a los lazos de familia, parentesco o amistad, que crean o facilitan relaciones de confianza entre los miembros del hogar y de la comunidad; este tipo de capital se ha utilizado para entender las estrategias de los ejidos, mediante el conocimiento de la participación de los miembros del hogar en tareas comunes, y del asesoramiento o la asistencia recibida en respuesta a eventos climáticos (Anderson, Clark, & Sheldon, 2014; Goulden et al., 2013).

e) Capital natural. Integra toda la dotación ambiental y los recursos naturales (*e.g.* agua, vegetación) (Babigumira, Angelsen, Bauch, et al., 2014; Ellis, 1998); cuando estos se agotan los hogares pueden responder modificando las estrategias que utilizan o, en caso extremo, migrando, lo que reduce la presión sobre los bienes naturales (Castillo et al., 2018; Varela, Ocegueda, & Ponce, 2000).

El impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas depende de múltiples factores que pueden ser resultado de las condiciones ambientales de cada región, por ejemplo, del tipo de vegetación, el estado de conservación, la accesibilidad a los recursos, entre otros; factores tales como el tipo composición del hogar (edad, género, tamaño de la familia), procesos de migración, económicos y sociales (Babigumira et al., 2014; Bremer, Farley, Lopez-Carr, & Romero, 2014; Guillermo Castillo, 2014; Sunderlin et al., 2005) son asimismo determinantes del impacto. Esta perspectiva dirige la investigación hacia el entendimiento de los conductores directos, biofísicos y socioeconómicos, relacionados al proceso de deforestación y recuperación de la vegetación (Crk et al., 2009; Hosonuma et al., 2012; Osorio et al., 2015). En este sentido, nos referimos a un conductor como aquel que puede incidir de manera directa o indirecta en la elección de los diferentes capitales de medios de vida y, por lo tanto impactar sobre el proceso de cambio de cobertura (Masunungure & Shackleton, 2018)

En el caso de la RBTC, el ambiente de los bosques de encino ofrece importantes recursos para las poblaciones rurales, debido a la gran variedad de usos y aprovechamientos que se les pueden dar, tales como la actividad agropecuaria, la extracción de leña y carbón (Rzedowski, 2006b), así como el empleo de plantas de uso medicinal, alimenticio, artesanal, de forraje para la alimentación de ganado y de taninos para curtir la piel (Luna-José et al.,

2003). Estas actividades proporcionan un importante medio de vida para las comunidades locales, razón por la cual es necesario identificar las diferentes actividades que desarrollan las comunidades rurales sobre sus ecosistemas e identificar los conductores que se asocian al cambio de cobertura y usos del suelo en los bosques de encino.

Los estudios a nivel local desde una perspectiva de medios de vida son esenciales para identificar los diferentes factores biofísicos y socioeconómicos que conducen al desarrollo de diferentes estrategias de medios de vida y cómo estos impactan sobre procesos como la deforestación, degradación y recuperación de la vegetación (Zora et al., 2000)

Los objetivos de este capítulo son los siguientes: 1) describir los medios de vida de dos localidades que emplean los bosques de encino en la RBTC y; 2) determinar los conductores de los medios de vida que promueven el cambio de cobertura del bosque de encino en dos localidades de la RBTC.

4.2. Material y método

4.2.1. Selección de localidades de estudio

Se seleccionaron dos localidades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán pertenecientes al estado de Oaxaca para analizar los medios de vida y los conductores del cambio de cobertura del bosque de encino: La Estancia, localidad perteneciente al municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca (ubicada en las coordenadas 17°38' N, 97°09' O y 17°49' N, 97°25') y la localidad Santa María Ixcatlán cabecera del municipio del mismo nombre (ubicada en las coordenadas 17°47' N, 96°58 O y 17°57' N, 97°15' O).

El municipio San Juan Bautista Coixtlahuaca posee una altitud que va entre los 2000 y 2800 m snm, incluyendo sierra de cumbres tendidas (62.80%) y sierra baja compleja con cañadas (36.87%), ambas con afloramiento de sedimentos aluviales del cuaternario. Los suelos que predominan en el municipio son de tipo luvisol (43.15%), leptosol (39.12%), phaeozem (9.87%), regosol (5.00%) y vertisol (2.86%) (INEGI, 2005a). El rango de temperatura se encuentra entre 14 y 18°C, lo que incide en un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación y uso del suelo del municipio está conformada principalmente por bosque de encino 12,239 ha (43.4%), agricultura de temporal 6,306 ha (22.3%), pastizal inducido 5,582 ha (19.8%), chaparral 1,467 ha (5.2%), sin vegetación aparente 1,289 ha (4.6%), bosque de encino-pino 1,223 ha (4.3%) y uso urbano-construido

119 ha (0.4%). El municipio cuenta con 34 localidades y una población total de 2 863 habitantes (INEGI, 2005a).

El área de estudio (localidad La Estancia) cuenta con paisajes de bosque de encino, bosque de enebro, zonas agrícolas y sin vegetación. No obstante, estas zonas se caracterizan por tener suelos degradados, los cuales han derivado de la tala selectiva para la obtención de leña y el abandono de tierras de uso agrícola. Las pendientes en la zona van de 0° a 38°. La localidad tiene una población total de 241 habitantes y un total de 74 viviendas particulares habitadas (INEGI, 2011). Las condiciones de accesibilidad a la localidad son deficientes debido a que solo se cuenta con un camino de terracería para acceder a su población, no existe transporte público, siendo los automóviles particulares y los taxis los principales medios de transporte. Los servicios educativos son básicos, ya que solo se cuentan con educación preescolar y primaria; mientras que, en cuanto a los servicios de salud, la localidad requiere trasladarse a la cabecera municipal (Coixtlahuaca) para disponer de los mismos.

El municipio Santa María Ixcatlán presenta un rango altitudinal que va de 500 a 2800 m snm, comprendiendo sierras de cumbres tendidas (84.42%) y valle ramificado con lomerío (15.58%), ambas correspondiente al periodo Cretácico y Cuaternario. En el municipio se desarrollan suelos de tipo phaeozem (76.51%), regosol (11.07%), fluvisol (5.45%), chernozem (4.68%), luvisol (2.21%) y leptosol (0.08%) (INEGI, 2005b). El rango de temperatura varía entre 14 y 26°C, lo que promueve un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación del municipio está constituida en su mayoría por bosque tropical seco 9,858 ha (51.5%), seguida de la cobertura bosque de encino 7,832 ha (40.92%), los usos del suelo están conformados principalmente por agricultura de temporal 900 ha (4.70%), agricultura de riego 384 ha (2%) y pastizal inducido 165 ha (0.86%). El municipio cuenta con dos localidades y una población total de 573 habitantes (INEGI, 2005b).

El área de estudio (localidad Santa María Ixcatlán) está representada por paisajes de bosque de encino, enebro, zonas de plantación de ocote, áreas agrícolas y sin vegetación derivada de la tala selectiva para la extracción de leña para autoconsumo. La altitud en la zona varía entre los 1680 msnm hasta los 2680 msnm, con pendientes que van de 0° hasta los 50°. La localidad cuenta con una población total de 516 habitantes y un total de 175 viviendas particulares habitadas (INEGI, 2011). Las condiciones de accesibilidad son deficientes debido a que solo se cuenta con un camino de terracería para acceder a la

población, sin embargo, no hay transporte público, siendo los automóviles la única forma de transporte. Los servicios educativos son deficientes, ya que solo se cuentan con educación preescolar, primaria y secundaria. La localidad requiere desplazarse a la cabecera municipal de Coixtlahuaca para disponer de mayores servicios educativos y de salud.

4.2.2. Actividades económicas representadas en los medios de vida de las localidades La Estancia y Santa María Ixcatlán.

La caracterización de los medios de vida relevantes en las localidades La Estancia y Santa María Ixcatlán se realizó a través de cinco etapas: 1) revisión de la literatura para clasificar las actividades de los medios de vida por categoría (Loison, 2015); 2) elaboración y aplicación de entrevistas semiestructuradas a actores clave; 3) elaboración y aplicación de encuesta; y 4) descripción de los medios de vida y análisis estadístico para identificar los conductores de los medios de vida y su relación con los cambios de cobertura.

La revisión de literatura y las entrevistas semiestructuradas a actores clave, permitieron agrupar los diferentes medios de vida por sector de actividad en las localidades en cuestión de la siguiente manera:

- a) **Agricultura.** Comprende la producción agrícola de maíz, frijol, trigo y sorgo.
- b) **Ganadería.** Incluye la cría de ganado bovino, ovino, caprino y mular para autoconsumo y venta.
- c) **Extracción forestal (bosque de encino).** Implica la extracción de leña para cocinar y para la elaboración de pan, además de productos no maderables, principalmente hojarasca y resina.
- d) **Actividades jornaleras.** Se refiere a jornadas laborales para el trabajo de campo (cuidado de ganado, limpieza del terreno, barbecho, siembra y cosecha). Se incluyen las actividades organizadas por la RBTC a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas que pueden ser pagadas por día y con duración de hasta 6 meses.
- e) **Comercio.** Incluye como principal actividad económica la posesión de tiendas de abarrotes.

- f) **Elaboración de artesanías.** Consiste en la elaboración de artesanías obtenidas a partir de la palma *Brahea nitida*, que se emplea para la confección de sombreros, petates y cestos.

4.2.3. Elaboración y aplicación de entrevistas semiestructuradas

A partir de la estrategia de bola de nieve se aplicaron entrevistas semiestructuradas. La estrategia consiste en entrevistar a los actores clave y acumular la información relacionada a los medios de vida de las localidades. Los actores que participaron fueron: representantes de bienes comunales, exagentes municipales, personal administrativo municipal, mujeres y hombres que trabajan dentro de la comunidad en la vigilancia y proyectos relacionados con la RBTC (director de la RBTC, coordinadores de proyectos). Las entrevistas fueron realizadas entre el 17 y 22 de noviembre de 2017.

La entrevista semiestructurada consiste en un diálogo entre el entrevistador y el entrevistado. El entrevistador elabora una guía de asuntos o preguntas que le realiza al entrevistado, sin embargo, no todas las preguntas son predeterminadas, sino que el entrevistador cuenta con la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener más información sobre los temas deseados (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista, 2010).

Para indagar en el tema de cambio de cobertura y uso del suelo, las preguntas se centraron en identificar los procesos de cambio (deforestación, degradación y recuperación), así como reconocer las principales variables conductoras del cambio de cobertura en la RBTC. A partir de la información obtenida con las entrevistas se identificaron las actividades económicas representadas en los medios de vida y se determinaron las variables explicativas a incluir en las encuestas para el análisis de los conductores asociados a los cambios de cobertura del bosque de encino.

4.2.4. Tamaños de muestra, elaboración y aplicación de encuestas

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del año 2010, la población de Ixcatlán era de 516 habitantes con un total de 175 viviendas existentes; La Estancia presentó una población de 241 habitantes con un total de 74 viviendas habitadas. El número de encuestas

a aplicar se determinó a partir del cálculo del tamaño de muestra, el cual se obtuvo del número de viviendas y aplicando la siguiente fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + K^2 * p * q}$$

donde,

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos. Para este estudio se usó un 90% de nivel de confianza.

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos a toda la población.

p: es la proporción de individuos que posee la característica de estudio en la población. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas a aplicar).

La aplicación de las encuestas permitió la recolección de datos a partir de un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. El principal objetivo de la encuesta fue comprender la dependencia de las dos localidades de la RBTC hacia los bosques de encino. La encuesta incluyó la incorporación de las variables que inciden en los procesos de cambio de cobertura (Cuadro 12). De acuerdo con la fórmula para determinar el tamaño de muestra, para La Estancia se aplicaron un total de 38 encuestas entre el 1 y 4 de noviembre de 2018, y 43 encuestas en la localidad Santa María Ixcatlán entre el 15 y 18 de diciembre de 2018 (Anexo 1).

Cuadro 12. Variables incluidas en la encuesta para evaluar la dependencia de las localidades en estudio respecto de los bosques de encino. Están indicadas con * las variables que fueron ingresadas en los modelos para analizar su efecto sobre los medios de vida.

Capital	Factor	Variabes
Humano	Demográfico	Tamaño del hogar*
		Miembros entre 0 a 20 años*
		Miembros entre 21 a 40 años*
		Miembros entre 41 a 60 años*
		Miembros entre 61 años y más*
	Escolaridad del hogar*	
	Migración	Número de miembros que emigraron*
		Motivo emigración*
		Envío de remesas*
		Inversión de las remesas*
Periodo de abandono de tierras agrícolas		
Físico	Económico	Proporción de hogares que realizan actividades agropecuarias
		Producción agrícola obtenida*
		Destino de la producción agropecuaria
		Distancia del hogar a las parcelas agrícolas*
		Tiempo de pastoreo del ganado desde el hogar*
		Tiempo del hogar al pastoreo de ganado
		Número de cabezas de ganado*
		Modo de alimentación del ganado
Natural	Económico	Kilogramos obtenidos de leña al mes por familia*
		Modo de transporte de la leña
		Tiempo del hogar para ir a extraer leña*
		Percepción del estado del bosque de encino en los dos periodos de estudio (1979-1995; 1995-2017).
Financiero	Económico	Participa en Procampo*
		Participa en Prospera*
		Participa en programa de adultos mayores*
		Participa en programas de Conafor y/o Conanp*

4.2.5. Análisis estadístico para la identificación de conductores de los procesos de cambio de cobertura del bosque de encino

Para identificar los conductores que inciden en los medios de vida y que promueven el cambio de cobertura del bosque de encino se desarrolló el siguiente procedimiento: 1) las variables dependientes (*e.g.* estrategias de medios de vida) se transformaron y sistematizaron como variables binarias/dicotómicas (*e.g.* 0= no adopta el medio de vida; 1= sí adopta el medio de vida); 2) se seleccionaron variables independientes a partir de un análisis de correlación con dos propósitos: primero describir la relación entre las variables y segundo reducir la dimensionalidad y descartar variables con una correlación igual o mayor a 0.7; 3) se realizó una serie de regresiones logísticas (modelos lineales generalizados [GLM]) de tipo binomial, con una función *logit*, empleando el criterio AICc corregido para un tamaño de muestra pequeño, para la selección de los mejores modelos (Crawley, 2007), esto con la finalidad para identificar la contribución de uno o más factores asociados con la variable dependiente. Para los mejores modelos se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para modelos lineales generalizados, lo cual indica la proporción de la variación explicada por cada modelo. Los pesos de las variables más relevantes en cada modelo fueron sumados para determinar las variables explicativas con mayor importancia para el medio de vida.

