



El Colegio de la Frontera Sur

Análisis del cambio del uso del suelo y cobertura en el Soconusco, Chiapas

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales

Por

Rosa Elena Escobar Flores



El Colegio de la Frontera Sur

24 de Junio, de 2016.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Rosa Elena Escobar Flores

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

Análisis del cambio del uso del suelo y cobertura en el Soconusco, Chiapas

Para obtener el grado de **Maestro (a) en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Nombre

Firma

Director Dr. Miguel Angel Castillo Santiago

Asesor Dr. Darío Alejandro Navarrete Gutiérrez

Asesor Dr. Raúl Abel Vaca Geniut

Sinodal adicional Dra. María Lorena Soto Pinto

Sinodal adicional M. en C. Christiane Renate Junghans

Sinodal

suplente Dr.

Jorge

Leonel

León

Cortés

Dedicatoria:

A mi madre, Rosa Imelda

A mis hermanos, Raúl y Carlos

A mi sobrina que es mi alegría más grande Ximena

"He aquí mi secreto, que no puede ser más simple: solo con el corazón se puede ver bien; lo esencial es invisible a los ojos." Antoine De Saint - Exupéry

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por aceptarme en el programa de Maestría en ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural 2014-2015.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría.

Al proyecto 11063 Innovación Socio ambiental GIEZCA, por el financiamiento proporcionado para la realización de esta tesis.

Al comité tutorial integrado por el Dr. Miguel Ángel Castillo Santiago, al Dr. Darío Navarrete Gutiérrez, al Dr. Raúl Abel Vaca Genuit. Por todas las correcciones y observaciones hechas al trabajo.

A mi madre Rosa Imelda Flores Cossío por su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado.

A la Unión Internacional por la Naturaleza (UICN) en especial al ingeniero Didier y el ingeniero Felipe por su apoyo en campo.

A los ejidatarios del Municipio de Cacahoatan por acompañarme en los recorridos de campo y compartir conmigo esta experiencia.

A la Federación Indígena Ecológica de Chipas (FIECH) por el apoyo otorgado para los recorridos de campo en el municipio de Tapachula.

A Julio técnico de LAIGE, por su apoyo en los recorridos de campo.

A mis entrañables amigos de la maestría; Guadalupe Aguilar por tener una gran nobleza, a Karina Toledo por el intercambio de ideas, a Viridiana Llaven por las tardes de pláticas, a Georgina Maldonado por ser mi nueva hermana y ser cómplices en todo, a Fernando Calvillo por sus regaños. A todos ustedes muchas gracias por su amistad y paciencia.

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	II
Siglas Utilizadas.....	V
Estructura y Composición de la Tesis.....	VI
CAPÍTULO 1. Introducción.....	1
1.1 Cambio en la cobertura y uso de suelo.....	2
1.2. Disponibilidad de cartografía para la zona de estudio.....	6
1.3. Información estadística socioeconómica básica.....	7
1.4. Interpretación y análisis de imágenes de satélite.....	8
1.5. Antecedentes de la zona de estudio.....	9
1.6 Preguntas de investigación.....	11
1.7. Objetivo General.....	12
1.7.1 Objetivos específicos.....	12
CAPÍTULO 2. Artículo sometido.....	13
CAPÍTULO 3. Discusión General.....	36
3.1 Procesos de cambio en la cobertura y uso de suelo en la zona de estudio.....	36
3.2 Factores indirectos del cambio de uso de suelo en el área de estudio.....	40
Literatura citada en los capítulos de introducción y consideraciones finales.....	43
ANEXO 1.....	51
ANEXO 2 Formato de campo.....	52
ANEXO 3 Fotografías.....	54

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<i>Figura 1 Mapa de ubicación de la zona de estudio.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2 Mapas de vegetación y usos de suelo de los años 1990 y 2015</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3 Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona planicie.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4 Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona costa</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5 Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona sierra.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6 Mapas de cobertura y uso de suelo de los años 1990, 2000 y 2015.....</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 1 Sistema de leyenda utilizado en la clasificación de las imágenes de satélite</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 2 Valores estimados de la fiabilidad global e índice de Kappa</i>	<i>22</i>
<i>Cuadro 3 Superficies de cobertura y uso de suelo de las subregiones de ña zona de estudio de 1990 a 2015</i>	<i>26</i>
<i>Cuadro 4 Superficies de cobertura de los años 1990, 2000 y 2015.....</i>	<i>42</i>

Siglas Utilizadas

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONABIO: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

M.S.N.M: Metros sobre el nivel de mar

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

DOF: Diario Oficial de la Federación

LEGEEPA: Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Estructura y Composición de la Tesis

La presente investigación está conformada por tres capítulos, un capítulo de introducción dónde se aborda el tema principal que es el cambio de cobertura y uso de suelo, la definición de éste y una síntesis de los diversos trabajos relacionados, así como los antecedentes, pregunta de investigación y objetivos.

En el capítulo dos se anexa el artículo sometido a publicación a la revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, el periodo de años abarcado en esta investigación es de 1990, 2000 y 2015, para el artículo se tomó solo la fecha inicial 1990 y la fecha final 2015, esto con el fin de tener un periodo de cambio mayor.

Y por último tenemos el capítulo tres, discusión general en dicho capítulo se toman en cuenta aspectos que no fueron considerados en el artículo sometido a publicación, como el año intermedio el 2000.

CAPÍTULO 1. Introducción

Se sabe que desde el punto de vista ecológico los bosques ayudan a mantener el equilibrio en el medio ambiente y protegen al suelo de la erosión provocada por el viento y el agua. Por otro lado, los bosques son proveedores de diversos beneficios socioeconómicos para la población, la FAO (2014) los define de la siguiente manera “los beneficios de los bosques consisten en la satisfacción de las necesidades básicas de las personas y en la mejora de la calidad de vida (necesidades de orden superior) que se producen gracias al consumo de los bienes y servicios proporcionados por los bosques y los árboles, o que están respaldados indirectamente por los ingresos y el empleo en el sector forestal”. Estos beneficios, bienes, servicios y productos son considerados “productos de riesgo”, ya que la extracción y producción de estos contribuyen a la deforestación y degradación ambiental (Rautner, et al, 2013).

La deforestación se ha convertido en uno de los temas de suma importancia por el agravante problema del cambio climático global (). Se han elaborado diversos estudios que tratan de estimar la pérdida de cubierta forestal, donde resalta que los bosques tropicales son lo que han disminuido en su superficie en especial en América latina (Hansen *et al* 2013),

Para México se han elaborado diversos trabajos que abordan el cambio de cobertura y uso de suelo, donde se describen las causas de la deforestación y analizan este proceso con el fin de poder hacer un modelo de simulación de tendencias de la deforestación, en dichos estudios el proceso es de la siguiente manera: Bosque maduro a bosque perturbado, Bosque perturbado a usos agropecuarios (Mas y Flamenco, 2011;

Pinedo *et al.*, 2007; Velázquez *et al.*, 2002; Velázquez *et al.*, 2003; García-Barrios *et al.*, 2009; Mas *et al.*, 2004). Todos estos trabajos analizan estos procesos con variables explicativas de tipo biofísico, socioeconómicas, de crecimiento poblacional.

Hablar de deforestación en cuanto a su definición es un debate entre los investigadores, ya que de acuerdo a sus diferentes disciplinas la deforestación tiene un significado diferente, por ejemplo la FAO, maneja dos parámetros para definir la deforestación, el primero enfocado en el uso de suelo, donde la definición es la conversión de la cubierta forestal a cualquier otro uso del suelo, el segundo va dirigido hacia el porcentaje de cobertura forestal, el cual lo define como la reducción a largo plazo de la cubierta forestal. Como nos dimos cuenta desde la definición del concepto existe diversos puntos de vista, estudiar el proceso de deforestación y analizar sus causas se encuentra en una gran discusión, debido a que no se ha llegado a un consenso para decidir cuáles son las principales causas que llevan a la pérdida de cobertura forestal. Esta investigación aborda el tema desde el concepto de uso del suelo, se enfoca en describir los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo, donde veremos a continuación la definición de estos términos.

1.1 Cambio en la cobertura y uso de suelo

La cobertura o cubierta del suelo se refiere a la cubierta biofísica observada sobre la superficie de la tierra (INEGI, 2013), o también al área que cubre la vegetación a una determinada superficie (Yun-Hao *et al.*, 2001). Al decir cobertura no solo hablamos de boques y selvas, también se hace referencia a pastos, cultivos agrícolas así como los

asentamiento humanos y la infraestructura, es decir todo lo creado por el hombre o de origen antrópico es también cubierta del suelo.

Por uso de suelo nos referimos al propósito para el cual se destina dicha cobertura, es decir, son todas las actividades que los seres humanos realizan, uno de los ejemplos más claros que se tiene como cobertura de suelo es el pasto, éste puede ser utilizado como una cancha de fútbol o para pastoreo de ganado, entre otros (Lambinet *al.*, 2003).

La LGEEPA, define al cambio de uso de suelo como “la modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación” (DOF, 2000). Entonces podemos decir que cambio de cobertura y uso del suelo se refiere al cambio de una cobertura (ya sea bosque, agricultura) por otra y uso del suelo al cambio en las actividades que se realizan en cierta superficie (por ejemplo el cambio de cultivos básicos a plantaciones).