4.3. Resultados

4.3.1. Ingreso al ambiente

En las dos localidades visitadas se solicitaron los permisos correspondientes para realizar las actividades de este estudio. Para este fin, se presentó el proyecto ante las autoridades y diversos miembros de la comunidad. Se establecieron relaciones de confianza y vínculos que facilitaron el apoyo de la comunidad para la realización del proyecto. Los comisarios de bienes comunales les comunicaron a los integrantes de la comunidad nuestras intenciones y otorgaron los permisos correspondientes. Se entrevistaron actores clave como comuneros, exagentes municipales y comisarios de bienes comunales. Con el apoyo de los integrantes de la comunidad se realizaron recorridos de campo para la ubicación de las áreas de aprovechamiento (agricultura y ganadería) y de las áreas de recuperación de la vegetación. Las entrevistas aplicadas permitieron indagar sobre el estado actual de los bosques de encino

y la percepción de los locatarios con respecto a los factores que inciden en la deforestación y la recuperación del bosque de encino.

4.3.2. Situación socioeconómica general, desde la visión de los actores clave

Los actores clave entrevistados en las localidades coinciden en su opinión sobre diversos aspectos, entre los que destacan los siguientes: 1) el ganado es una de las principales presiones que afectan a los bosques de encino, ya que diariamente ingresan alrededor de 3,000 cabezas de ganado (ovino, caprino), lo que favorece la degradación e inhibe la regeneración de los bosques; 2) la migración es un factor que ha promovido la recuperación del bosque de encino; 3) las comunidades continúan haciendo uso de la leña de encino con fines domésticos, promoviendo con ello la pérdida de la cobertura, sin embargo, tras el decreto de la RBTC se ha observado una incipiente concientización para favorecer el uso de leña muerta en lugar de leña viva como era antes del decreto; 4) acontece en el área una disminución de la población debido a la “falta de oportunidades”, lo que ha permitido reducir la presión sobre el bosque de encino; 5) las comunidades están afectadas por la pérdida de sus lenguas indígenas (ixcateco y cuicateco), y señalan como razón histórica la necesidad de comunicarse con otras localidades no parlantes de su lengua; 6) las comunidades participan en las labores de conservación del bosque de encino mediante el Programa de Pago por Servicios Ambientales, lo que permite un ingreso para la vigilancia y monitoreo de los recursos naturales; 7) las localidades tratan de apegarse a las normativas del uso de la tierra y la conservación de los bosques promovidas por las autoridades de la RBTC.

4.3.3. Principales actividades de la comunidad en los medios de vida

Los resultados de las entrevistas mostraron que las principales actividades incluidas en las estrategias de medios de vida en La Estancia fueron la extracción de la leña para cocinar, la agricultura, la ganadería y el comercio. Por su parte, en Ixcatlán las principales actividades fueron la extracción forestal, la agricultura, la ganadería y la elaboración de artesanías a partir de la palma.

4.3.4. Capitales y activos en las estrategias de medios de vida

Los resultados de las encuestas indicaron los principales capitales que inciden en el desarrollo de las diferentes actividades económicas que desarrollan las localidades. De esta manera, se pudieron distinguir cuatro tipos de capital en ambas localidades: humano (principalmente representados por los factores demográficos y de migración [donde se incluyó el capital financiero representado por las remesas]), físico (representado por los activos productivos como el ganado y las tierras), financiero ([donde se incluyó los factores económicos derivados de programas de apoyo al campo, participación programas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas a través de la RBTC y programa de adultos mayores]) y natural (dependencia de los recursos forestales).

4.3.4.1. Capital humano: factor demográfico en La Estancia y Santa María Ixcatlán

El capital humano está conformado por factores demográficos de composición del hogar e integra variables como el género, la edad, el tamaño y la escolaridad del hogar.

En la localidad La Estancia, se contemplaron un total de 206 personas en las encuestas; el promedio de habitantes por vivienda en la localidad fue de cinco personas. De los hogares encuestados (n= 37) el 67.5% (n= 25) fueron mujeres y el 32.5% (n= 12) hombres. El promedio de edad de los entrevistados fue de 60 años.

En la localidad Santa María Ixcatlán, se contemplaron un total de 194 personas en las encuestas, el promedio de habitantes por vivienda fue de cuatro personas. De los encuestados el 55.81% (n= 24) son hombres y el 44.18% (n= 19) mujeres. El promedio de edad de los entrevistados es de 49 años.

Respecto al grupo de edades en las localidades de estudio. En la localidad La Estancia, la edad de los integrantes del hogar se agrupó de la siguiente manera: el 24.75% (n= 50) cuenta entre 0 y 20 años de edad, el 29.2% (n= 59) presenta entre 21 y 40 años de edad, el 32.17% (n= 65) tiene entre 41 y 60 años de edad, mientras que las personas mayores de 60 años de edad ocupan el 13.86% (n= 28) en los hogares de la localidad (Figura 25). En la localidad Santa María Ixcatlán, el grupo de edades se comportó de manera similar. La edad de los integrantes del hogar se agrupó de la siguiente manera: el 24.74% (n= 48) posee entre 0 y 20 años de edad, el 37.62% (n= 73) presenta entre 21 y 40 años de edad, el 28.35% (n=

55) tiene entre 41 y 60 años de edad, mientras que las personas mayores de 60 años de edad ocupan el 9.27% (n= 18) en los hogares de la localidad (Figura 27).

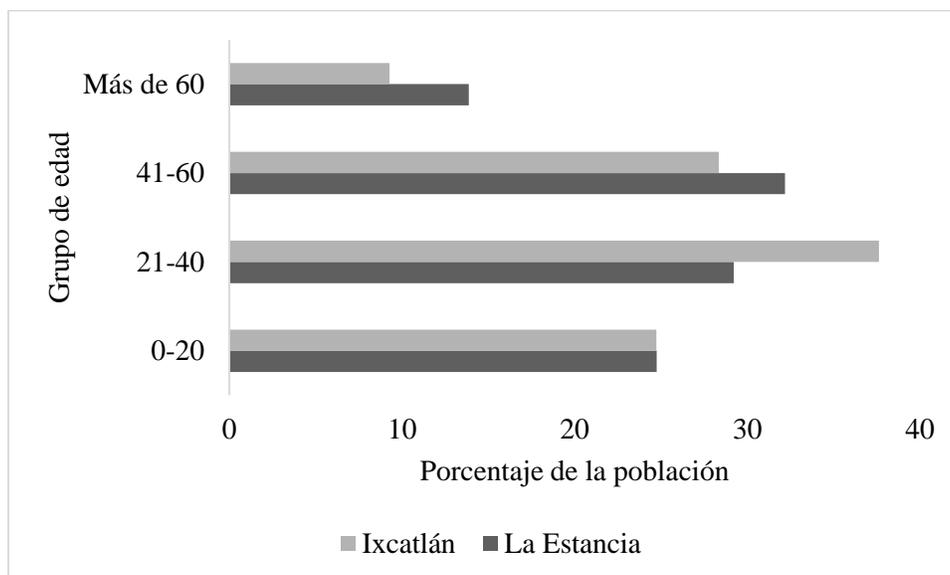


Figura 27. Grupos de edad de los integrantes del hogar en las localidades La Estancia e Ixcatlán.

En lo que respecta al grado de escolaridad del hogar, en la localidad La Estancia, el 68.37% de los entrevistados declaró que únicamente concluyó la primaria, mientras que el 21.63% terminó la secundaria. Además, el grado de escolaridad de los miembros del hogar, incluidas las personas que migraron de la localidad, es el siguiente: el 49.75% (n= 101) concluyó la primaria, el 35.96% (n= 73) terminó la secundaria, mientras que el 9.35% (n= 19) finalizó el bachillerato y solo el 4.92% (n= 10) completó la universidad (Figura 26). En contraste, la localidad Santa María Ixcatlán, el 44.38% de los entrevistados declaró que terminó la secundaria, el 41.86% concluyó la primaria, el 11.62% declaró que no tiene escolaridad y solamente el 2.32% terminó la prepa. El grado de escolaridad de los miembros del hogar, incluidas las personas que migraron de la localidad, es el siguiente: el 55.35% (n= 93) terminó la secundaria, el 39.28% (n= 66) concluyó la primaria, mientras que el 3.57% finalizó el bachillerato y solo el 1.78% (n= 3) completó la universidad (Figura 28).

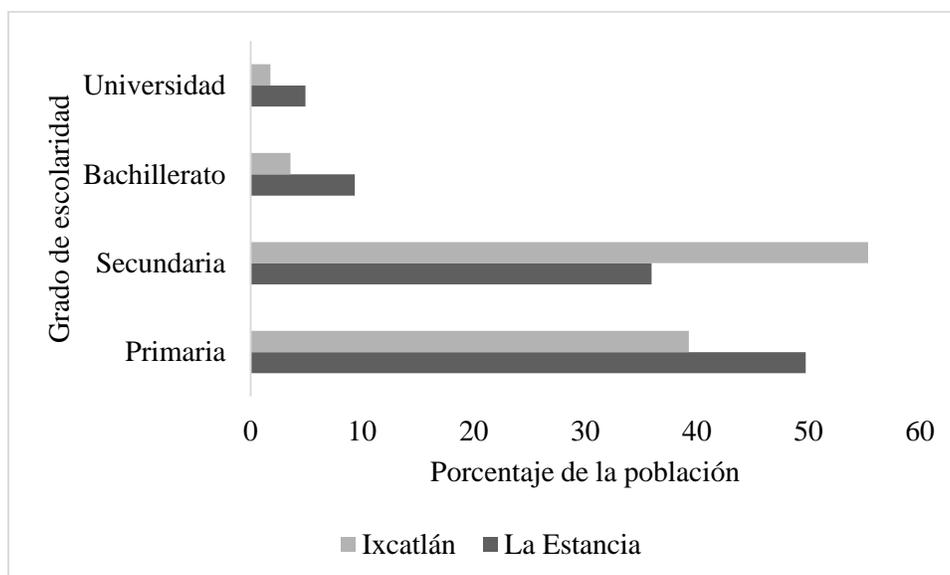


Figura 28. Grado de escolaridad de los integrantes del hogar en las localidades La Estancia e Ixcatlán de la RBTC.

Respecto a las ocupaciones de los entrevistados, en la localidad La Estancia, el 51.35% de las entrevistadas revelaron ser amas de casa, el 21.62% se declararon jornaleros, el 10.81% realizó labores en el campo y el 8.1% se dedicó al comercio a través de tiendas de abarrotes. Además, los integrantes del hogar cuentan con las siguientes ocupaciones: el 26.73% (n= 54) revelaron que son estudiantes, el 25.74% (n= 52) señaló que se dedican a actividades del hogar, el 23.76% (n= 48) indicó que se ocupan en actividades relacionadas con el campo, el 17.82% (n= 36) son jornaleros y el 5.94% (n= 12) son comerciantes (Figura 29).

En la localidad Santa María Ixcatlán, la ocupación de los entrevistados se comportó de la siguiente manera: El 48.83% de los entrevistados señaló que realiza labores en el campo, el 37.20% de las entrevistadas es ama de casa, el 2.32% se dedican a labores de construcción, y el 11.62% se dedica al comercio a través de tiendas de abarrotes. Así mismo, los integrantes del hogar cuentan con las siguientes ocupaciones: el 33.75% (n= 53) se ocupan en actividades relacionadas con el campo, el 31.21% (n= 49) se dedican a actividades del hogar, el 19.10% (n= 30) son estudiantes, el 3.18% (n=5) son jornaleros y el 12.73% (n= 20) son comerciantes (Figura 29).

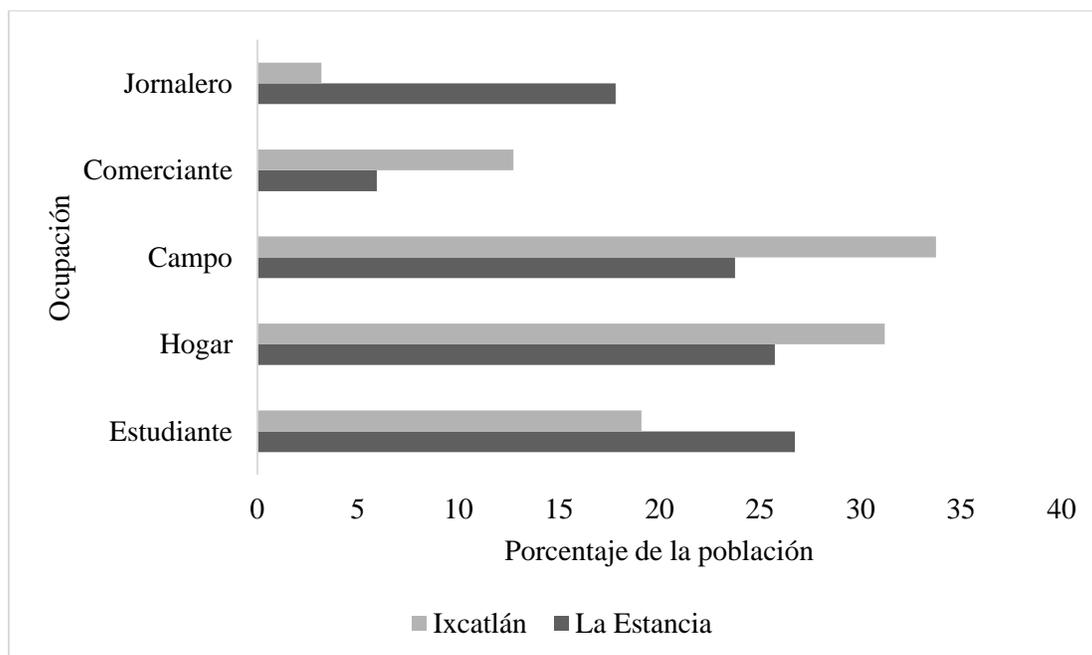


Figura 29. Ocupación de los integrantes del hogar en las localidades de la RBTC.

4.3.4.2. Capital humano: factor migración en La Estancia y Santa María Ixcatlán

Dentro del capital humano, además se detectaron variables correspondientes a factores de migración como la proporción de emigración en el primer periodo previo al decreto (1979-1995) y el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), causas de emigración, envío de remesas y periodo de abandono de tierras.

En particular, en la localidad La Estancia, en los hogares encuestados (n= 37) se observó que en el 83.78% (n= 31) al menos un miembro de la familia emigró de la localidad por la búsqueda de mejores oportunidades de desarrollo (educativo y laboral). En el 38.7% de los hogares indicó que la migración se realizó previamente al decreto de la RBTC, mientras que en el 61.29% (n= 19) la migración se realizó posterior al decreto de la RBTC. A causa de la migración, el 37.83% (n= 14) de los hogares entrevistados abandonó algunas de sus tierras de trabajo. El 35.71% (n= 5) de viviendas indicó que el abandono se suscitó antes de la declaratoria de la reserva, mientras que el 64.28% (n= 9) de viviendas indicó que abandonaron algunas tierras después del decreto. Además, de los integrantes que han

migrado, se encontró que el 89% de los hogares (n=16) recibieron remesas de sus familiares, mientras que el 11% (n=2) no recibieron. Del total de hogares que indicaron que recibieron remesas señalaron que estas se emplearon de la siguiente manera: el 57.14% de los hogares (n= 8) lo destinaron para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, el 28.57% de los hogares (n= 4) invirtió sus remesas en el mejoramiento de sus hogares y el 14.28% de los hogares (n= 2) empleó las remesas para la educación de los miembros más jóvenes de la familia.

En la localidad Santa María Ixcatlán, se observó que en los hogares encuestados (n= 43), en el 67.44% de los hogares (n= 31) al menos un miembro de la familia emigró de la localidad. En el 27.58% (n= 8) de los hogares indicaron que la migración se realizó previamente al decreto de la RBTC, mientras que en el 72.41% (n= 21) la migración se realizó posterior al decreto de la RBTC. Los hogares entrevistados evidenciaron como principales causas de emigración las siguientes: en el 27.90% (n= 12) al menos un miembro de la familia dejó la localidad por la búsqueda de un mejor nivel educativo, mientras que en el 39.53% (n= 17) de las viviendas señalaron que al menos un miembro de la familia emigró a causa de la falta de oportunidades de desarrollo laboral en la localidad. A causa de la migración, el 32.55% (n= 14) de los hogares entrevistados abandonó algunas de sus tierras de trabajo. El 35% (n= 5) de los hogares evidenció que el abandono se realizó antes de la declaratoria de la reserva, mientras que el otro 65% (n= 9) de los hogares indicó que abandonaron algunas tierras después del decreto. En las viviendas con integrantes que han migrado, se encontró que todos los miembros con familiares que emigraron recibieron remesas (n= 13). Las remesas se emplearon de la siguiente manera: el 55.5% de los hogares (n= 5) lo destinó para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, el 33.3% (n= 3) utilizó sus remesas en el mejoramiento de sus hogares y el 11.11% de los hogares (n= 2) empleó las remesas para la educación de los miembros más jóvenes de la familia.

4.3.4.3. Capital físico en La Estancia y Santa María Ixcatlán

Entre los factores económicos derivados del capital físico se encuentran variables como la proporción de los hogares que realizan agricultura y ganadería, el destino de la producción agropecuaria, la distancia del hogar a las parcelas agrícolas, factores ambientales que afectan a la actividad agrícola, la percepción del estado de la producción agrícola y ganadera en el primer periodo previo al decreto (1979-1995) y en el segundo periodo posterior al decreto (1995-2017), el destino de la producción ganadera, el modo de alimentación del ganado, total y tipo de cabezas de ganado y tiempo de pastoreo del ganado.

En la localidad La Estancia, todos los hogares encuestados declararon que realizan labores agrícolas. En el 78.37% (n= 29) de los hogares mostraron que la producción agrícola obtenida se emplea exclusivamente para el autoconsumo, mientras que en el 21.63% (n= 8) indicó que además del autoconsumo, si la producción es suficiente se puede ofrecer a la venta. En lo que respecta a la distancia de los hogares a las parcelas agrícolas, el 64.7% (n= 22) de los hogares mostró que realizan las actividades agrícolas alrededor de la vivienda, el 17.64% (n= 6) debe caminar alrededor de 30 minutos para realizar sus actividades, mientras que el 14.7% (n= 5) indicaron que deben desplazarse entre una y dos horas desde el hogar para realizar sus actividades agrícolas. Con respecto a los factores ambientales que afectaron a la actividad agrícola, el 89.18% señaló que el clima, principalmente la ausencia de lluvia incide negativamente en la producción.

Por otro lado, en la localidad Santa María Ixcatlán, todos los hogares encuestados declararon realizar actividades agrícolas y que la producción agrícola obtenida se emplea únicamente para el autoconsumo. El 56.09% (n= 23) de los hogares señaló que los integrantes realizan las actividades agrícolas alrededor de la vivienda, el 29.26% (n= 5) indicó que los integrantes deben desplazarse entre una y dos horas desde el hogar para realizar sus actividades agrícolas, mientras que el 14.63% (n= 6) debe caminar alrededor de 30 minutos para realizar sus actividades. Con respecto a los factores ambientales que afectaron a la actividad agrícola, el 90.69% señaló que el clima, principalmente la ausencia de lluvia o las heladas incidieron negativamente en la producción, el 2.34% (n=1) señaló que la lejanía del hogar a las parcelas limita la actividad agrícola, mientras que el 4.65% (n=2) indicó que la presencia de plagas disminuyó la producción agrícola.

Además, un aspecto a comparar entre las dos localidades de estudio, es la percepción de la actividad agrícola. En la localidad La Estancia, el 48.64% (n= 18) de los hogares percibió que la actividad agrícola disminuyó después del decreto de la RBTC, mientras que el 35.13% (n= 13) señaló que no ha cambiado y el 16.21% (n= 6) consideró que la actividad agrícola aumentó (Figura 28). En contraste, en la localidad Santa María Ixcatlán, el 67.44% (n= 29) de los hogares percibió que la actividad agrícola disminuyó después del decreto de la RBTC, el 25.58% (n= 11) señaló que no ha cambiado y el 6.97% (n= 3) consideró que la actividad agrícola aumentó (Figura 30).

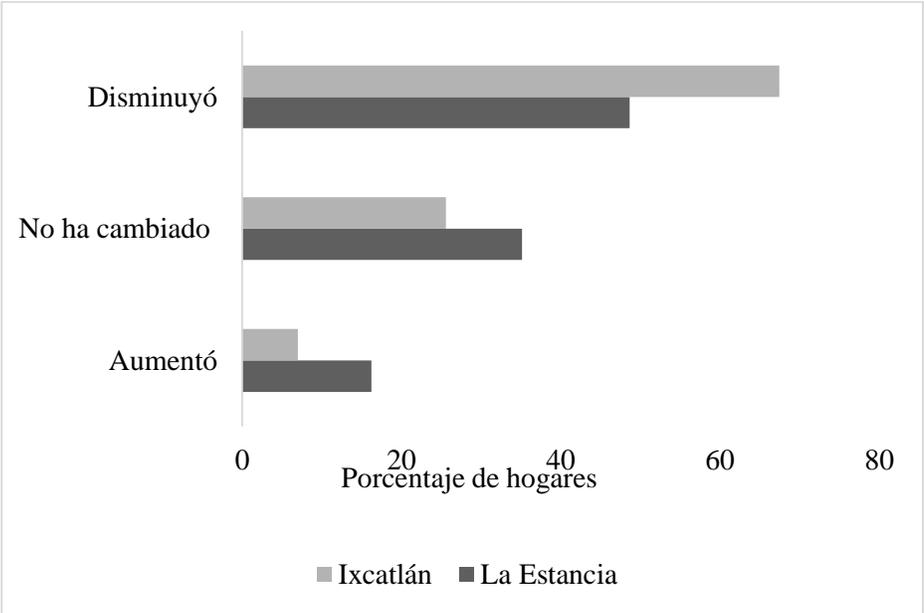


Figura 30. Percepción de la actividad agrícola en las localidades después del decreto de la RBTC.

Otra de las actividades económicas en las localidades de estudio es la cría de ganado. En lo que respecta en la localidad La Estancia, en el 91.89% (n= 34) de los hogares encuestados realizan actividades de ganadería. De los cuales, en el 82.35% (n= 28) indicaron que su producción es utilizada tanto para la venta como para el autoconsumo, mientras que el 17.65% (n= 6) señaló que únicamente se emplea para el autoconsumo. El total de cabezas de ganado que disponen los hogares encuestados en la localidad suma 858. De los cuales, el 75.52% (n= 648) corresponde a ganado ovino, el 11.65% (n= 100) es ganado bovino, el 9.32% (n= 80) pertenece a ganado caprino y el 3.49% (n= 30) es ganado mular (Figura 29). Además, en la localidad, en promedio cada hogar reveló que dispone de 25 cabezas de ganado. De los cuales, el 72.97% (n= 27) de los hogares indicó que cuenta con ganado ovino, el 10.81% (n= 4) de los hogares dispone de la totalidad de ganado bovino, el 10.81% (n= 4) posee ganado caprino y el 81.08% (n= 30) cuenta con ganado mular (Figura 31).

En la localidad Santa María Ixcatlán, la cría de ganado también es una actividad importante. En el 95.34% (n= 41) de los hogares encuestados reveló que realizan actividades de ganadería. De los cuales, el 65.11% (n= 28) indicó que su producción es únicamente para autoconsumo, mientras que el 18.60% (n=8) es utilizada tanto para la venta como para el autoconsumo. El total de cabezas de ganado que disponen los hogares encuestados en la localidad suma 222. De los cuales, el 56.30% (n=125) corresponde a ganado ovino, el 20.72% (n= 46) es ganado mular, el 13.51% (n= 30) pertenece a ganado caprino y el 9.45% (n= 21) es ganado bovino, (Figura 31). Así mismo, en la localidad, en promedio cada hogar dispone de seis cabezas de ganado. El 86.04% (n= 37) de los hogares cuenta con ganado mular, el 9.30% (n= 4) de los hogares dispone de la totalidad de ganado ovino en la localidad (Figura 32).

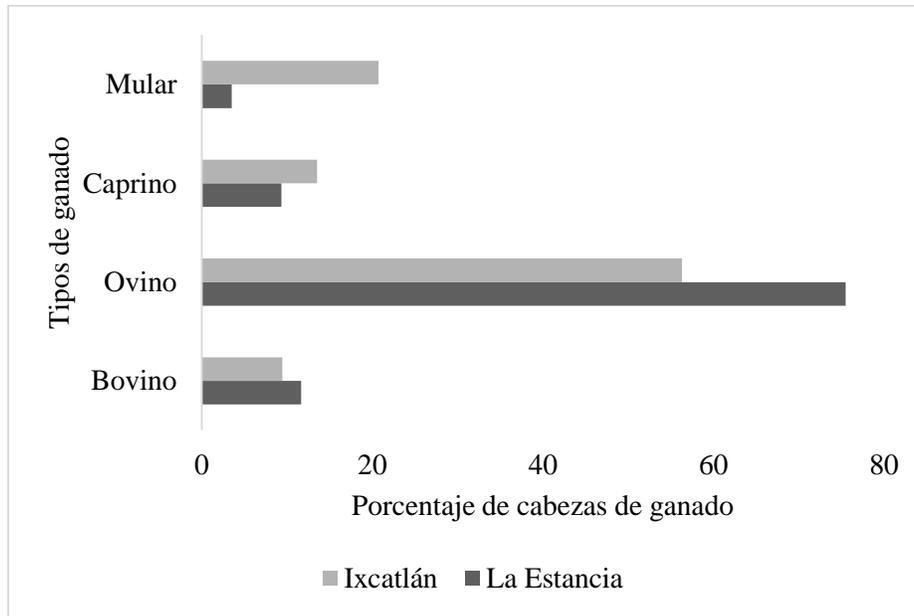


Figura 31. Distribución de las cabezas de ganado en los hogares de las localidades de la RBTC.

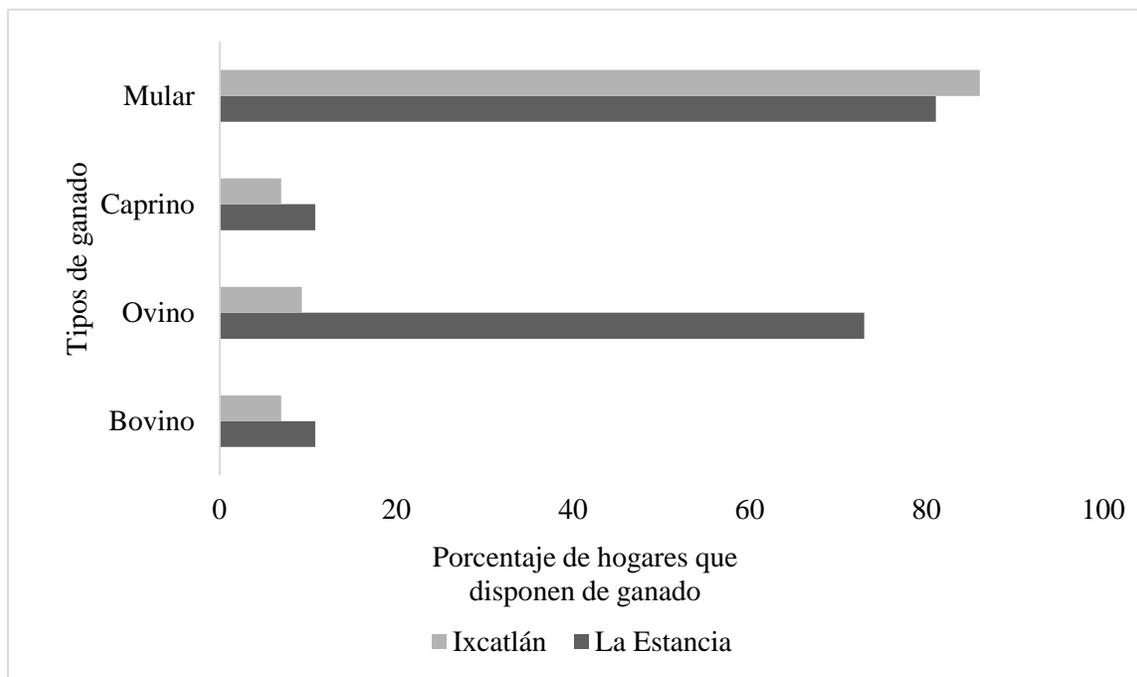


Figura 32. Porcentaje de hogares que disponen de cierto tipo de ganado en las localidades de la RBTC.