Existen varias propuestas conceptuales que pretenden establecer los fundamentos teóricos de las investigaciones sobre el cambio de uso del suelo, en mayor medida estos esfuerzos provienen de disciplinas relacionadas con la interacción hombre-medio ambiente tal como la economía y la ecología política (Herspergeret *al.*, 2010). Las investigaciones sobre el cambio de uso de suelo coinciden en la existencia de al menos tres bloques conceptuales fundamentales para explicar el cambio de uso del suelo: las fuerzas conducentes, los actores del cambio, y el cambio de cobertura/uso del suelo (Herspergeret *al.*, 2010).

Las fuerzas conducentes (o drivers como comúnmente se le refiere en inglés) se ha dividido en “causas próximas” y los “factores de raíz o fuerzas conducentes”. Las

causas próximas se refieren a las actividades que tienen un efecto directo en el cambio de cobertura y en el uso del suelo, mientras que los factores de raíz se refieren a los procesos sociales subyacentes que dan lugar a las acciones próximas (Agricultura, Ganadería, Minería, Asentamientos humanos) que afectan el cambio de uso de suelo (Chowdhury, 2006). Los factores demográficos como la expansión de los asentamientos humanos, y los factores económicos, como la apertura de áreas para actividades agrícolas y ganaderas, son considerados como los principales factores que tienen un efecto directo en el paisaje (SEMARNAT, 2006).

El ser humano es el principal agente causal de la degradación de los ecosistemas, debido a actividades tales como la ganadería, agricultura, extracción de madera para la construcción de viviendas, entre otros. Dichas actividades se han acelerado en las últimas décadas por el rápido crecimiento de la población humana, que cada vez demanda más bienes y servicios de los ecosistemas (Sánchez *et al*, 2009).

Se han elaborado diversos estudios sobre las causas directas e indirectas del cambio de uso del suelo en todo el mundo, donde se resaltan la expansión agrícola, extracción de madera y la expansión de la infraestructura como las principales acciones que transforman el paisaje (Geist y Lambin, 2002; Bürgiet *al.*, 2004). Para el caso específico de México las principales causas directas son la actividad ganadera y la agrícola (CONAFOR, 2013).

Sin embargo las actividades agrícolas y ganaderas son dos de las prácticas que han sido la principal fuente de alimentos y remuneración económica de muchos pueblos. Se estima que en el mundo las áreas dedicadas a la ganadería alcanzan los 35 millones de

kilómetros cuadrados (Jimenez et al, 2015). Para el caso de la agricultura en México se estima un total de 30 millones de hectáreas (FAO, 2009).

Los factores indirectos, son aquellos que se relacionan con cuestiones que no son visibles sobre el paisaje pero que lo afectan de manera indirecta, derivando así en su nombre, estos factores pueden ser: económicos, sociales, políticos, culturales y demográficos (Challenger yDirzo, 2009).

Estos factores están condicionados al contexto socioeconómico de México en especial al campo rural, donde la erradicación de la pobreza es el principal problema a resolver, por ello es que se comienzan a desarrollar programas de apoyo al campo mexicano como lo son insumos para la agricultura y ganadería, apoyos económicos a las personas vulnerables; por ejemplo los programas del gobierno federal de apoyo a personas mayores o a madres solteras. Estos factores resultan difíciles de separar y analizar de manera independiente, dado que éstos se entremezclan y se relacionan entre ellos.

Los factores y actores causantes de la deforestación han cambiado en los últimos años; en el trabajo realizado por Rudel et al. (2009), se menciona que en el periodo de 1960 a 1980, los agricultores a escala pequeña con el apoyo estatal deforestaron grandes extensiones de bosque tropical, a medida que la globalización y la urbanización incrementaron, estos agentes de la deforestación también cambiaron, los agronegocios, los agricultores y madereros produciendo para consumidores en mercados internacionales se convirtieron actores más importantes del cambio de uso del suelo en esos lugares (DeFries et al., 2010, Rudel et al. 2009). Este fenómeno debilitó las fuertes relaciones históricas entre el crecimiento de la población local y la cobertura forestal

(Rudelet *et al.*, 2009), al mismo tiempo se observó que los bosques han comenzado a recuperarse o al menos que las tasas de deforestación han disminuido, en especial aquellos bosques que se ubican en las cercanías de las comunidades marginadas, donde abandonan las tierras de cultivos para emigrar hacia ciudades urbanas o fuera del país (Dan 2003; Rudelet *et al.*, 2009; Grau y Aide, 2008, Vaca *et al* 2012).

Esta situación ha llevado a concluir a algunos investigadores de que la migración rural, el crecimiento de empleos no-agrícolas y el consecuente abandono de tierras marginales puede crear las condiciones para una eventual transición forestal, es decir una etapa en la que se experimentará la recuperación de bosques (Rudel *et al* 2005, Grau y Aide 2008).

1.2. Disponibilidad de cartografía para la zona de estudio

Realizar un análisis del cambio de cobertura y uso de suelo, puede resultar una tarea difícil debido a ciertos factores: primero, puede presentarse la falta de compatibilidad en las fuentes de información como los mapas que resultan incomparables en términos de las categorías que utilizan; segundo, se pueden presentar casos en el que las escalas de trabajo sean incompatibles y dificulten el poder llevar a cabo el análisis del cambio de uso de suelo. Estas diferencias se dan de acuerdo a los objetivos de cada trabajo y la metodología empleada a la hora de clasificar una imagen.

Las fuentes de datos disponibles para México en cuanto a mapas son proporcionados por el INEGI, el cual desde el año de 1980 proporciona mapas de vegetación y uso de suelo para toda la República Mexicana que va de la serie I a la serie V (2012), y que se

refiere a la información actualizada sobre los tipos de vegetación y usos de suelo que corresponden a nuestro país.

En estos mapas, que fueron realizados por la misma institución, se presentan incompatibilidades en cuanto a las categorías de los mismos, por ejemplo para la zona de estudio se presentan 17 clases de cobertura que no son iguales para todas las series (véase cuadro 1 en anexos). Estas discrepancias pueden deberse a la metodología utilizada y los insumos que se utilizaron para la elaboración de los mapas y la decisión del usuario al considerar el tipo de clase. En cuanto a insumos se refiere, para la serie uno se utilizaron ortofotos, mientras que para las series II y III, imágenes Landsat TM, para la serie IV imágenes Spot y por último para la serie V se hizo uso nuevamente de imágenes Landsat.

1.3. Información estadística socioeconómica básica

Otro de los retos a los que nos enfrentamos al realizar este tipo de estudios, es la información disponible en cuanto a estadísticas socioeconómicas, para el caso de México, son proporcionadas por el INEGI y la SAGARPA, ambas instituciones proporcionan estadísticas del sector agropecuario. El primero cuenta con los siguientes censos: dos censos ejidales de los años 1991 y 2001, dos censos agrícola, ganadero y forestal de 1991 y 2007(INEGI, 2016), los cuales proporcionan estadísticas a nivel de municipio para todo el país, estos datos son actualizados cada diez años (excepto el último censo que tiene un desfase de siete años). Por otra lado la SAGARPA, a través del SIAP, proporciona estadísticas de producción agrícola y ganadera por cultivos, actualmente la consulta en línea proporciona datos a partir del año 2003 a 2014. Aunque esta información está dada a nivel municipal, existen discrepancias en cuanto a

superficie y producción de los cultivos, incluso existen cultivos que el INEGI menciona en sus censos y por su parte el SIAP no, y viceversa.

1.4. Interpretación y análisis de imágenes de satélite

La interpretación de una imagen de satélite para la generación de mapas, puede hacerse de diferentes formas, ya sea de forma manual como la fotointerpretación, que consiste en la toma de decisiones después de analizar visualmente una imagen, es decir interpretando los componentes de una imagen para luego asignarles categorías. Y métodos automatizados, para los cuales existen diferentes enfoques, Weng (2006) los clasifica de la siguiente manera: pixel, subpixel, contextuales, por campo y los orientados a objetos.

Uno de los enfoques utilizados comúnmente es el de pixel por pixel, estos clasificadores son los más empleados y de ellos destacan el método de clasificación supervisada y no supervisada (Chuvieco, 2008).

Otro enfoque es la clasificación por segmentos; se basa en seccionar la imagen en grupos de píxeles, tomando en cuenta sus características de color, brillo, textura (Vargas *et al.*, 2013; Santos, 2007). Este método hace lo que normalmente haríamos si se realiza una clasificación de imágenes manual, es decir cuando el usuario define los límites entre los diferentes elemento de una imagen.

Para México, se han realizado diversos estudios en distintas zonas del país sobre análisis de cambio de cobertura y uso de suelo con diferentes técnicas y metodologías, técnicas de clasificación manuales y automatizadas. Para el caso de técnicas manuales los estudios realizados por (Pineda *et al.*, 2009; Boccoet *al.*, 2001) tomaron como base

los mapas generados por el INEGI, y los mapas de los inventarios forestales, re categorizando las clases para que sean compatibles entre los diferentes años. Otros trabajos como el realizado por Velázquez *et al.*, (2003), han hecho una fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat.