Con respecto al lugar donde se alimenta su ganado en la localidad La Estancia, el 88.57% (n= 31) de los hogares indicó que su ganado se alimenta en el monte, es decir, en el bosque o alrededor del mismo, mientras que el 11.42% (n= 4) de los hogares señaló que su ganado se alimenta en las áreas aledañas al hogar. De los hogares que llevan a pastorear a su ganado, el 54.54% (n=18) indicó el pastoreo dura entre 2 y 3 horas al día, mientras que el 36.36% (n= 12) señaló que prácticamente pastorea todo el día a su ganado en jornadas de hasta 10 horas. En relación a la percepción de la actividad ganadera en la localidad, el 47.22% (n= 17) de los hogares percibió que no ha cambiado después del decreto como RBTC, el 36.11% (n= 13) señaló que disminuyó y el 16.66% (n= 6) indicó que la actividad ganadera aumentó (Figura 33).

En la localidad Santa María Ixcatlán, el lugar donde se alimenta su ganado, el 58.97% (n=23) de los hogares indicó que su ganado se alimenta en áreas aledañas a su hogar, mientras que el 41.02% (n=16) se alimenta en el monte, es decir, en el bosque o alrededor del mismo. De los hogares que llevan a pastorear a su ganado, el 81.25% (n=26) indicó que prácticamente pastorea todo el día a su ganado en jornadas de hasta 10 horas, mientras que el 18.75% (n= 6) mencionó que pastorea el ganado entre 2 y 3 horas. Con respecto a la percepción de la actividad ganadera, el 53.48% (n=23) de los hogares señaló que disminuyó el ganado posterior al decreto como RBTC, el 34.88% (n=15) de los hogares percibió que no ha cambiado después del decreto como RBTC y el 11.62% (n=5) indicó que la actividad ganadera aumentó (Figura 33).

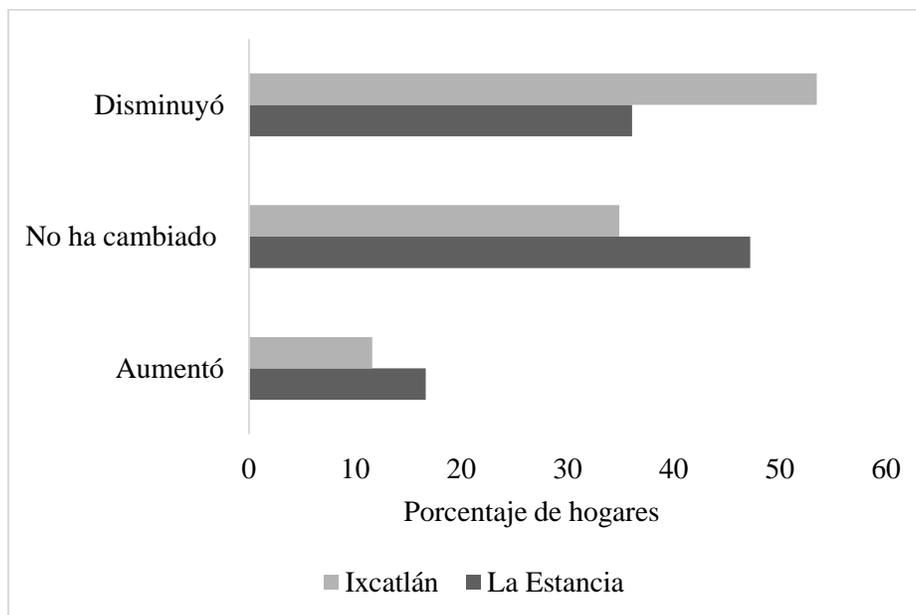


Figura 33. Percepción de la actividad ganadera en las localidades después del decreto de la RBTC.

4.3.4.4. Capital natural: dependencia de los recursos del bosque en La Estancia e Ixcatlán.

Dentro del capital natural, se detectaron variables correspondientes a factores económicos; este comprende variables como los kilogramos obtenidos de leña al mes por familia, modo de transporte de la leña, distancia del hogar al lugar donde se extrae de leña, percepción del estado del bosque de encino en el primer periodo (1979-1995) y segundo periodo posterior al decreto (1995-2017) y la extracción de productos no maderables.

En la localidad La Estancia, en el 97% (n= 36) de los hogares encuestados (n=37) extraen leña del bosque de encino para autoconsumo, principalmente para cocinar. Esto muestra una plena dependencia de los recursos que provee el bosque. Los integrantes de los hogares mencionaron que el modo de transporte de la leña extraída desde el bosque de encino hasta los hogares se distribuye de la siguiente manera: el 83.33% (n= 30) de los hogares transporta su leña desde el bosque en ganado mular y el 13.88% (n= 5) lo transporta en camioneta. El 51.35% (n= 19) indicó que se desplaza desde su hogar entre una y dos horas para obtener leña, el 27.02% (n= 10) señaló que el tiempo de desplazamiento es entre dos y tres horas desde el hogar, mientras que el 10.81% (n= 4) dispone de la leña que se encuentra alrededor de su hogar. En promedio cada familia emplea 389.59 kg de leña extraída del

bosque cada mes. El menor registro de extracción es de 18 kg de leña al mes para un hogar y el mayor registro es de 1680 kg de leña extraída. El 55.55% (n= 20) de los hogares extraen entre 100 y 300 kg de leña del bosque al mes, el 25% (n= 9) extrae entre 300 y 600 kg de leña, el 11.11% (n= 4) extrae menos de 100 kg al mes y el 8.33% (n= 3) extrae más de 600 kg de leña al mes (Figura 34).

Por otro lado, en la localidad Santa María Ixcatlán, todos los hogares encuestados (n=43) revelaron que extraen leña del bosque de encino para autoconsumo, esencialmente para cocinar. Los hogares indicaron que el modo de transporte de la leña extraída desde el bosque de encino hasta los hogares se distribuye de la siguiente manera: el 86.04% (n= 37) de los hogares transporta su leña desde el bosque en ganado mular y el 13.95% (n=6) lo transporta a pie. Además, el tiempo que estiman los hogares hacia la extracción de leña, el 55.81% (n= 24) indicó que se desplaza desde su hogar para ir a extraer leña en menos de una hora, el 27.90% (n=12) señaló que el tiempo de desplazamiento es entre una y dos horas, el 16.27% (n=7) informó un traslado entre dos y tres horas y el 16.27% (n=7%) cuenta con leña alrededor de su hogar. En promedio cada familia emplea 479.31 kg de leña extraída del bosque cada mes. El menor registro de extracción es de 100 kg de leña al mes para un hogar y el mayor registro es de 840 kg de leña extraída. El 39.53% (n= 17) de los hogares extraen entre 100 y 300 kg de leña del bosque al mes, asimismo el 39.53% (n= 17) extrae entre 300 y 600 kg de leña, mientras que el 20.93% (n=9) utiliza entre 600 y 1600 kg de leña al mes (Figura 34).

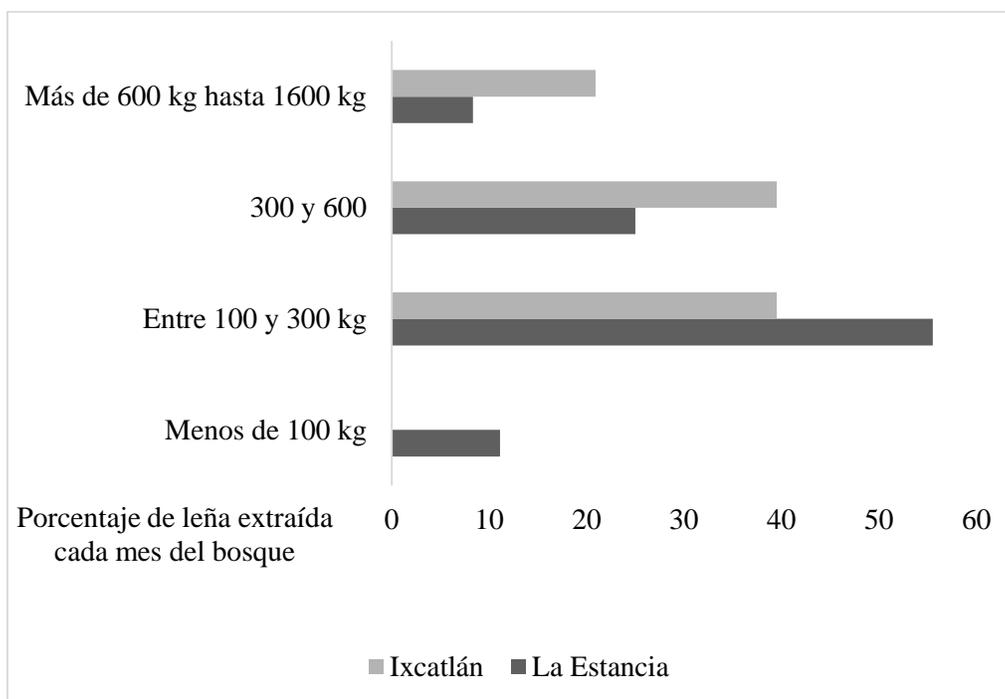


Figura 34. Porcentaje de leña extraída cada mes del bosque de encino en las localidades de la RBTC.

Otra de las variables que se detectaron en las localidades de estudio es la percepción de la cantidad del bosque previo y posterior al decreto y la extracción de productos no maderables. En la localidad La Estancia, el 75.67% (n= 28) de los hogares percibió que la cantidad de leña presente ha disminuido después del decreto de la RBTC, el 21.62% (n= 8) señaló que no ha cambiado y el 2.7% (n= 1) consideró que la leña en el bosque aumentó (Figura 35). Así mismo, el 67.56% (n= 25) de los hogares indicaron que no extraen productos forestales no maderables del bosque de encino, mientras que el 32.43% (n= 12) indicó que sí realiza esta actividad y principalmente sustrae hojarasca para abono de la producción agrícola.

En la localidad Santa María Ixcatlán, la percepción sobre la cantidad leña presente en el bosque fue similar a la localidad La Estancia, el 72.09% (n= 31) de los hogares percibieron que ha disminuido después del decreto de la RBTC, el 25.58% (n= 11) indicó que no ha cambiado y el 2.32% (n= 1) consideró que la leña en el bosque aumentó (Figura 35).

Finalmente, el 53.48% (n= 23) de los hogares en la localidad indicaron que no extraen productos forestales no maderables del bosque de encino, mientras que el 46.51% (n= 20) indicó que sí realiza esta actividad y principalmente sustrae hojarasca para abono de la producción agrícola.

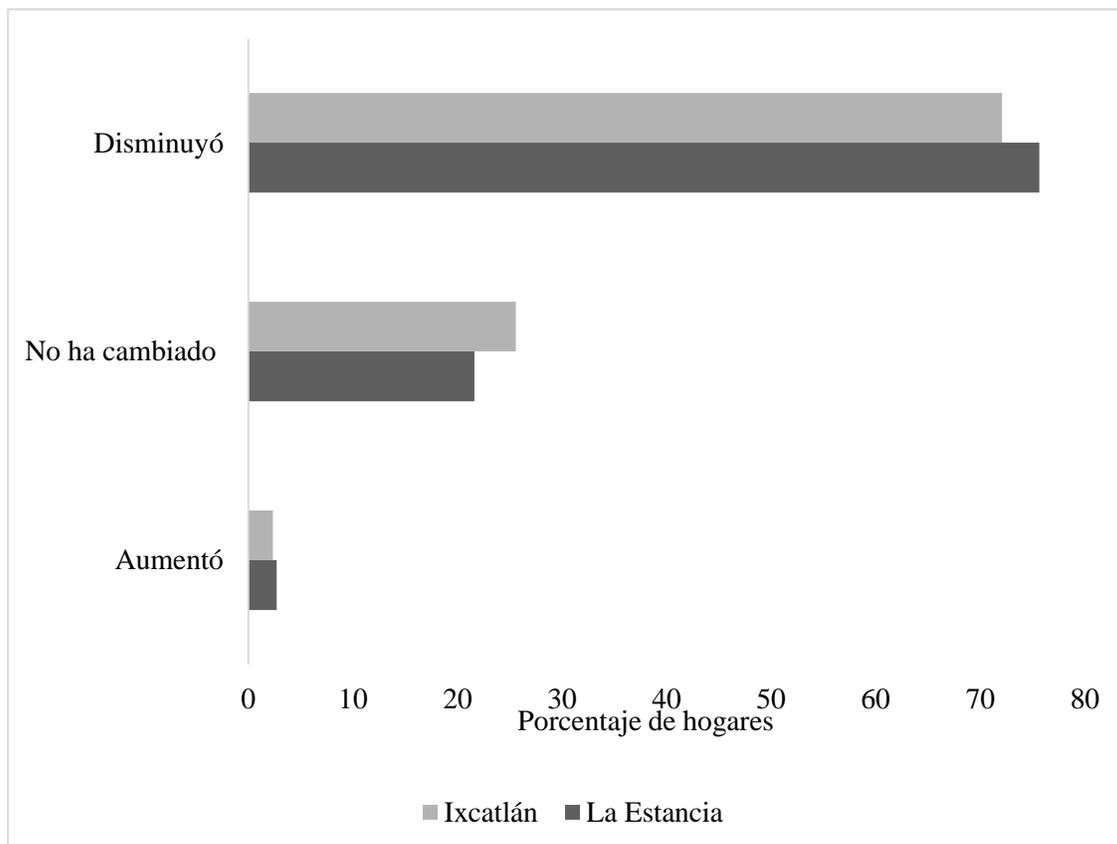


Figura 35. Percepción de la leña presente en el bosque en las localidades después del decreto de la RBTC.

4.3.4.5. Capital Financiero: factor económico, participación en los programas de gobierno en La Estancia y Santa María Ixcatlán.

El capital financiero incluye también factores económicos e integra variables como la proporción de hogares que participan en programas de gobierno (Prospera, Procampo, Conafor/RBTC y Adultos mayores) y la relación de los hogares con los programas de gobierno.

En la localidad La Estancia, el 83.78% (n= 31) de los hogares reveló que al menos participa en un programa de gobierno, mientras que el 16.21% (n= 6) señaló que no participa en algún programa. El 54.83% (n= 17) de los hogares que participaron en algún programa de gobierno indicó que la relación con los programas es muy buena, el 32.25% (n= 10) indicó que es buena, mientras que el 12.8% (n= 4) mostró que existe una mala relación con los programas o incluso no existen reuniones. Finalmente, los hogares que participan en programas de gobierno declararon que el 59.45% (n= 22) participan en Prospera, el 40.54% (n= 15) que participa en las actividades organizadas por Conafor o la RBTC (Conanp), el 29.72% (n= 11) mencionó que se encuentra en el programa 65 años y más y el 24.32% (n= 9) señaló que participa en Procampo.

Por otro lado, en la localidad Santa María Ixcatlán, los hogares indicaron que participan en diversos programas de gobierno. El 86.04% (n= 37) de los hogares señaló que al menos participa en algún programa de gobierno, mientras que el 13.95% (n= 6) mostró que no participa en algún programa. El 43.24% (n= 16) de los hogares indicó que hay ausencia de reuniones en los programas de gobierno, el 37.83% (n=14) señaló que la relación con los programas de gobierno es buena, mientras que el 18.91% (n=7) consideró que los programas de gobierno son muy buenos. Finalmente, los hogares que participan en programas de gobierno declararon que el 51.16% (n= 22) participan en Prospera, el 39.53% (n= 17) menciona que participa en Procampo, el 13.95% (n= 6) mencionó que se encuentra en el programa 65 años y más y solo el 6.97% (n=3) indicó que participa en las actividades organizadas por Conafor o la Conanp (RBTC).

4.3.5. Factores que inciden sobre las estrategias de medio de vida elegidas

Los resultados de los modelos lineales generalizados sobre los factores que inciden en la elección de una estrategia de medio de vida por parte de las dos localidades rurales se encuentran en el Cuadro 12.

4.3.5.1. Ganadería y extracción de leña en La Estancia

La suma de los pesos de las variables en cada modelo mostró que las variables con mayor importancia relativa para este medio de vida son la producción agrícola, la recepción de apoyo del programa Procampo y el número de cabezas de ganado (Figura 36). Los hogares adoptan una estrategia de medio de vida conformada por actividades como la ganadería y la extracción de leña en función de factores como la producción agrícola ($p=0.02$; Figura 37), la recepción de apoyo del programa Procampo ($p=0.03$) y el número de cabezas de ganado ($p=0.03$). La producción agrícola y la recepción de apoyos económicos por parte de Procampo mantienen una relación negativa con la probabilidad de presentar esta estrategia de medio de vida; es decir, mayor será la probabilidad de presentar un medio de vida con actividades de ganadería y extracción de leña mientras la producción agrícola y la recepción de apoyos por parte de Procampo sean bajas. El modelo seleccionado presentó un coeficiente de determinación $R^2=0.62$.

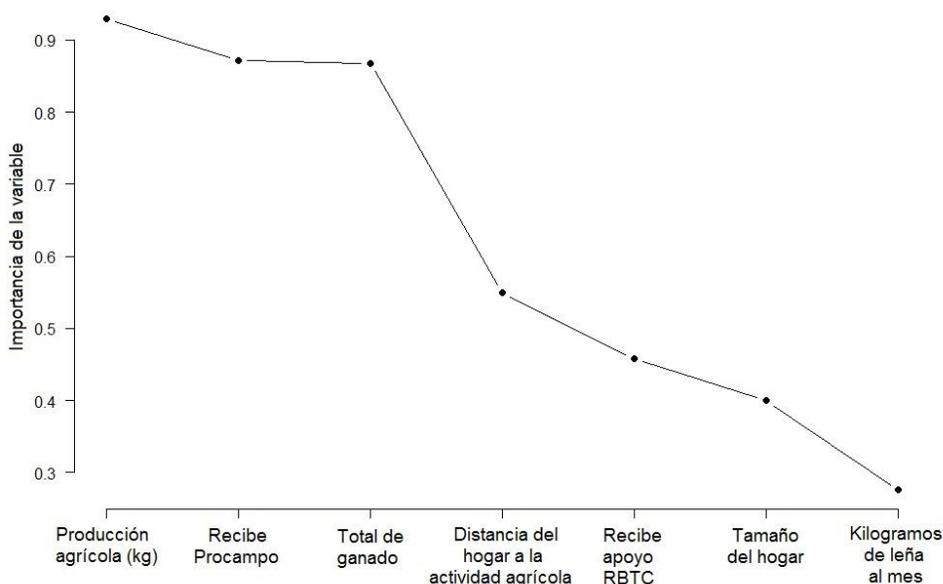


Figura 36. Variables con mayor importancia relativa para el medio de vida conformado por actividades ganaderas y extracción de leña en La Estancia.

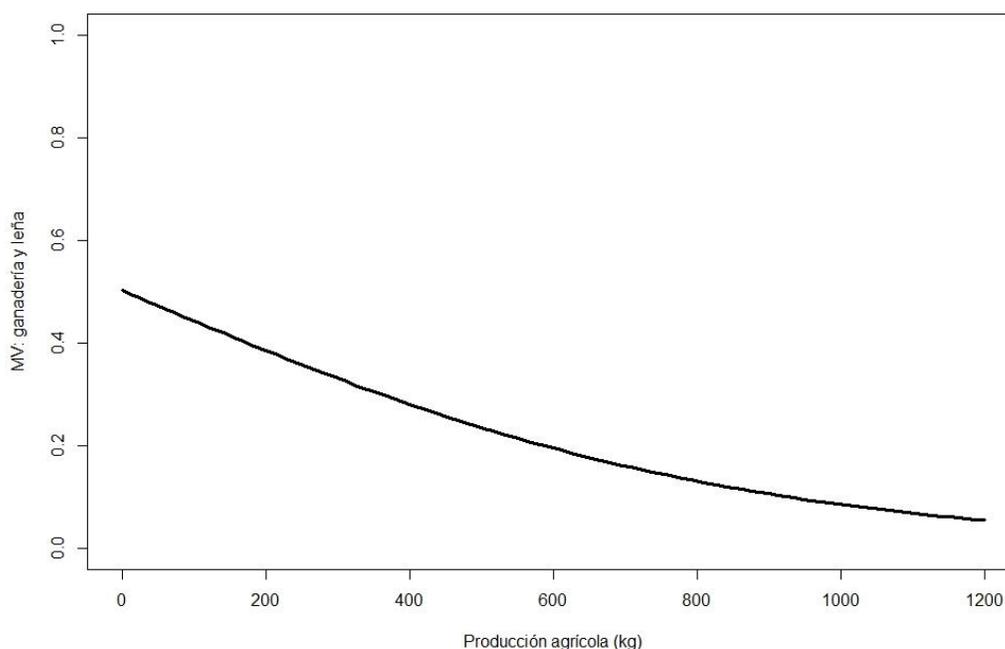


Figura 37. La producción agrícola (kg) es la principal variable relacionada con el medio de vida conformado por actividades ganaderas y extracción de leña en La Estancia.

4.3.5.2. Ganadería, extracción de leña y otras actividades como agricultura, jornalero y comercio en La Estancia

La suma de los pesos de las variables mostró que entre las variables con mayor importancia relativa que permiten la adopción de una estrategia diversificada se encuentran la recepción de apoyo por parte de la RBTC, el número de miembros en el hogar, el número de miembros en el hogar entre 0 y 20 años, el número de miembros en el hogar entre 21 y 40 años y la recepción de apoyo en el programa 65 y más (Conanp; Figura 38). Una estrategia de medio de vida diversificada consistió en que los hogares realizan múltiples actividades de manera simultánea como la ganadería, la extracción de leña y al menos una de las siguientes actividades como la agricultura, el comercio o ser jornalero. Esta estrategia se relacionó con variables como el número de miembros en el hogar ($p=0.01$), el número de miembros en el hogar entre 0 y 20 años ($p=0.01$), el número de miembros en el hogar entre 21 y 40 años ($p=0.01$), la recepción de apoyo en el programa 65 y más ($p=0.01$) y la recepción de apoyo por parte de la RBTC ($p=0.01$). Las variables que presentaron una relación positiva fueron el número de miembros en el hogar y la recepción de apoyo por parte de la RBTC (Figura 39);

la probabilidad de un medio de vida diversificado aumentó mientras mayores valores presentaron estas variables. Por otro lado, las variables que presentaron una relación negativa con la probabilidad de adoptar una estrategia de medio de vida diversificada fueron el número de miembros en el hogar entre 0 y 20 años, el número de miembros en el hogar entre 21 y 40 años y la recepción de apoyo en el programa 65 y más; es decir, los hogares tienen mayores probabilidades de adoptar una estrategia de medio de vida diversificada cuando los valores en estas variables son bajos. El modelo seleccionado presentó un coeficiente de determinación $R^2=0.64$.

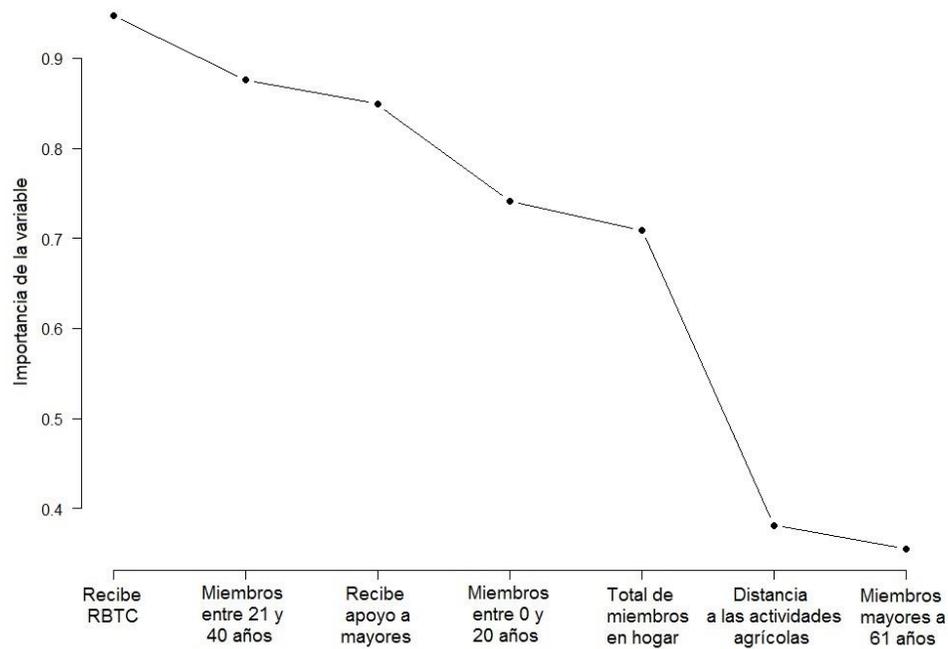


Figura 38. Variables con mayor importancia relativa para el medio de vida diversificado en La Estancia.

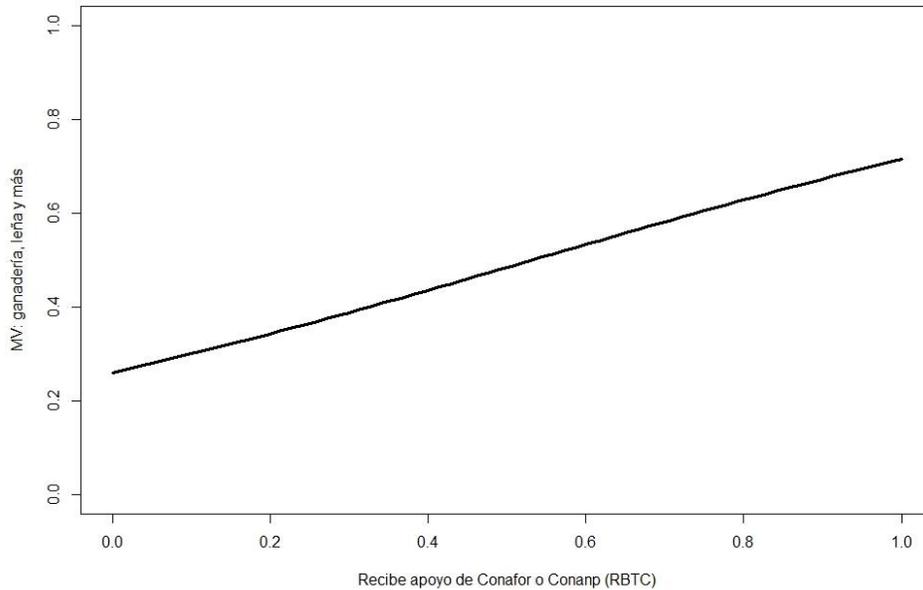


Figura 39. La recepción de apoyo por parte de la RBTC en alguno de los programas realizados por Conafor o Conanp está relacionada con la adopción de un medio de vida diversificado en La Estancia.

4.3.5.3. Agricultura y extracción de leña en Ixcatlán

La suma de los pesos de las variables mostró que el número de miembros en el hogar y el total de cabezas de ganado son las variables con mayor importancia relativa que promueven el desarrollo de una estrategia de medio de vida con agricultura y extracción de leña (Figura 40). Esta estrategia se relacionó estadísticamente con variables como el número de miembros en el hogar ($p=0.01$) y los kilogramos de leña obtenidos por hogar al mes ($p=0.03$). Tanto el número de miembros en el hogar (Figura 41) como los kilogramos de leña obtenidos por hogar al mes presentaron una relación positiva con la probabilidad de adoptar la estrategia de medio de vida conformada por la agricultura y la extracción de leña, mientras los valores sean elevados mayor será la probabilidad de elegir el medio de vida. El modelo seleccionado presentó un coeficiente de determinación $R^2=0.54$.

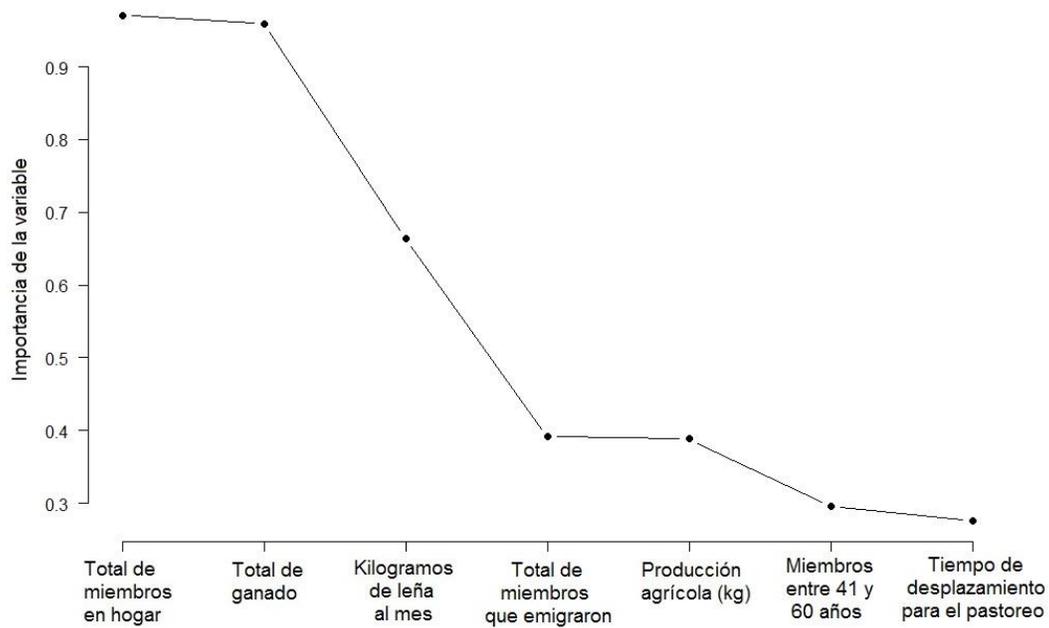


Figura 40. Variables con mayor importancia relativa para el medio de vida en Ixcatlán.