El uso de técnicas automatizadas también se ha empleado en estudios de caso en diversas regiones del país, con el enfoque de clasificación de pixel, utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud (Berlanga *et al.*, 2009; Oliva *et al.*, 2010). Otros estudios de caso realizados en diferentes zonas de América, han utilizado las técnicas automatizadas con otros enfoques de clasificación, tal es el caso del estudio realizado por ShinjiKawakubo(2009), el cual utiliza el enfoque de segmentación.

Las técnicas y metodologías a utilizar pueden variar de acuerdo al objetivo del trabajo y a la zona de estudio, por ejemplo el uso de técnicas de interpretación manual son bastante útiles para los estudios de superficies pequeñas en donde la inversión en costos y tiempo es menor. El uso de técnicas automatizadas es de utilidad para estudios de caso de superficies grandes, en donde el tiempo invertido en la elaboración de los mapas sería más rápido y puede utilizarse en analizar los resultados. Por lo tanto, una revisión de las técnicas de clasificación de imágenes utilizadas en investigaciones previas y sus aplicaciones, es útil para entender cómo estas técnicas pueden ser mejor utilizadas para ayudar a resolver problemas concretos.

1.5. Antecedentes de la zona de estudio

México, debido a su posición geográfica, la conjugación del relieve y su clima es uno de los países más diversos, lo cual genera diferentes tipos de vegetación, que lo convierte

en un reto al momento de realizar un mapa temático de tipos de vegetación y usos del suelo. Para el estado de Chiapas se contemplan 17 tipos de vegetación (Reyes Hartmann, 2013). La presente investigación abarca siete municipios de la región socioeconómica denominada el Soconusco (véase figura 1), cuenta con una extensión territorial de 4,644 km², debido a que se encuentra con un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 4,100 msnm, la convierte en una región con un importante gradiente altitudinal que se traduce en una gran diversidad. Esta región es considerada una de las más productivas del estado, siendo los cultivos de café, mango y plátano los que más se comercializan a nivel nacional e internacional incrementando la superficie de estos cultivos año con año y desplazando a otros, como el cacao que fue uno de los principales cultivos de la zona antes de la llegada del café. Otro de los cultivos importantes de la zona fue el algodón, que trajo como consecuencia la transformación en el paisaje con la deforestación de cientos de hectáreas de selva baja, así mismo atrajo a la región un número de inversionistas cuya intención era ubicar maquiladoras en la zona por este cultivo, sin embargo, el cultivo se vino abajo por problemas de plagas y enfermedades y fue sustituido por el cultivo de la soya (De La Torre, 2013).

La palma africana se ha convertido en uno de los principales cultivos de materia prima para la obtención de aceite que tiene múltiples usos para la elaboración y preservación de alimentos, dado que el cultivo se desarrolla en ambientes tropicales (SAGARPA, 2010), la región del Soconusco se convierte en una de las zonas del estado ideales para el establecimiento de este cultivo. En 2004, con el discurso del apoyo a la economía, el gobierno federal a través de la SAGARPA, establece en la región tres

plantas extractoras, dos de origen privado y una de beneficio social; esto ha provocado la conversión de cultivos básicos como el maíz y frijol a algunas hectáreas destinadas a la ganadería y a la sustitución del cultivo de la soya por plantaciones de palma de aceite.

La deforestación dada por el cambio en la cobertura del suelo es uno de los temas ambientales más estudiados y discutidos en la actualidad por su implicación sobre la amenaza a la pérdida de biodiversidad y sus consecuencias al cambio climático global. Otros procesos de cambio como la intensificación de la agricultura, el crecimiento de las actividades de minería o la urbanización, han sido trabajados con menor frecuencia, sin embargo, el papel de éstos en la regulación de las funciones ecosistémicas de los paisajes también puede ser de vital importancia. Los cambios en las actividades productivas de la población muestran la dinámica económica y social de un territorio donde más adelante estos procesos pueden ejercer una mayor presión a los bosques remanentes. Algunas de las causas de la escasa disponibilidad de estos estudios también se refieren a la menor disponibilidad de bases geográficas de apropiado detalle espacial y temático. La discriminación automatizada de los tipos de cobertura agropecuaria aún es un reto por resolver.

1.6 Preguntas de investigación

¿Qué cambios en la cobertura y uso del suelo han predominado en la región?

¿Qué coberturas han sido las más afectadas?

¿Cuáles son las tasas de deforestación?

¿Qué factor, económico, político o institucional, está promoviendo el cambio de uso de suelo en la región, por ende que factores han configurado el paisaje actual?

1.7. Objetivo General

Conocer cuáles son los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo en el que han definido la actual configuración del paisaje en el soconusco y comprender su relación con los factores socioeconómicos promotores del cambio

1.7.1 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de cobertura y uso de suelo existentes (2015) y de los años anteriores (1990 y 2000)
- Identificar las regiones y los procesos de cambio en la cobertura y uso de suelo predominantes
- Identificar los niveles de pérdida de cobertura arbórea y evaluar si la región está experimentando una posible transición forestal
- Analizar el comportamiento de estadísticas socioeconómicas relacionadas con el cambio de uso del suelo.

CAPÍTULO 2. Artículo sometido a la revista: Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

1 **Análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo en el Soconusco, Chiapas, en el período 1990-**
2 **2015.**

3 Autores: Rosa Elena Escobar Flores¹, Miguel Angel Castillo Santiago^{1*}, Raúl Abel Vaca Genuit¹, Darío
4 Navarrete Gutiérrez¹

5 ¹ Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística. El Colegio de la Frontera Sur, Carretera
6 Panamericana y Periférico s/n CP: 29290, San Cristóbal de las Casas, Chiapas

7 *Autor para correspondencia: m.castillo.santiago@gmail.com

8 **Resumen.** La región del Soconusco en Chiapas se caracteriza por ser una de las regiones agrícolas más
9 productivas del Estado, pero también una de las que presentan mayor vulnerabilidad a deslaves e
10 inundaciones, el objetivo principal de esta investigación fue analizar las trayectorias de los cambios en la
11 cobertura del suelo y su relación con la dinámica socioeconómica. Para esto se clasificaron imágenes de
12 satélite Landsat de los años 1990 y 2015 se dividió la zona de estudio en tres secciones para observar los
13 cambios en cada una de ellas: zona sierra (parte alta de la cuenca), zona planicie (parte media) y zona
14 costa (parte baja). La zona planicie, que desde hace varios años atrás ha sido modificada, para este
15 periodo de tiempo se encontró que el mayor cambio de uso de suelo es la transformación de cultivos
16 básicos hacia plantaciones agrícolas, que siguen una lógica de exportación. Para las zonas sierra y costa,
17 donde se encuentran los remanentes de bosques naturales, el cambio visible es la deforestación. A pesar
18 de que la región experimentó un fuerte incremento en la densidad poblacional y crecimiento de las áreas
19 urbanas, la producción de alimentos básicos se ha mantenido a los mismos niveles de 1990.

20 **Palabras clave:** cambio de uso de suelo, deforestación, crecimiento poblacional, Soconusco, Chiapas.

21

22 **Abstract.** Soconusco region, in Chiapas, is characterized for being one of the most agricultural regions of
23 the state, but it is also one of the most vulnerable regions to floods and mudslides. The main objective of
24 this investigation was set to analyze the trajectory in the land coverage and its relationship with the
25 socioeconomic dynamics. For this purpose the Landsat satellite images from 1990 to 2015 were classified
26 by dividing the study region in three sections to observe the changes in each one of those regions: Sierra
27 zone (upper section of the Cuenca), Plain zone (middle section) and Shore zone (bottom section). For the
28 plain zone, which since several years ago has been modified; was found that in this period of time most of
29 the land changes are referred to the basic crop transformation of the agricultural plantations, that follows to
30 an exportation logic. For the Sierra and Shore zones, where the remaining natural forests are found, the
31 visible study is deforestation. Even though the region experimented a strong increment in the population
32 density and urban areas, the production of staple food has been maintained at the same levels since 1990.

33 **Keywords:** land use change, deforestation, population growth, Soconusco, Chiapas

34 INTRODUCCIÓN

35 El cambio en la cobertura y uso del suelo (CCUS) es uno de los principales factores que contribuyen al
36 cambio climático global (Sánchez, Arturo, Martínez and Velázquez, 2009); es un hecho que las áreas con
37 cobertura forestal han disminuido su superficie drásticamente en los últimos años; tan solo para México en
38 se ha reportado una tasa de deforestación de los bosques tropicales de 0.76% Mas et al (2004). A nivel
39 mundial se estima que alrededor del 50% de los bosques tropicales del mundo han sido talados, lo que
40 representa uno de los cambios antropogénicos en el uso del suelo más significativos en la historia (Rautner
41 et al. 2013). También la agricultura ha sufrido cambios en fechas recientes, en muchos paisajes rurales de
42 países en desarrollo, se ha empezado evidenciar la pérdida de la agricultura tradicional en beneficio de
43 usos del suelo más intensivos, fomentado en gran medida por los mercados globalizados (van Vliet et al.,
44 2012)

45 Cuando se aborda el tema del CCUS frecuentemente se interpreta como deforestación, si bien es claro que
46 existe una estrecha relación entre estos procesos. El CCUS no necesariamente indica deforestación. Para
47 esto se tiene que comprender la diferencia entre estos conceptos: La cobertura son todos aquellos
48 elementos que están en una determinada superficie (bosques, cultivos agrícolas, asentamientos humanos,
49 suelo desnudo); mientras que el uso de suelo se refiere al propósito para el que se destina dicha
50 superficie (Lambin et al, 2003)

51 Para entender los procesos de CCUS se han clasificado en dos grandes grupos las "causas próximas" y
52 las "causas subyacentes o indirectas" (Rautner, Leggett and Davis, 2013; Challenger and Dirzo, 2009). Las
53 causas próximas se refieren a las actividades que tienen un efecto directo en el cambio de cobertura y en
54 el uso del suelo (expansión de la ganadería, expansión de la frontera agrícola), mientras que las fuerzas
55 subyacentes o conductoras se debe a los procesos sociales que dan lugar a las acciones próximas
56 (expansión de la frontera agrícola y ganadera, actividades mineras, crecimiento urbano) que afectan el
57 cambio de uso de suelo (Chowdhury, 2006). Los factores demográficos como la expansión de los
58 asentamientos humanos y los factores económicos, como la apertura de áreas para actividades agrícolas y
59 ganaderas, son considerados como los principales factores que tiene un efecto directo en el paisaje
60 (SEMARNAT, 2006).

61 En un estudio sobre diferentes casos a nivel nacional, (Geist and Lambin, 2002) concluyen que la
62 agricultura migratoria y el crecimiento poblacional son los factores próximos que predominan, que son
63 derivados del crecimiento de la economía y la demanda de bienes y servicios; cabe resaltar que mencionan
64 que esto no se puede generalizar porque cada región es diferente y se rige de distintas formas que tiene
65 que ver más con su organización local, que si en cierta manera los factores exteriores como el mercado
66 influye, las diversas conjugaciones que tiene que ver con organización social y otra serie de factores
67 biofísicos, son los que determinan como se manifiestan estos procesos en territorios a escalas locales.

68 Comprender y analizar los factores que interviene en estos procesos es de crucial importancia para poder
69 desarrollar estrategias que sirvan para hacer frente al deterioro ambiental.

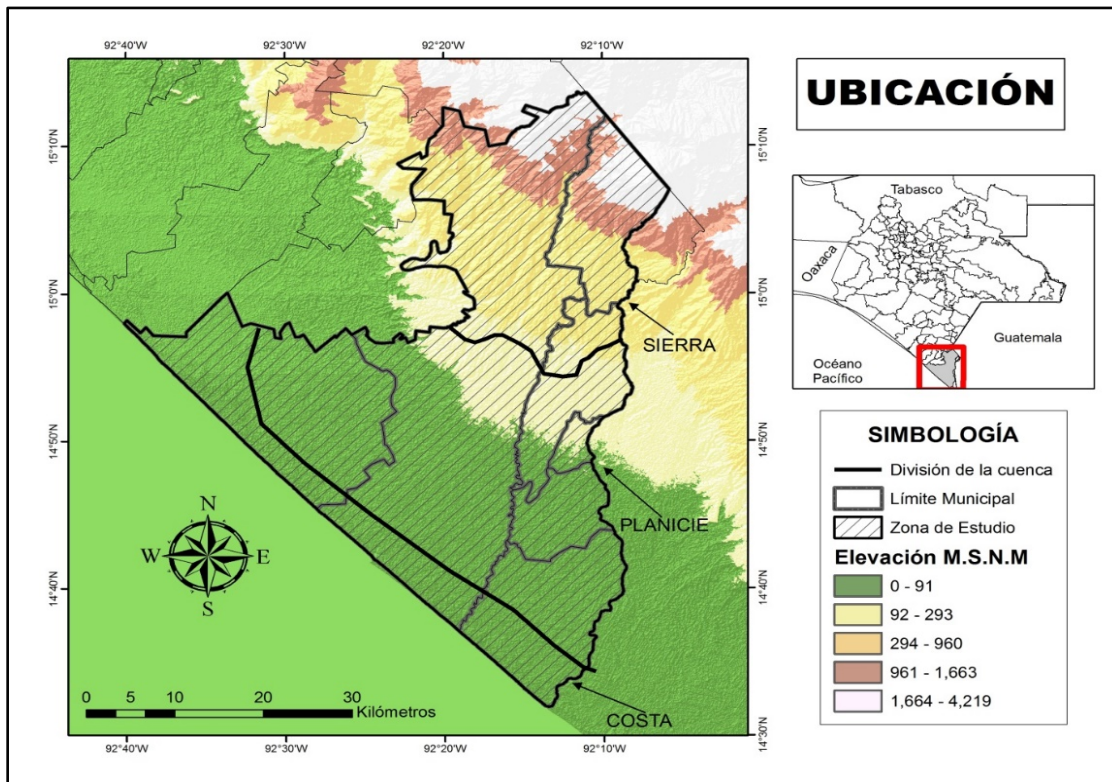
70 La zona de estudio se encuentra ubicada en la región económica denominada El Soconusco, se
71 caracteriza por ser una de las regiones más productivas en términos agrícolas, pero también por mantener
72 aún ecosistemas de gran importancia biológica debido a su riqueza de especies como los bosques de
73 niebla y a su papel en la regulación de procesos costeros tales como los manglares. Las fuertes pendientes
74 e intensas lluvias que caracterizan la parte alta de la cuenca la convierten en una región con alto riesgo a
75 deslaves e inundaciones. Desastres de gran magnitud que involucraron la pérdida de vidas humanas se
76 han presentado en los últimos años, como el huracán Javier de 1998, provocando inundaciones y deslaves
77 de cerros (Cuevas, 1998), y el huracán Stan de 2005, éste último dejó severos daños a casas, caminos e
78 infraestructuras. Por estas razones se ha invertido una gran cantidad de recursos económicos (Vasquez,
79 2009) con el propósito de propiciar el uso ordenado de los recursos naturales y disminuir la vulnerabilidad a
80 desastres.

81 En este sentido, este estudio del cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo, se enfoca en el análisis de
82 algunos de los procesos relevantes en estos últimos 20 años que han conformado el paisaje actual.

83 **ÁREA DE ESTUDIO**

84 Se localiza al sur del estado de Chiapas, abarcando parcialmente la región económica denominada
85 Soconusco, en específico los municipios de Mazatán, Tapachula, Tuxtla Chico, Frontera Hidalgo, Suchiate,
86 Metapa y Cacahoatan, que en conjunto tienen una extensión territorial de 2032 km² (ver Figura 1). Los
87 siete municipios abarcan tres cuencas hidrográficas, las de los ríos Coatán, Cahoacán y Puerto Madero. La
88 zona se caracteriza por presentar una geomorfología diversa, que incluye sierras, lomeríos y llanuras
89 aluviales (INEGI 2001); lo que da como resultado una diversidad de ecosistemas, entre los cuales se

90 encuentran los bosques de pino, Mesófilo de montaña, selvas altas perennifolia, selvas medianas
 91 subperennifolia y manglares (INEGI, 2012).



92

93 **Figura 1** Mapa de ubicación de la zona de estudio

94

94 **MATERIALES Y MÉTODOS**

95

95 **Clasificación de imágenes de satélite.** Se emplearon dos imágenes de satélite, una Landsat 5 TM
 96 correspondiente al año 1990 (10 de Enero) y una Landsat 8 OLI del 2015 (05 de Abril). Para clasificación
 97 de imágenes, se realizó una serie de recorridos en la zona de estudio en los meses de marzo a mayo del
 98 2015, con el fin de obtener datos sobre la cobertura y los usos de suelo. En cada sitio visitado se registró
 99 la siguiente información: 1) coordenadas en metros usando el sistema de proyección Universal Transversa
 100 de Mercator 2) tipo de cobertura y uso de suelo, 3) municipio 4) Se ubicaron espacialmente con
 101 coordenadas fotografías del sitio y se obtuvo la orientación. En total se registraron 100 sitios de control en
 102 campo, que se emplearon como muestras de entrenamiento para la clasificación de las imágenes. Estos

103 recorridos de campo se usaron para definir el sistema de leyenda empleada en la clasificación de las
 104 imágenes, la cual se describe en el Cuadro 1. Como material de apoyo para la clasificación también se
 105 empleó lo siguiente: una ortofoto del año 1996, un modelo digital de elevaciones (con tamaño de pixel de
 106 30 m), las cartas de los tipos de vegetación y uso de suelo de INEGI en escala 1:250,000 (series II a V),
 107 todos ellos descargados del portal de información disponible en la red (www.inegi.gob.mx).