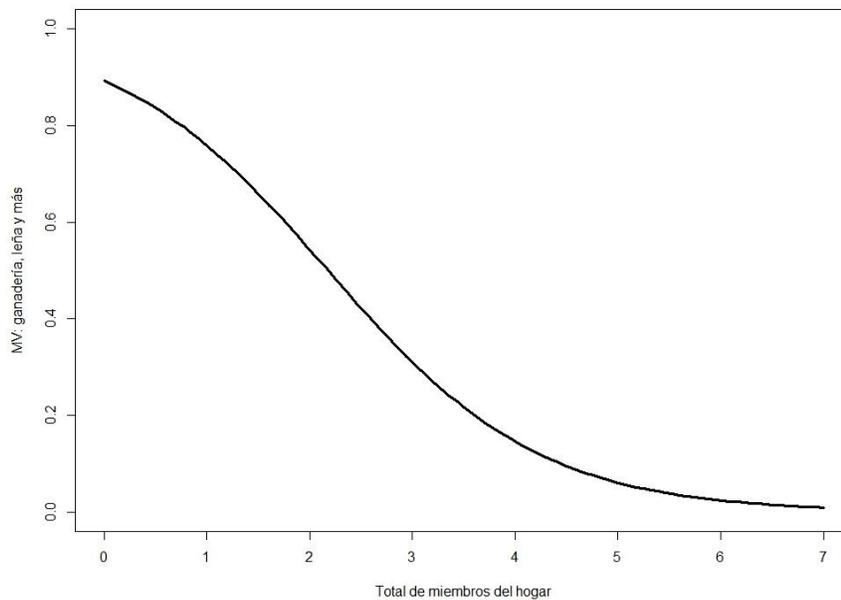


Figura 41. El total de miembros del hogar es la principal variable relacionada con la elección de un medio de vida caracterizado por la agricultura y la extracción de leña en Ixcatlán.

4.3.5.4. Agrícola, extracción de leña y elaboración de artesanías en Ixcatlán

La suma de los pesos de las variables mostró que el número de miembros en el hogar y el total de cabezas de ganado son las variables con mayor importancia relativa que promueven el desarrollo de una estrategia de medio de vida basada en la agricultura, la extracción de leña y la elaboración de artesanías (Figura 42). Esta estrategia se relacionó positivamente con variables como el número de miembros en el hogar ($p=0.04$; Figura 43), los kilogramos de leña obtenidos por hogar al mes ($p=0.04$) y la distancia del hogar a las parcelas agrícolas ($p=0.03$), mientras los valores sean elevados mayor será la probabilidad de elegir el medio de vida. El modelo seleccionado presentó un coeficiente de determinación $R^2=0.64$.

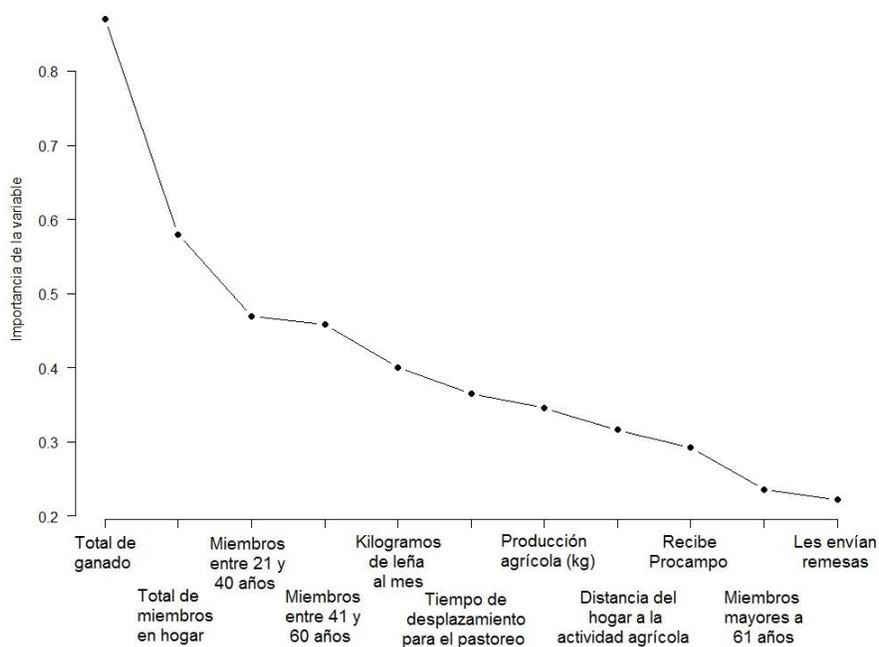


Figura 42. Variables con mayor importancia relativa para el medio de vida en Ixcatlán.

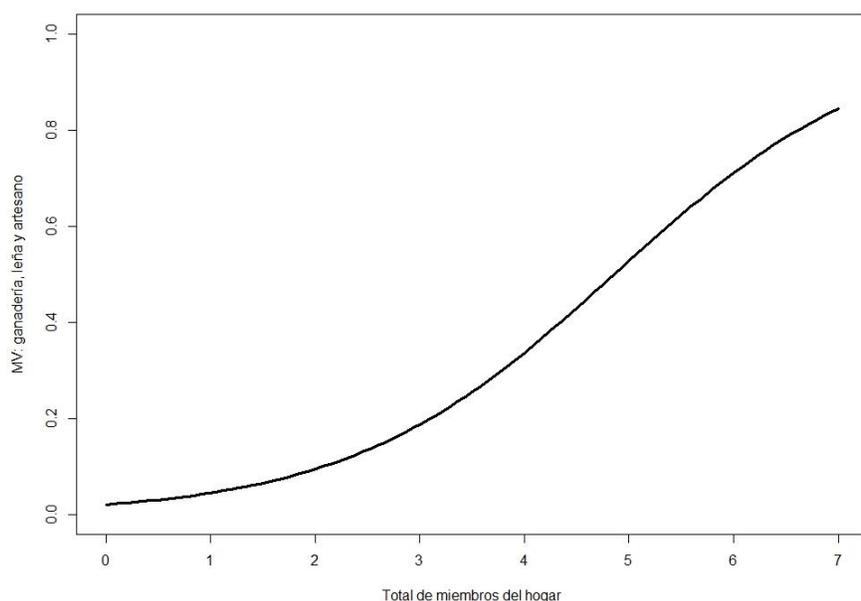


Figura 43. El total de miembros del hogar es la principal variable relacionada con la elección de un medio de vida caracterizado por la agricultura, la extracción de leña y la elaboración de artesanías en Ixcatlán.

4.3.5.5. Agrícola, extracción de leña y otras actividades como ganadería, jornalero y comercio en Ixcatlán

La suma de los pesos de las variables mostró que el número de miembros que han emigrado representa la variable con mayor importancia relativa que promueve la adopción de una estrategia muy diversificada como medio de vida (Figura 44). Una estrategia de medio de vida diversificada consistió en que los hogares realizan múltiples actividades de manera simultánea como la agricultura, la extracción de leña y al menos una de las siguientes como la ganadería, ser jornalero o el comercio. Esta estrategia se relacionó únicamente con el número de miembros que han emigrado ($p=0.03$). La relación fue negativa y representa que la probabilidad del hogar de contar con un medio de vida diversificado aumentó mientras menores fueron los valores de la variable (Figura 45). El modelo seleccionado presentó un coeficiente de determinación $R^2=0.64$.

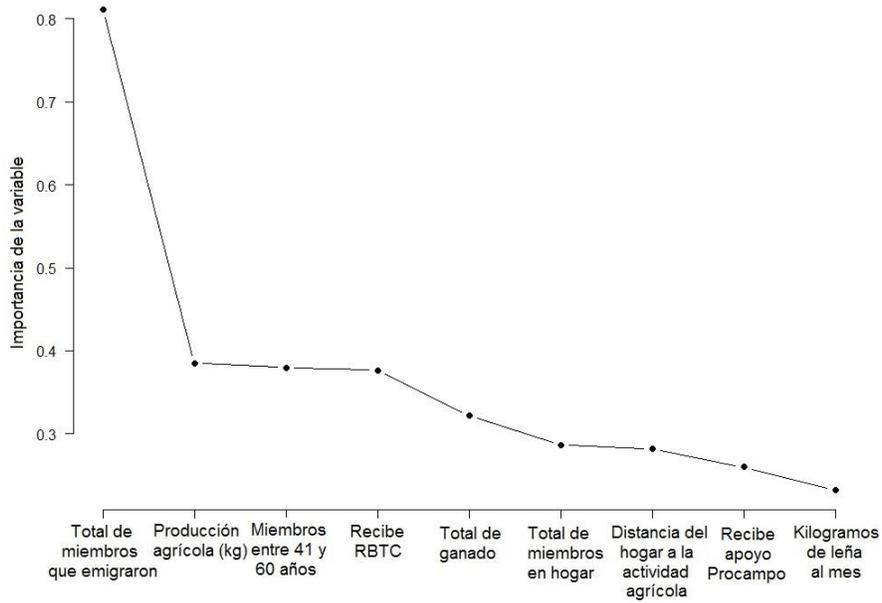


Figura 44. Variables con mayor importancia relativa para realizar un medio de vida diversificado en Ixcatlán.

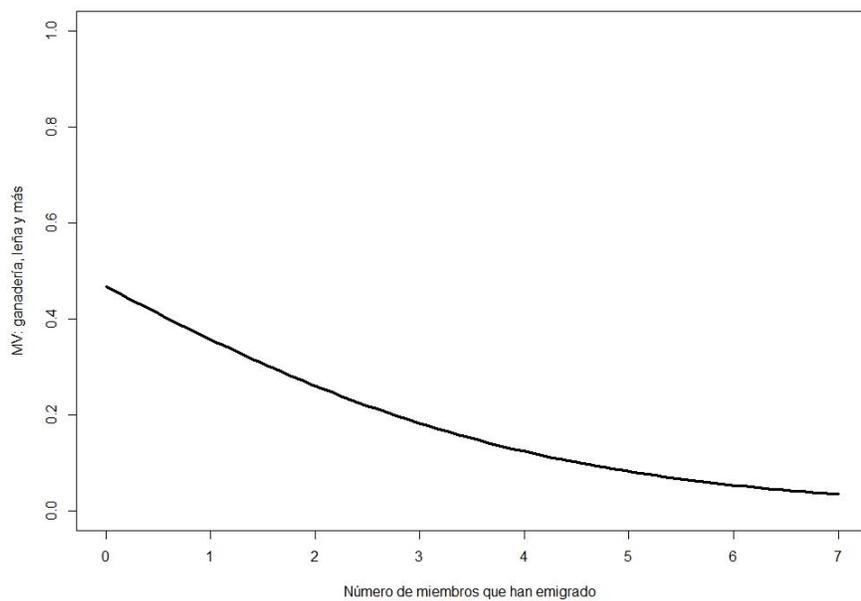


Figura 45. El número de miembros que han emigrado es la variable relacionada estadísticamente con la posibilidad de presentar un medio de vida diversificado en Ixcatlán.

Cuadro 12. Coeficientes de las variables explicativas de los medios de vida en dos localidades con bosque de encino de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca					
Código de significancia: 0.01 * 0.05 _ 0.1					
Medio de vida	VARIABLES	Estimador	Error estándar	Valor z	p
Ganadería y extracción de leña	(Intercepto)	-4.664317	2.246017	-2.077	0.0378*
	Número de miembros en el hogar	0.304543	0.224892	1.354	0.1757
	Producción agrícola (kg)	-0.011595	0.005008	-2.315	0.0206*
	Número de cabezas de ganado	0.161873	0.076659	2.112	0.0347*
	Kilogramos obtenidos de leña al mes	0.003234	0.002639	1.225	0.2204
	Distancia del hogar a las parcelas agrícolas	1.608094	0.912462	1.762	0.078_
	Recibe apoyo de Procampo	-6.666591	3.130436	-2.13	0.0332*
	Recibe apoyo de Conafor o Conanp	-2.927563	1.729929	-1.692	0.0906_
Ganadería, extracción de leña y otras actividades como agricultura,	(Intercepto)	-0.4295	1.9832	-0.217	0.8286
	Número de miembros en el hogar	1.679	0.6626	2.534	0.0113*
	Miembros en el hogar entre 0 y 20 años	-2.3163	0.9259	-2.502	0.0124*
	Miembros en el hogar entre 21 y 40 años	-2.4849	1.0282	-2.417	0.0157*
	Miembros en el hogar mayores de 60 años	-2.2787	1.4136	-1.612	0.107
	Distancia del hogar a las parcelas agrícolas	-1.5751	0.9084	-1.734	0.0829_

jornalero y	Recibe apoyo del programa 65 y más	-6.7231	2.8086	-2.394	0.0167*
comercio	Recibe apoyo de Conafor o Conanp	7.0118	2.7334	2.565	0.0103*

Santa María Ixcatlán

Medio de vida	VARIABLES	Estimador	Error estándar	Valor z	p
Agricultura y	(Intercepto)	3.90149	2.886063	1.352	0.1764
extracción de leña	Número de miembros en el hogar	-1.483826	0.609577	-2.434	0.0149*
	Miembros en el hogar entre 41 y 60 años	0.812204	0.663251	1.225	0.2207
	Número de miembros que han migrado	0.532389	0.330383	1.611	0.1071
	Producción agrícola (kg)	0.006418	0.003573	1.796	0.0724_
	Número de cabezas de ganado	-0.718125	0.386026	-1.86	0.0628_
	Kilogramos obtenidos de leña al mes	-0.006473	0.003138	-2.063	0.0391*
	Distancia del hogar a las actividades ganaderas	0.462346	0.3776	1.224	0.2208
Agrícola,	(Intercepto)	-40.012274	18.853982	-2.122	0.0338*
extracción de leña	Número de miembros en el hogar	3.66137	1.831792	1.999	0.0456*
y elaboración de	Miembros en el hogar entre 21 y 40 años	7.334343	3.784703	1.938	0.0526_
artesanías	Miembros en el hogar entre 41 y 60 años	-2.024171	1.544984	-1.31	0.1901
	Miembros en el hogar mayores de 60 años	-9.373609	5.087277	-1.843	0.0654_
	Envía remesas	5.995489	3.515476	1.705	0.0881_
	Producción agrícola (kg)	-0.016469	0.009304	-1.77	0.0767_
	Número de cabezas de ganado	-3.409262	2.01026	-1.696	0.0899_

	Kilogramos obtenidos de leña al mes	0.010067	0.004942	2.037	0.0417*
	Distancia del hogar a las parcelas agrícolas	3.16487	1.526443	2.073	0.0381*
	Distancia del hogar a las actividades ganaderas	4.712708	2.549073	1.849	0.0645_
	Recibe apoyo de Prospera	5.836784	3.958411	1.475	0.1403
Agrícola,	(Intercepto)	2.665863	2.49432	1.069	0.2852
extracción de leña	Número de miembros en el hogar	-0.854079	0.568398	-1.503	0.1329
y otras	Miembros en el hogar entre 21 y 40 años	0.663347	0.499231	1.329	0.1839
actividades como	Número de miembros que han migrado	-1.037043	0.492645	-2.105	0.0353*
ganadería,	Producción agrícola (kg)	0.004062	0.002601	1.562	0.1184
jornalero y	Número de cabezas de ganado	0.042411	0.038974	1.088	0.2765
comercio	Kilogramos obtenidos de leña al mes	-0.001592	0.002118	-0.751	0.4524
	Recibe apoyo de Procampo	-1.779053	1.225834	-1.451	0.1467
	Recibe apoyo de Conafor o Conanp	1.316775	1.393425	0.945	0.3447

4.4. Discusión

4.4.1. Capitales y activos en las estrategias de medios de vida

La evaluación del CCUS a nivel local se puede abordar desde la perspectiva de medios de vida y obtener información concreta y práctica sobre los procesos que rigen el territorio. Este capítulo aporta información sobre los activos que inciden en la elección de determinados medios de vida para la subsistencia, como la extracción de leña, la ganadería y la agricultura, los cuales se asocian a procesos de degradación, deforestación y recuperación reportados en la presente tesis.