108 **Cuadro 1** Sistema de leyenda utilizado en la clasificación de las imágenes de satélite

Categorías	Clases	Descripción
Vegetación natural y Seminatural	Bosques	En esta categoría se incluyen Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de pino-encino y selvas
	Manglar	Vegetación asociada a cuerpos de agua
	Vegetación Hidrófila	Vegetación asociada a cuerpos de agua se incluyen Popal y Tular
	Acahual	Se refiere a las áreas de vegetación arbórea perturbada, en ella se incluye también los cafetales bajo sombra.
Plantaciones	Cafetal	Cafetales sin sombra: Plantación agrícola
	Mango	Plantación agrícola
	Plátano	
	Palma de aceite	
Cultivos	Cultivos	Son las actividades relacionadas con el uso y manejo del suelo, en esta categoría se incluyen; cultivos de temporal, cultivos de riego, ganadería.
Asentamientos humanos	Asentamiento Humano	Espacio ocupado por los pobladores.
	Sin vegetación aparente	Se refiere a las zonas en las que aparentemente no existe alguna cobertura agrícola, ni de bosques.
	Agua	Cuerpos de agua

109
 110 Para decidir el enfoque de clasificación a emplear en este tipo de condiciones (áreas heterogéneas y
 111 fragmentadas con presencia de rodales de diferentes edades y diferentes tipos de cultivos), se evaluaron
 112 dos enfoques, uno basado en pixel por pixel (máxima verosimilitud) y el otro basado en objetos
 113 (segmentación).

114 El método de Máxima Verosimilitud (ML) o máxima probabilidad, clasifica un pixel a la vez basado en los
115 Niveles Digitales (ND) de sus bandas espectrales; debido a que es un método paramétrico, se asume que
116 los ND de los pixeles dentro de las clases de información se ajustan a una distribución de probabilidad
117 normal, por lo que pueden ser fácilmente caracterizados por parámetros como la media y varianza
118 (Chuvieco, 2008). A fin de disminuir la confusión entre clases, se procuró que las muestras de
119 entrenamiento de cada clase de cobertura presentaran suficiente separabilidad espectral. Para llevar a
120 cabo esto, se consideró el criterio de separación usando el índice de divergencia transformada el cual da
121 como resultado valores entre 0 y 2. Un valor cercano a 2 indica máxima separabilidad entre los pares de
122 clases (García Mora y Francois, 2008).

123 El segundo enfoque de clasificación utilizado en este trabajo fue el de Segmentación, se procede en dos
124 etapas, en la primera de ellas se divide la imagen en una serie de regiones (segmentos o polígonos) y en
125 una etapa subsiguiente se asignan identificadores a las regiones construidas, de acuerdo a las clases de
126 cobertura del suelo descritos en la leyenda. Para la creación de los segmentos se consideran
127 conjuntamente las características espectrales y espaciales de la imagen, la vecindad de los pixeles juega
128 un papel clave en la definición de los segmentos.

129 En ENVI se utilizó el algoritmo "edgebased", que requiere de dos parámetros; "Scalelevel" y "Mergelevel".
130 El primer parámetro varía de 0 a 100, este primer filtro controla el tamaño de los segmentos mientras que
131 el segundo parámetro sirve para integrar los segmentos, y así eliminar los segmentos muy pequeños y no
132 deseados. Tomando en cuenta estos parámetros se realizaron diversas pruebas hasta encontrar la que
133 visualmente presentara una mejor distribución y tamaños de segmentos. La cual quedó de la siguiente
134 manera: ScaleLevel: 50, MergeLevel: 80. Para cuantificar y comparar los resultados obtenidos con los dos
135 enfoques de clasificación, se calcularon matrices de confusión y estadísticos Kappa.

136 **Análisis del cambio en la cobertura y uso de suelo.** Para interpretar de mejor manera los cambios y
137 procesos relevantes en los últimos 25 años, se dividió el área de estudio en tres zonas de acuerdo a
138 rasgos geomorfológicos que destacaran su posición dentro de la cuenca, se emplearon como criterios para
139 la delimitación, las elevaciones y las pendientes del terreno. La primera denominada “zona costa”,
140 dominada por la presencia de humedales de la cuenca, corresponde a las llanuras aluviales que se
141 encuentran entre 0-10 msnm. La siguiente, denominada “zona planicie”, comprende mayormente a las
142 planicies o zonas con pendientes ligeras y elevaciones entre 10-200 msnm. Y por último la “zona sierra”,
143 que corresponde a la parte alta de la cuenca y es en donde se encuentran pendientes pronunciadas y
144 elevaciones que van desde los 200 a los 4100 msnm (ver Figura 1). Con el propósito de evidenciar los
145 procesos de cambio en la construcción de las matrices de cambio y gráficos se emplearon las categorías
146 generales descritas en el Cuadro 1. Para conocer las tasas de cambio de todas las categorías se utilizó la
147 ecuación utilizada por la FAO (1996).

148 También se recopilaron datos de los censos agropecuarios elaborados por el INEGI, para los años 1991 y
149 2007, las estadísticas de producción de cultivos agrícolas del servicio de información agroalimentaria y
150 pesca (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y los
151 censos de Población y Vivienda de los años 1990, 2000 y 2010.

152 **RESULTADOS**

153 **Clasificación de imágenes.** La clasificación elaborada por el método de máxima verosimilitud obtuvo un
154 porcentaje de fiabilidad global de 78.9% y un valor de Kappa de 0.77 mientras que con la segmentación la
155 fiabilidad obtenida fue 82.2% y un coeficiente de Kappa de 0.81% ver cuadro 2. De acuerdo con la escala
156 de valores propuesta por Congalton, (1991) valores de Kappa superiores a 0.8 corresponden a una
157 clasificación aceptable. Los valores de confiabilidad y de Kappa obtenidos no mostraron una diferencia
158 significativa, se decidió trabajar con la segmentación porque visualmente presentaba una mejor

159 separabilidad entre los rasgos de la imagen a diferencia de la clasificación pixel por pixel. Los resultados
 160 que se presentan en adelante son aquellos obtenidos con el enfoque de Segmentación.

161 **Cuadro 2** Valores estimados de la fiabilidad global e índice de Kappa

	<i>Fiabilidad global %</i>	<i>Kappa %</i>
<i>Método</i>	LANDSAT	LANDSAT
<i>Máxima verosimilitud</i>	78.89	0.77
<i>Segmentación</i>	82.22	0.81

162
 163 A partir de la clasificación de imágenes de satélite para los años 1990 y 2015, utilizando el método de
 164 segmentación (ver figura 2), se encontró que la clase de cultivos (agricultura de riego y de temporal anual,
 165 y pastizales), fue el uso de suelo predominante en el área de estudio (Cuadro 3). En 1990 esta clase
 166 ocupaba una extensión cercana al 46% (93 637 ha) del territorio y disminuyó hasta un 38% (76,757 ha) en
 167 2015, convirtiéndose a cultivos perennes como el mango y el plátano.

168 La clase de Acahuales (la cual incluye cafetales bajo sombra) ocupaban en 1990 un total de 32.5 %
 169 equivalente a 66 099 ha; para el año final ésta disminuyó a 60,490 ha, parte de esta disminución se debió a
 170 que muchos cafetales con sombra cambiaron a cafetales de sol, ésta última categoría pasó de 246 ha en
 171 1990 a 1,986 ha en el 2015.

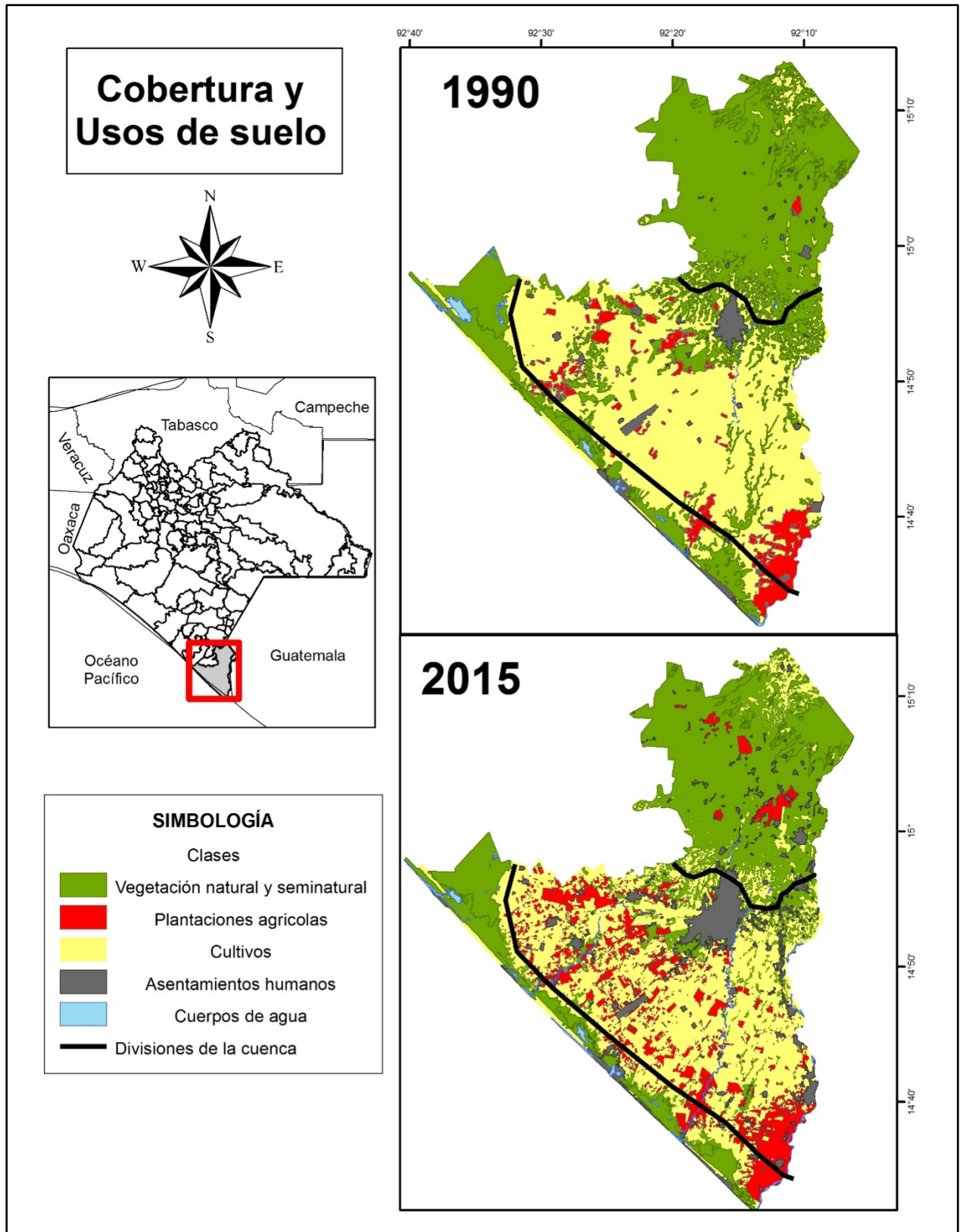
172 La categoría de Vegetación natural, en la cual se incluyen los Bosques, Manglares y Vegetación Hidrófila,
 173 fue la clase más afectada en este período, la superficie inicial de los Bosques era de 9,218 ha en el 2015,
 174 y se redujo a 6,869 ha; los manglares experimentaron un decremento pasando de 9,071 a 7,464 ha y
 175 finalmente la superficie con vegetación hidrófila cambió de 6,741 a 6,434 ha.