Reconociendo que la extracción de leña y la ganadería pueden ser los principales causantes de la degradación de los bosques de encino que resalta en las localidades. Los resultados contrastan con lo que se ha documentado sobre la relación de las comunidades rurales y sus medios de vida para la conservación de bosques, donde a partir de la consideración de reglamentos y actividades económicas sostenibles se conserva el área forestal (Wilkie, Carpenter, & Zhang, 2001). A pesar de que las localidades en cuestión se encuentran al interior de la Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán y están sujetas a un plan de conservación para la gestión sostenible de los recursos, los bosques de encino están siendo degradados por las actividades humanas.

El capital humano representado por las personas en grupos de edades productivas (*e.g.* entre 14 y 49 años), indica la presencia de capacidad física para el aprovechamiento de los activos y la promoción de la deforestación (Babigumira et al., 2014) y la degradación en las localidades estudiadas en la RBTC. Esto se refuerza con los bajos niveles de escolaridad en los hogares, ya que esta condición favorece la elección de medios de vida agrícolas (Babigumira et al., 2014; Dehghani-Pour et al., 2018) o en general relacionados con el sector primario. Por ejemplo, en La Estancia, el capital humano predispone la adopción de un medio de vida diversificado (ganadería, extracción de leña, agricultura o jornalero o comercio) mientras mayor sea el número de miembros en el hogar; este capital tiene mayor incidencia en Ixcatlán donde también mientras mayor sea el número de miembros en el hogar se define un medio de vida basado en la agricultura y la extracción de leña como principales conductores de los cambios negativos. La diversificación de los medios de vida mostrada en las localidades es una estrategia recurrente en los hogares rurales en México, ya que el 50%

de los ingresos en los hogares provienen de diversas actividades económicas (Fierros & Sophie, 2017).

Las opciones de sustento en los hogares parecen predispuestas a los antecedentes familiares (Diniz, Hoogstra-Klein, Kok, & Arts, 2013), lo que significa que los miembros más jóvenes de las familias tienen gran probabilidad de continuar las estrategias de sustento basadas en el aprovechamiento de los recursos naturales, aunado a ello, dichas actividades no requieren niveles elevados de educación (Dehghani-Pour et al., 2018). Además, una limitante importante es la ausencia de escuelas de nivel medio superior (bachillerato) en ambas localidades. Esto aumenta aún más la posibilidad de mantener los mismos medios de sustento. Por lo tanto, la degradación forestal descrita en el capítulo anterior se mantendrá en caso de no adaptar políticas apropiadas para el aprovechamiento sostenible en la RBTC.

Para reducir la probabilidad de mantener el mismo medio de sustento, se ha propuesto capacitar a los integrantes más jóvenes de la familia en actividades de aprovechamiento sostenible diferentes de la ganadería y la extracción de leña, lo que los motivará en la búsqueda de alternativas laborales incluso en centros urbanos cercanos (Dehghani-Pour et al., 2018). De esto puede depender el futuro éxito de los programas de conservación planteados en la RBTC.

Los pobladores reconocen que la RBTC cuenta con reglamentos que limitan el uso tradicional de los recursos, esto puede ser una causal que ha aumentado la migración en los sitios para la búsqueda de mejores oportunidades de vida. Esta característica, así como la ausencia de propuestas de aprovechamiento sostenible de los recursos, al menos en la práctica, pueden intensificar la migración y a su vez mantener las prácticas de manejo. Contrario a lo sucedido en otras regiones donde la migración y el agotamiento de los recursos ha modificado los medios de vida y reduciendo la presión sobre los recursos (Castillo et al., 2018; Varela et al., 2000). Sin embargo, la migración y las correspondientes remesas no aseguran incentivar el desarrollo de las localidades rurales (Stefoni, 2011).

En diversos sitios se ha observado que la existencia de activos sociales aumenta las posibilidades de optar por estrategias de subsistencia con menor dependencia de los recursos naturales (Dehghani-Pour et al., 2018). Sin embargo, este patrón es ambivalente en la región, por un lado, mientras más apoyo por parte de la RBTC reciben los hogares, mayor es la probabilidad de adoptar un medio de vida diversificado basado en la ganadería y la extracción

de leña y, por otro lado, a mayor presencia del programa 65 y más, menor probabilidad de optar por el mismo medio de vida. Por lo que los activos sociales no reflejan una tendencia clara y deben enfocarse los esfuerzos en modificar las políticas públicas y ambientales para reorientar apoyos en pro de la conservación de los bosques. La situación refleja una poca o nula participación de la RBTC para proporcionar educación ambiental y reconocer la importancia ecológica de los bosques. Esta condición puede reducir la sobreexplotación y la degradación de la que son sujetos los bosques (Ghasemi & ;Mohamed Zakaria; Ebil Yusof; Afshin Danehkar, 2010). Por lo cual, se sugiere que las autoridades de la RBTC tengan mayor injerencia en las localidades estudiadas y promuevan mayor participación para el manejo sostenible de los bosques de encino (Dehghani-Pour et al., 2018). Este planteamiento ha tenido eco en diversas regiones y ha permitido la instauración de métodos participativos más acordes la conservación de los bosques y la gestión ambiental sostenible (Daliri, Kamrani, Jentoft, & Paighambari, 2016).

4.4.2. Factores que inciden sobre las estrategias de medio de vida elegidas

Durante las últimas décadas, se ha reconocido la necesidad de entender los factores que se asocian a los procesos de CCUS, en especial los estudios a nivel local son cruciales para un análisis adecuado de la dinámica de la cobertura vegetal y debe centrarse en el estudio de las condiciones económicas, demográficas, sociales y económicas que lo impulsan (Galicía & Rodríguez Bustos, 2016) . Al mismo tiempo, los bosques de encino son recursos clave para la subsistencia de las comunidades rurales, debido a los múltiples usos que se dan en los territorios correspondientes como actividad agropecuaria, extracción de madera, forraje para la alimentación de ganado y taninos para curtir la piel (Luna-José et al., 2003).

Este estudio identificó los tres principales conductores de la degradación y la deforestación, los cuales son la extracción de leña, la ganadería y la agricultura. Las otras actividades de subsistencia en las localidades son el comercio, la elaboración de artesanías y ser jornaleros. Los resultados de este capítulo señalan que la degradación de los bosques, observada en el capítulo 3, se debe a la extracción de leña y la presencia de ganado en los bosques. La extracción de leña para combustible y la producción de carbón vegetal, así como la presencia de ganado que pasta en el bosque se han reconocido como conductores de la degradación tanto a gran como a pequeña escala (Hosonuma et al., 2012). De hecho, se ha

reconocido que la extracción y tala de madera representan más del 70% de la degradación total de los bosques en América Latina y Asia (Matthews, Van Noordwijk, Milne, Minang, & Bakam, 2010). Para el caso de México, la extracción de leña representa el 52% del aprovechamiento que se realiza de los bosques por parte de los hogares rurales debido a que se emplea como combustible para la preparación de alimentos (Ávila-foucat, 2012; Fierros & Sophie, 2017).

Una vez definidos los conductores que rigen la pérdida de cobertura en los bosques de encino, como la deforestación y la degradación, es necesario redefinir las políticas y medidas para modificar las tendencias actuales de degradación forestal para favorecer el clima local y regional y la biodiversidad (Hosonuma et al., 2012). Debido a que las comunidades adyacentes dependen principalmente de los recursos forestales, las consideraciones de política ambiental, en pro del desarrollo forestal, que se implementen deben considerar el mejoramiento de los medios de vida (Chan & Sasaki, 2014). Otras estrategias que podrían reducir los conductores negativos del CCUS en la región pueden ser el patrullaje forestal, la intensificación agrícola, la aplicación de la ley, el desarrollo de nuevas oportunidades laborales, la introducción de nuevas fuentes de consumo de energía (Chan & Sasaki, 2014), el desarrollo de nuevos mecanismos para la alimentación del ganado y el reforzamiento de apoyos proporcionados por el gobierno, entre otros.

4.5. Conclusiones

El presente capítulo aporta información sobre los medios de vida de dos localidades rurales presentes en la RBTC, así como de las estrategias que inciden sobre el uso los bosques de encino en la región. De este modo, se reconoció a la extracción de leña, la ganadería y la agricultura como los principales medios de vida y conductores de cambio en las localidades. Los bosques de encino son el capital natural necesario para la subsistencia de las localidades rurales, la extracción de leña como combustible para cocinar y el pastoreo de ganado que se realiza en los bosques muestran la dependencia. Las localidades rurales muestran una diversificación de medios de vida para obtener los recursos para su subsistencia.

La disponibilidad de capital humano posibilita la capacidad de diversificación de los medios de vida no sostenibles. Las políticas ambientales deben adaptarse y apoyar el desarrollo de las localidades a partir de medios de vida sostenibles que no impliquen la

degradación forestal de la que son objetos los bosques de encino en las localidades. Se propone invertir en el sistema educativo para aumentar las capacidades de los jóvenes y con ello reducir la probabilidad de que opten por los medios de subsistencia tradicionales en su localidad.

4.6. Literatura citada

- Akbar, A., Azadi, H., Sche, J., 2018. Revealing the role of livelihood assets in livelihood strategies : Towards enhancing conservation and livelihood development in the Hara Biosphere 94, 336–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.074>
- Anderson, M.G., Clark, M., Sheldon, A.O., 2014. Estimating climate resilience for conservation across geophysical settings. *Conserv. Biol.* 28, 959–970. <https://doi.org/10.1111/cobi.12272>
- Ávila-foucat, V.S., 2012. Diversificación productiva en el suelo de conservación de la ciudad de México. Caso San Nicolás Totolapan. *Estud. Soc.* 20, 355–375.
- Babigumira, R., Angelsen, A., Buis, M., Bauch, S., Sunderland, T., Wunder, S., 2014. Forest Clearing in Rural Livelihoods: Household-Level Global-Comparative Evidence. *World Dev.* 64, S67–S79. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.002>
- Bremer, L.L., Farley, K.A., Lopez-Carr, D., Romero, J., 2014. Conservation and livelihood outcomes of payment for ecosystem services in the Ecuadorian Andes : What is the potential for ‘ win – win ’ ? *Ecosyst. Serv.* 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.03.007>
- Castillo, G., 2014. Migración internacional de campesinos mexicanos a Estados Unidos : entre las carencias histórico-estructurales y la ausencia de derechos. *Margen* 75 1–7.
- Castillo, G., Ibarrola, M.J., Gónzales, J., Ibarroala, M., 2018. Migraciones internacionales chiapanecas (2000-2007). Diferenciación socioespacial de contextos de expulsión. *Rev. ciencias Soc.* 78, 123–152.
- Chan, S., Sasaki, N., 2014. Assessment of Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Phnom Tbeng Forest Based on Socio-Economic Surveys 1641–1653.
- Crawley, M.J., 2007. *The R Book*, Second Edi. ed, Auction Theory. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374507-1.00050-9>
- Crk, T., Uriarte, M., Corsi, F., Flynn, D., 2009. Forest recovery in a tropical landscape: what is the relative importance of biophysical, socioeconomic, and landscape variables? *Landsc. Ecol.* 24, 629–642. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9338-8>
- Daliri, M., Kamrani, E., Jentoft, S., Paighambari, S.Y., 2016. Why is illegal fishing occurring in the Persian Gulf? A case study from the Hormozgan province of Iran. *Ocean Coast. Manag.* 120, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.020>
- Dehghani-Pour, M., Akbar, A., Azadi, H., Jürrgen, S., 2018. Revealing the role of

- livelihood assets in livelihood strategies : Towards enhancing conservation and livelihood development in the Hara Biosphere. *Ecol. Indic.* 94, 336–347.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.074>
- Diniz, F.H., Hoogstra-Klein, M.A., Kok, K., Arts, B., 2013. Livelihood strategies in settlement projects in the Brazilian Amazon: Determining drivers and factors within the Agrarian Reform Program. *J. Rural Stud.* 32, 196–207.
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.06.005>
- Ellis, F., 1998. Household strategies and rural livelihood diversification. *J. Dev. Stud.* 0388, 1–38. <https://doi.org/10.1080/00220389808422553>
- Fierros, I., Sophie, V., 2017. Medios de vida sustentables y contexto de vulnerabilidad de los hogares rurales de México Sustainable Livelihoods and Vulnerability. *Probl. Desarro.* 48, 107–131. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2017.11.006>
- Galicia, L., Rodríguez Bustos, L., 2016. Causas locales de la transformación del paisaje en una región montaña en el centro de México. *Acta Univ.* 26, 83–94.
<https://doi.org/10.15174/au.2016.1168>
- Ghasemi, S., ;Mohamed Zakaria; Ebil Yusof; Afshin Danehkar, 2010. A review of mangrove value and conservation strategy by local communities in Hormozgan province , Iran. *J. Am. Sci.* 6, 329–338.
- Goulden, M.C., Adger, W.N., Allison, E.H., Conway, D., Adger, W.N., Allison, E.H., Conway, D., 2013. Limits to Resilience from Livelihood Diversification and Social Capital in Lake Social – Ecological Systems Limits to Resilience from Livelihood Diversification and Social Capital in Lake Social – Ecological Systems. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 103:4, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.765771>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista, M., 2010. Metodología de la Investigación Quinta edición.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., Romijn, E., 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett.* 7, 1–12.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044009>
- INEGI, 2011. Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI, 2005a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Juan Bautista Coixtlahuaca. Clave geoestadística 20176.
- INEGI, 2005b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santa María Ixcatlán , Oaxaca Clave geoestadística 20416.
- Kamwi, J., W.C, P., Chirwa, S.O., Manda, M., Graz F, P., Katsch, C., 2015. Livelihoods , land use and land cover change. *Popul. Environ.* 37, 207–230.
<https://doi.org/10.1007/s11111-015-0239-2>
- Loison, S.A., 2015. The Journal of Development Studies Rural Livelihood Diversification

- in Sub-Saharan Africa : A Literature Review.
<https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1046445>
- Luna-José, A., Montalvo-Espinosa, L., Rendon-Aguilar, B., 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Botánica Económica y Etnobotánica* 72, 107–117.
- Masunungure, C., Shackleton, S.E., 2018. Exploring Long-Term Livelihood and Landscape Drivers and Consequences for 8–16. <https://doi.org/10.3390/land7020050>
- Matthews, R., Van Noordwijk, M., Milne, E., Minang, P., Bakam, I., 2010. Development and application of methodologies for reduced emissions from deforestation and forest degradation (REDD).
- Osorio, O.L.P., Mas Caussel, J.F., Guerra, F., Maass, M., 2015. Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investig. Geográficas* 60–74. <https://doi.org/10.14350/rig.43853>
- Robert Chambers, G.R.C., 1991. Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century. Discuss. Pap.
- Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*, 1ra Edició. ed, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,.
- Stefoni, C., 2011. Migración, remesas y desarrollo.: Estado del arte de la discusión y perspectivas. *Rev. la Univ. Boliv.* 10, 495–521. <https://doi.org/10.4067/s0718-65682011000300023>
- Sunderlin, W.D., Belcher, B., Wunder, S., 2005. Livelihoods , Forests , and Conservation in Developing Countries : An Overview 33, 1383–1402. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.004>
- Varela, L., Ocegueda, J., Ponce, R., 2000. Migración interna en México y causas de su movilidad. *Perfiles Latinoam.* 141–167.
- Wilkie, D.S., Carpenter, J.F., Zhang, Q., 2001. The under-financing of protected areas in the Congo Basin: somany parks and so little willingness-to-pay. *Biodivers. Conserv.* 10, 691–709. <https://doi.org/10.1023/A:1016662027017>
- Zora, L., Gwendolin, J., Olivia, Mr., Sorg, J., Felber, H.R., 2000. Understanding deforestation and forest fragmentation from a livelihood perspective. *Madag. Conserv. Dev.* 10, 67–76. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4314/mcd.v10i2.5>

Conclusiones generales

Los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo son resultado de complejas interacciones entre factores socioeconómicos y ambientales que actúan a diversas escalas espacio-temporales. El abordaje de tales interacciones en un marco integral continúa siendo uno de los grandes paradigmas, tanto de la geografía social como física; en este último caso, los estudios se consideran imprescindibles debido a que proporcionan la base para acceder a las causas últimas – de carácter social, económico y político – en torno a las tendencias de los procesos de degradación y pérdida de la biodiversidad.

La presente tesis aporta información sobre los procesos de deforestación, degradación y recuperación de la cobertura de bosque de encino en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. El estudio del CCUS a dos escalas, regional y local, se empleó como un recurso para analizar las propiedades emergentes de los procesos de deforestación, degradación y recuperación de la cobertura forestal, los cuales muestran patrones diferenciales en las escalas analizadas, reflejando que no son estáticos y que las causas que los dirigen requieren ser descritas. La investigación demostró que tanto la dinámica como las causas del cambio de cobertura del bosque de encino en la RBTC, en relación a los conductores directos e indirectos, varían a través de las escalas espaciales y temporales.

Los estudios a nivel regional son clave para identificar y delimitar la distribución futura de las comunidades forestales, para posteriormente gestionar e intervenir en la resolución de problemas. En este caso, el estudio a nivel regional (1:250:000) proporcionó información sobre los conductores indirectos de los procesos de CCUS (deforestación y recuperación). Sin embargo, es importante reconocer que los estudios a nivel regional se ven limitados por las inconsistencias entre las clasificaciones de vegetación y uso del suelo de las Series de INEGI, las cuales debieron ser verificadas y corregidas a través de imágenes de satélite de alta resolución. De esta forma fue posible diferenciar en áreas extensas los factores biofísicos y socioeconómicos relacionados a los procesos de CCUS. Por ejemplo, previo al decreto de la RBTC el bosque de encino fue deforestado por las comunidades locales, siendo factores como las áreas de baja pendiente, la cercanía a localidades y una mayor población masculina, los principales conductores del cambio. Sin embargo, el periodo posterior al decreto se caracterizó por la recuperación del bosque, promovida por factores como las áreas de elevada pendiente, la altitud y la disminución de la población masculina. Si bien el patrón observado no puede atribuirse directamente a la creación de la RBTC, tampoco puede

descartarse su influencia, ya que se registró una fuerte emigración masculina en el periodo posterior al decreto (2001-2011), la cual ha repercutido en el abandono de tierras agropecuarias y por ende en la recuperación forestal.

En cuanto a los estudios a nivel local, estos permiten identificar de manera precisa y detallada los procesos de degradación forestal,—que ocurren en relación a las formas de aprovechamiento del suelo, al nivel de pequeñas comunidades. Este tipo de estudios son necesarios para el correcto entendimiento de las causas directas que originan los cambios de cobertura y uso del suelo , destacando el caso de la tala, la agricultura y la ganadería, que han sido ya ampliamente reconocidas entre las principales causas de transformación del paisaje.

Los estudios a nivel local se ven limitados a la disponibilidad de imágenes de alta resolución para detectar procesos como la deforestación y la degradación. Además, este tipo de estudios está condicionada a la aceptación por parte de las poblaciones locales para el acceso a la verificación en campo de las coberturas y usos del suelo y a la realización de entrevistas y encuestas para entender los conductores asociados a los procesos de CCUS escala detallada.

El presente trabajo muestra una amplia evidencia del impacto de la dinámica del cambio de cobertura del bosque de encino, a una escala espacial detallada (1:3000), sobre los procesos de deforestación, degradación y recuperación, en dos localidades (La Estancia y Santa María Ixcatlán) con distinto tipo de subzonificación dentro de la RBTC, y que por lo tanto poseen diferentes formas de aprovechamiento de los recursos forestales.

El análisis mostró que la degradación fue el principal proceso que promovió la pérdida de cobertura de bosque de encino en los dos periodos de estudio, intensificándose en el periodo posterior al decreto. En la localidad La Estancia, la subzona que presentó mayor degradación fue la Zona de influencia, seguida de la subzona de Uso Tradicional y finalmente, la menos impactada fue la subzona de Preservación. En la localidad Santa María Ixcatlán, la subzona de Preservación fue la más afectada por el proceso de degradación.

Las causas directas o inmediatas que originan el CCUS fueron detectadas a partir del estudio de los medios de vida de las dos localidades estudiadas. El método de trabajo se basa en el reconocimiento de los conductores locales del CCUS a partir de las estrategias de subsistencia que poseen los hogares rurales. De este modo, se reconoció que la extracción de

leña, la ganadería y la agricultura son los principales medios de vida y conductores de cambio en los bosques de encino en ambas localidades. Además, se identificó que los bosques de encino son el principal capital natural para la subsistencia de las localidades rurales, las cuales muestran una baja diversificación de medios de vida, debido en gran medida a la disponibilidad del capital humano presente en los hogares.

El estudio a nivel local a partir del análisis de CCUS y los medios de vida sugieren que las políticas ambientales existentes en la RBTC no son sostenibles y comprometen la provisión de servicios ecosistémicos en cantidad y calidad. Por lo tanto, se requiere modificar y/o aplicar nuevas estrategias de manejo sostenible, que otorguen herramientas de subsistencia que no comprometan la permanencia de los recursos forestales.

Anexo 1. Formato de encuesta para el registro de los conductores locales del cambio de cobertura del bosque de encino para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán

Objetivo de la Encuesta: Realizar un diagnóstico de los factores ambientales y socioeconómicos que incidieron en el cambio de cobertura del bosque de encino en la

Municipio: _____
Número de cuestionario: _____ Fecha: _____ Localidad _____
Coordenada geográfica de la vivienda _____
Encuestador _____

Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Datos generales del encuestado

Sexo: Hombre Mujer

Edad: _____

Lugar de nacimiento: _____

Ocupación: 1) Agricultor 2) Ganadero 3) Estudiante 4) Comerciante 5) Construcción
6) Servicios de salud

Nivel de estudios: 1) Primaria 2) Secundaria 3) Prepa 4) Licenciatura

¿Cuántos miembros tiene su familia?: _____

Miembro	Sexo (M/F)	Edad	Ocupación (1-6)	Lugar residencia
Madre/Padre				
Hijo 1				
Hijo 2				
Hijo 3				
Hijo 4				

Factor migración

1. ¿Alguno de sus familiares ha migrado?

Sí No

2. Si la respuesta es afirmativa pasar a la 3. Si es negativa.

3. ¿Quiénes migraron? 1) Mamá/ Papá 2) Hijo1 3) Hijo2 4) Hijo3 5) Hijo4

Miembro que migró	Tiempo emigro	Municipio /País residencia	Razones emigración o abandono de tierras	¿Le envían remesas? Si/No	¿En qué se invierten las remesas
			1) Falta de oportunidades económicas 2) Altos precios maíz/combustible 3) Falta apoyo programas del gobierno 4) Atracción educativa o empleo en otros municipios 5) La RBTC impuso reglamentos evitar la extracción 6) Otro (Especifique)		1) Escuela hijos 2) Actividad agropecuaria (renta de arado o maquinaria) 3) Fiestas del pueblo 4) Infraestructura (mejoramiento pavimento) 5) Comercio (tienditas) 6) Mejoramiento casa 7) Otro (especifique)

4. ¿Mantienen sus derechos agrarios o forestales sus familiares que han migrado?

Sí: No: En alguna medida:

5. ¿Qué pasó con las tierras que trabajaban sus hijos que migraron?

Continúan manteniendo derechos comunales sobre sus tierras y las siguen trabajando

Sus parcelas fueron abandonadas, si es afirmativa pasar a la siguiente pregunta

6. ¿Hace cuánto tiempo sus parcelas fueron abandonadas?

Factor económico y accesibilidad

Actividades económicas y accesibilidad

7. ¿Qué tipo de actividades productivas desarrolla su familia en esta localidad?

Agricultura (ir p1)

Ganadería (ir p14)

3) Extracción de productos maderables (leña, carbón) (ir p15)

4) Extracción de productos no maderables (hojarasca, resina, plantas medicinales)

8. Si realiza **actividad agrícola**:

Miembro familia	Actividad	Superficie sembrada (ha)/mes	Cultivos	Producción obtenida	Autoconsumo/ Venta	Distancia del hogar a sus parcelas
	A. Temporal		e.g. maíz, sorgo, frijol			

9. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con su productividad agrícola?

1. Muy satisfecho
2. Satisfecho
3. Poco satisfecho
4. Nada satisfecho

10. ¿Qué factores ambientales cree que afectan su actividad agrícola?

1. Variabilidad del clima (Sequías o Exceso de lluvias)
2. Laderas empinadas
3. Poca accesibilidad a las tierras (el monte se encuentra lejos de nuestro hogar)
4. Las tierras son poco fértiles
5. Otra: _____

11. Si realiza actividad **pecuaria**:

Miembro	Ganado	Número de cabezas	¿Cómo se alimenta este ganado? 1= el más usado: <i>método Likert</i>	Tiempo/km sale a pastorear el ganado al monte
	a) Bovino		1.Pastoreo en bosques 2.Pastoreo en pastizales 3.Producen alimento en zonas agrícolas 4. Compran alimento 5. Otro (especifique)	
	b) Caprino		1.Pastoreo en bosques 2.Pastoreo en pastizales 3.Producen alimento en zonas agrícolas 4. Compran alimento 5. Otro (especifique)	
	c) Ovino		1.Pastoreo en bosques 2.Pastoreo en pastizales	

			3. Producen alimento en zonas agrícolas	
			4. Compran alimento	
			5. Otro (especifique)	
	d) Mular		1. Pastoreo en bosques	
			2. Pastoreo en pastizales	
			3. Producen alimento en zonas agrícolas	
			4. Compran alimento	
			5. Otro (especifique)	

12. Si realiza actividad de extracción forestal (madera)

Miembro	Tipo de recurso forestal	Autoconsumo (1), Venta (2)	Kg obtenidos al día o mes	Transporte	Tiempo hogar al monte (km)
	a) Madera (leña)			a) vehículo	
				b) pie	
				c) caballo o mula	
	b) no maderable (resina, plantas)			a) vehículo	
				b) pie	
				c) caballo o mula	

	medicinales, hojarasca)				
--	----------------------------	--	--	--	--

13. ¿Considera que ha aumentado o disminuido la actividad la actividad que realiza (superficie sembrada, cabezas de ganado, extracción de leña) después del decreto como reserva?
metodología likert

- 1) aumentó mucho
- 2) aumentó poco
- 3) nunca ha cambiado
- 4) disminuyó poco
- 5) disminuyó mucho

Otras fuentes de ingreso económico

14. ¿Participa usted o su familia en programas de apoyo? Sí _____ No _____

15. ¿Si participa, en que programas participa y cómo es su relación?

- 1. Muy buena
- 2. Buena
- 3. En gran medida
- 4. No hay reuniones

Miembro	Programas de gobierno	Años en que recibió apoyo	Monto recibido	N° de reuniones mes
	Programa de servicios ambientales			
	Programa de apoyo al campo (Procampo)			
	Proarbol			
	CONAFOR			