176 La cobertura que tuvo un mayor incremento fue la de asentamientos humanos, con un total de 8,668 ha en
 177 el periodo de 25 años, lo que corresponde a una tasa de cambio de 4.71% en términos absolutos un

178 incremento de 348 ha anuales. Este resultado se ve confirmado por los censos de población de INEGI
179 (www.inegi.gob.mx) que muestran el acelerado aumento de la población rural y urbana para la zona de
180 estudio (véase figura 3).

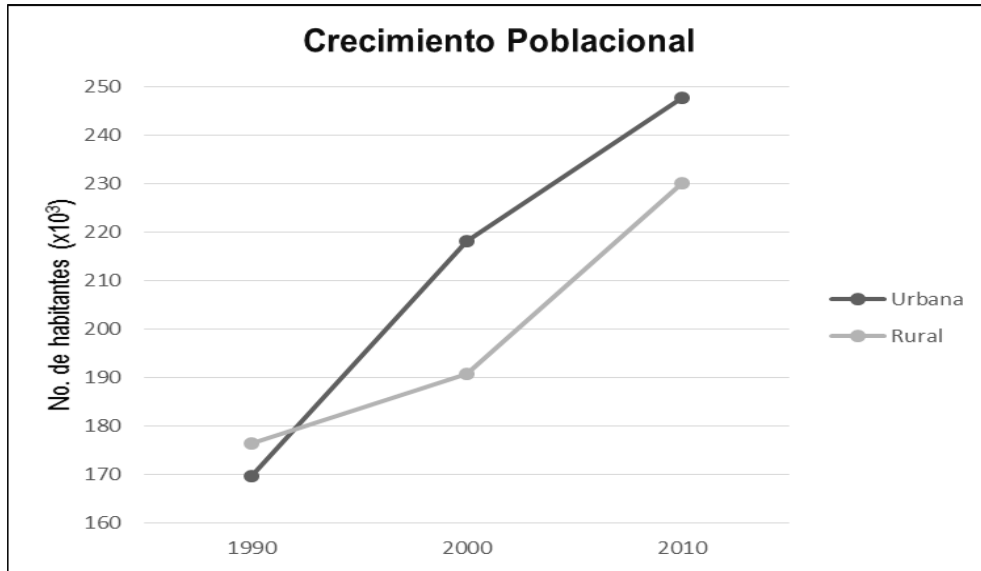
181 De igual manera otra de las coberturas que ganó superficie fue la de las plantaciones agrícolas; el cultivo
182 de mango tuvo un incremento de 528 ha anuales en el periodo de 1990 a 2015, mientras que las
183 plantaciones de plátano tuvieron un crecimiento de 100 ha anuales y la palma de aceite presenta
184 plantaciones incipientes para 2015, con una superficie total de 854 ha.

185



186

187 Figura2 Mapas de vegetación y usos de suelo de los años 1990 y 2015



188

189 **Grafica 1** Crecimiento histórico de la población. Fuente: Censos de Población y Vivienda del INEGI

190 **Cambio de uso de suelo.** De la superposición de los mapas, se construyó la matriz de cambios para cada
 191 una de las regiones (ver cuadro 3), en las figuras 3, 4 y 5 se observa de forma esquemática los principales
 192 procesos del cambio en la cobertura y uso de suelo, las flechas indican la dirección del cambio, el grosor
 193 de la flecha indica la magnitud y los números indican el porcentaje de cambio entre cobertura y uso de
 194 suelo. Para las zonas costa y sierra el porcentaje de deforestación fue de 32.4 y 33.1% respectivamente,
 195 debido a que en estas dos regiones se sitúan áreas donde se encuentran manglares, bosques Mesófilo de
 196 montaña, bosques de pino y selvas mediana. Por otro lado la zona planicie, donde los bosques primarios
 197 como tal ya no existen, en cambio son acahuals donde se encuentran las parcelas de cafetales bajo
 198 sombra, y una parte donde no existe más esta vegetación y solo existen cultivos agrícolas y plantaciones
 199 de mango, plátano y palma de aceite, el cual resultó el mayor cambio de cultivos agrícolas a plantaciones
 200 con un cambio de 43.6%. Las estadísticas de producción agropecuaria confirman en cierta manera el
 201 patrón de cambio de uso del suelo observado en los mapas.

202

203 **Cuadro 3** Superficies de cobertura y uso de suelo de las subregiones de ña zona de estudio de 1990 a
 204 2015

<i>Coberturas</i>	<i>Sierra</i>		<i>Planicie</i>		<i>Costa</i>	
	has 1990	has 2015	has 1990	has 2015	has 1990	has 2015
<i>Vegetación natural y seminatural</i>	57,442	53,701	15,814	11,065	18,247	16,467
<i>Cultivos</i>	5,322	5,708	77,883	61,187	10,268	9,803
<i>Plantaciones agrícolas</i>	245	1,984	9,093	23,946	2,425	4,108
<i>Asentamientos humanos</i>	583	2,172	3,731	9,927	1,410	1,781
<i>Cuerpos de agua</i>	11	38	78	475	758	949

205
 206 Las estadísticas consultadas del SIAP muestran también una disminución en la superficie del maíz de 22
 207 223 ha para el año 2003 y 18 048 ha para el año 2014, mientras que los pastizales tuvieron un incremento
 208 en su superficie de 12 378 ha a 18 149 ha.

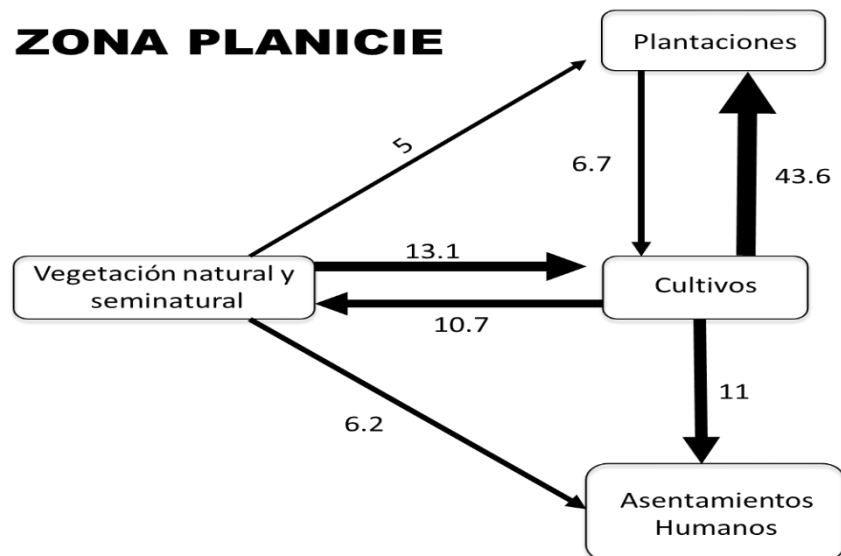
209 Los censos de población muestran un fuerte incremento de la población, para la década de 1990 los
 210 asentamientos rurales tenían 176 368 habitantes y las áreas urbana 169 662, lo cual indica que
 211 aparentemente a inicios del periodo (1990) la población de la zona de estudio era mayormente rural (ver
 212 grafica 1), sin embargo para el año 2000 esta situación cambió, la población urbana sobrepasó a la
 213 población rural, y para el año 2010 la población urbana llegó a un total de 247 714 habitantes. Contando a
 214 la población rural y urbana de la zona de estudio, para el 2010, el número total de habitantes es de 477
 215 807.

216 DISCUSIÓN

217 **Clasificación de imágenes.** Un objetivo particular de esta investigación fue identificar el método de
 218 clasificación que permitiera identificar las diferentes coberturas de una imagen, desafortunadamente la
 219 confusión espectral entre los cultivos agrícolas y los pastizales fue demasiado alta, por lo que no fue
 220 posible mapear por separado estos tipos de uso del suelo.

221 **Transformaciones productivas.** Del análisis de los datos sobre la producción y los mapas de cambios se
 222 puede enunciar que la región sufre un proceso de intensificación en el uso de la tierra orientado hacia los
 223 mercados globalizados. Como ejemplo de ello se puede mencionar la transformación de áreas agrícolas a
 224 plantaciones agrícolas de palma de aceite (con interés industrial), plátano y mango cambio de sistemas
 225 agroforestales (café de sombra) a sistemas agrícolas exclusivos (café sin sombra); y finalmente la
 226 deforestación y expansión de la mancha urbana.

227 En la zona planicie (véase figura 3) los procesos de cambio dominantes fueron la transformación de
 228 cultivos agrícolas (maíz, frijol, soya, pastizal entre otros) hacia plantaciones agrícolas (plátano, mango,
 229 palma de aceite) de mayor valor para los agricultores o que gozaron de fuertes incentivos para su
 230 expansión, tal es el caso de la palma de aceite, que se ha convertido en un producto atractivo para los
 231 agricultores por la demanda que está teniendo a nivel mundial en el mercado de la industria alimenticia.
 232 Chiapas es el estado a nivel nacional con mayor superficie de palma de aceite con un poco más de 43,000
 233 ha (SAGARPA, 2015), las cuales se encuentran en las regiones económicas, selva, costa y soconusco, el
 234 estado cuenta con siete plantas extractoras, dos ubicadas en Palenque y cinco en el Soconusco.



235

236

Figura 3 Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona planicie

237 Si bien la zona Planicie de la cuenca se encontraba ya dominada por sistemas agrícolas (cultivos y
238 plantaciones), en este periodo de análisis (1990-2015) se observa una tendencia hacia la sustitución de
239 cultivos agrícolas por plantaciones de carácter comercial, misma que es sustentada por las estadísticas
240 consultadas en los censos agropecuarios de 1991 y 2007 así como estadísticas de la SAGARPA
241 (www.siap.gob.mx) de los últimos diez años (grafica 2 y 3).

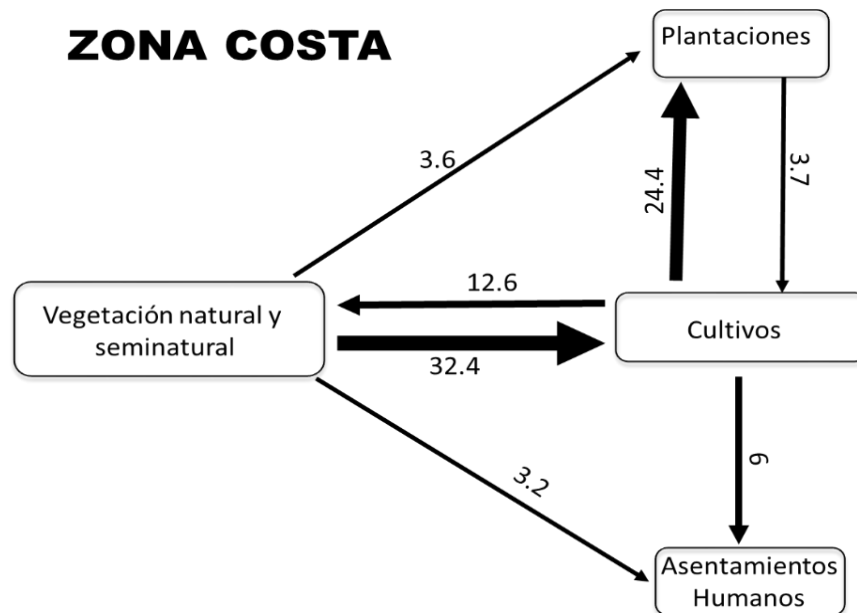
242 Villafuerte (1992), identifica tres periodos en el Soconusco (de 1935 a finales de los años 80's), donde
243 hubo cambios en la estructura de la producción agrícola (principalmente dadas en la parte media y baja de
244 la región), en el primer periodo se dio pie a la repartición de tierras a los campesinos, también se expandió
245 rápidamente el cultivo de café y plátano; éste último considerado como el "oro verde" en aquella época.
246 Durante el segundo periodo que comienza en el año 1950, ocurre la introducción del cultivo del algodón, se
247 deforestaron las zonas de bosques tropicales que se encontraban en la región planicie de la zona de
248 estudio, también marcó la era de la introducción tecnológica con el uso de agroquímicos para los cultivos y
249 tuvo un fuerte impacto sobre el paisaje; finalmente en el último periodo a finales de 1980, la zona sufre una
250 serie de cambios en los cultivos, el algodón cae y como sustituto llega el cultivo de la soya, haciendo que
251 México comience a importar insumos del extranjero como lo son semillas, agroquímicos, entre otros.
252 También tenemos que el problema de plagas y enfermedades fue un factor de cambio para el cultivo de
253 café.

254 Es claro que antes del inicio de periodo estudiado, la región ya se encontraba altamente transformada, la
255 apertura comercial y el crecimiento poblacional solo han profundizado un proceso que se inició mucho
256 tiempo atrás, favoreciendo la sustitución de los cultivos básicos por cultivos de mayor rentabilidad
257 económica.

258 La zona Costa de la cuenca se caracteriza por la presencia de humedales altamente vulnerables, en la
259 figura 4 se aprecia que el proceso dominante es el cambio de la vegetación natural, como los popales y

260 tulares a cultivos y pastizales principalmente. Los datos de producción agrícola obtenidos del SIAP
 261 (www.siap.gob.mx) indican un fuerte crecimiento de los pastizales cultivados en el municipio de Suchiate
 262 (de 600 a 5000 ha) municipio; que experimentó una fuerte deforestación en el periodo estudiado.

263 Otro proceso que se hace evidente de 1990 a 2015, es la transformación de cultivos agrícolas hacia
 264 plantaciones agrícolas (mismo proceso que se presenta en la zona planicie), lo cual lo hace más
 265 preocupante por la rápida expansión de estos cultivos hacia zonas de vegetación hidrófila que exponen a
 266 los manglares a una mayor probabilidad de deforestación e incluso al deterioro de estos ecosistemas
 267 (contaminación del suelo, agua y pérdida de especies de flora y fauna), provocados por el uso de
 268 plaguicidas utilizados en los cultivos agroindustriales que escurren hacia las partes bajas, estos últimos
 269 podrían afectar a la pesca del camarón.



270

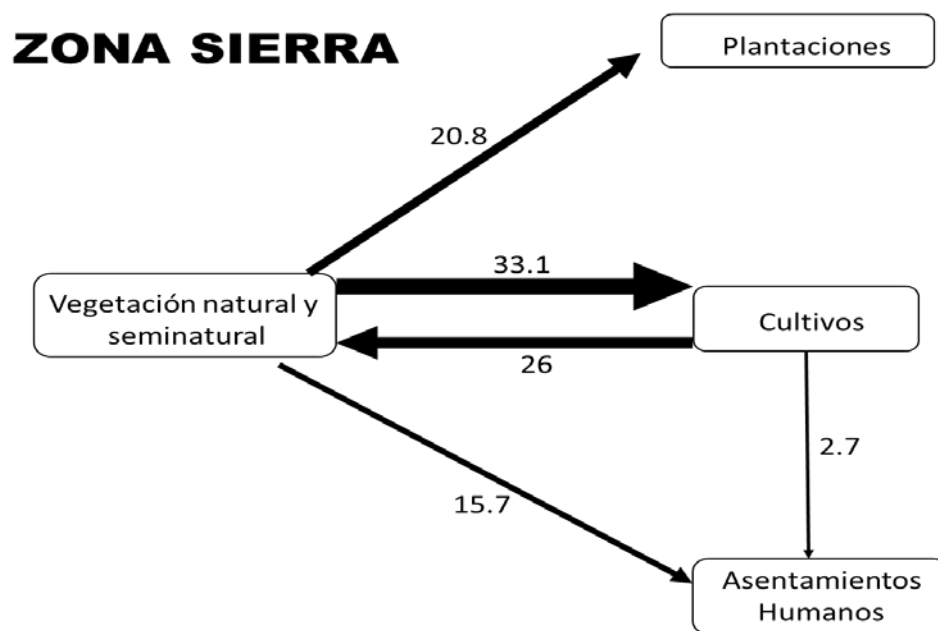
271 **Figura 4** Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona costa

272 La Sierra conformada por un paisaje diverso que va desde bosque de pino y encino, bosque Mesófilo de

273 montaña y acahuals (donde se ubican los cafetales con sombra), tuvo un fuerte proceso de deforestación,

274 hacia cultivos agrícolas y plantaciones (véase figura 5) siendo el cultivo del café el más importante en

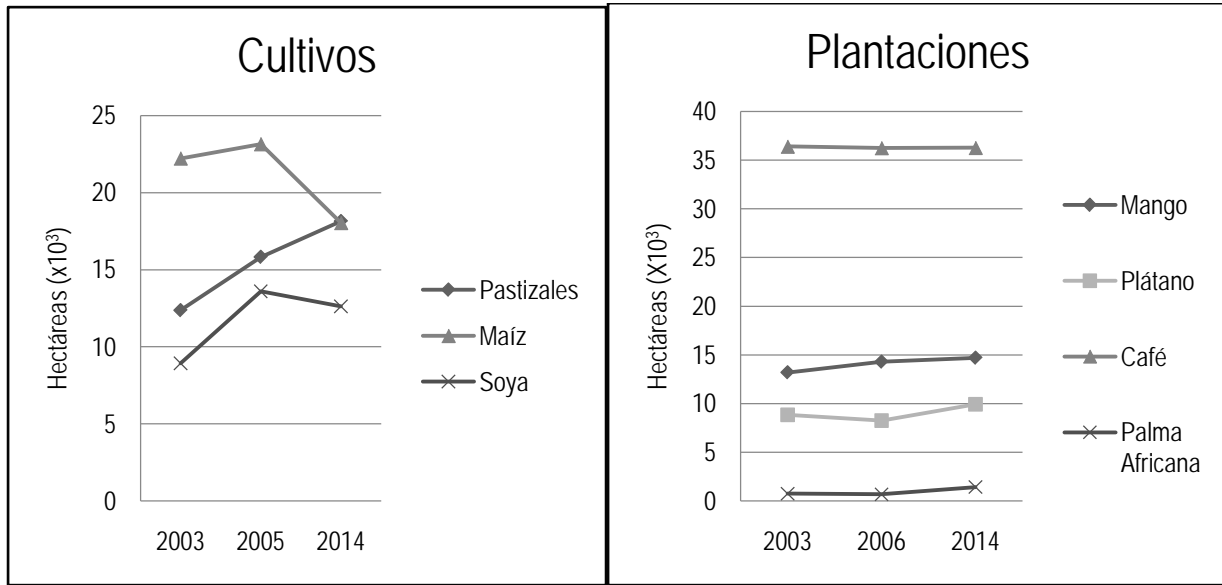
275 cuanto a superficie y producción, dada la importancia mundial del cultivo a nivel mundial. El cafetal es un
 276 sistema orientado principalmente al mercado internacional, es altamente susceptible a las variaciones de
 277 precios, sin embargo en fechas recientes el factor plagas/enfermedades se ha sumado al complicado
 278 panorama, según nuestros datos, en 1990 existía una superficie de 200 ha de café sin sombra y para el
 279 año 2015 la superficie se había cuadruplicado. Las zonas de acahuales (es donde se encuentra el café con
 280 sombra) cambiaron a cafetales sin sombra, este cambio es producto de una reconversión tecnológica y
 281 productiva, la primera dada por los problemas sanitarios de los cultivos de café afectados por la broca y la
 282 roya del cafeto, y la segunda por la necesidad de incrementar los rendimientos y obtener mayores
 283 ganancias introduciendo nuevas variedades que no requieren de sombra (Villafuerte, 1992).



284

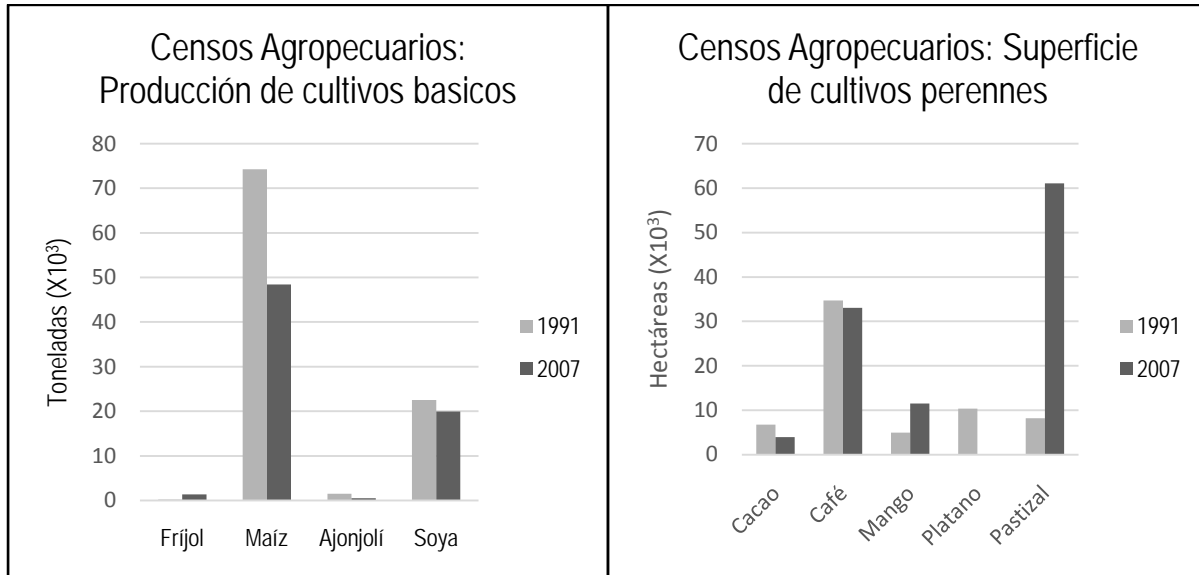
285 **Figura 5** Diagrama que muestra los procesos de cambio dominantes en la zona sierra
 286 **Crecimiento demográfico.** La región muestra un patrón de asentamiento urbano concentrado en una sola
 287 ciudad (Tapachula) la cual agrupa el 81% de este tipo de población urbana. Aunque la superficie total
 288 dedicada a asentamientos humanos para la zona de estudio se ha triplicado (4000 a 12000 ha), el patrón
 289 espacial del incremento de las superficies de asentamiento humanos se presentó irregularmente en toda el

290 área de estudio, lo que indica en buena medida que las actividades agrícolas (población rural dedicada a
 291 actividades primarias) son tan importantes en esta región como las secundarias (población urbana
 292 dedicada a comercio y servicios), a diferencia de otras áreas urbanas del estado como Tuxtla Gutiérrez por
 293 ejemplo, en donde el crecimiento urbano ha sido exacerbado (Gordillo-Ruiz y Castillo-Santiago, aceptado).



294
295

Gráfica 2. Superficie de cultivos agrícolas y plantaciones agrícolas. Fuente: SAGARPA



296
297
298
299

Gráfica 3. Superficie de cultivos y plantaciones agrícolas. Fuente: Censos agrícola ganadero y forestal 1991 y 2007 INEGI

300
301
302 **CONCLUSIÓN**
303 El patrón de cambios en la cobertura de suelo así como las estadísticas agropecuarias y demográficas
304 indica que la región de estudio se encuentra en un proceso de intensificación de la agricultura de
305 exportación y de la urbanización. Fenómenos que se presentan como resultado políticas públicas
306 practicadas a lo largo de estas décadas y de la creciente inserción del país a una economía globalizada.

307 Aun cuando aparentemente podía percibirse como una fortaleza, debido a los mayores ingresos de los
308 productos agrícolas exportados, la sobre simplificación de los paisajes (café de sombra a café de sol,
309 plantaciones mono específicas) y la mayor dependencia del mercado para abastecerse de productos
310 básicos, podría implicar un incremento en los niveles de vulnerabilidad regional, sobre todo ante escenarios
311 de cambio climático y frecuentes crisis económicas.

312 Para el caso de las clases de bosques, manglar y vegetación hidrófila se perdieron un total de 20,767 ha,
313 de los cuales la vegetación hidrófila y el manglar tienen poca probabilidad de permanecer como tal o
314 regenerarse debido al aumento de la población cada vez buscan asentarse en estas zonas y cultivar las
315 tierras. Por otro lado los bosques, como el Bosque Mesófilo de Montaña y el Bosque de Pino, han podido
316 regenerarse gracias al decreto federal de Reserva de la Biosfera "Volcán Tacaná" en donde se ha
317 controlado la deforestación.

318 **AGRADECIMIENTOS**

319 Al Fondo Sectorial INEGI-CONACYT por el financiamiento otorgado a través del proyecto "Análisis
320 espacio-temporal de la vulnerabilidad del paisaje utilizando percepción remota y métodos espaciales

321 (210080)", y al Ecosur por el apoyo proporcionado a través del proyecto "Innovación socio ambiental en
322 zonas cafetaleras para la reducción de la vulnerabilidad".

323

324

325 **Literatura citada**

326 Challenger, A., and Dirzo, R., 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. Capital Natural de
327 México, vol. II y tendencias de cambio, [online] II, pp.37–73. Available at:
328 <[http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol II/II01_Factores de cambio y estado de](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol II/II01_Factores de cambio y estado de la biodiversidad.pdf)
329 [la biodiversidad.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol II/II01_Factores de cambio y estado de la biodiversidad.pdf)>.

330 Chowdhury, R.R., 2006. Driving forces of tropical deforestation: The role of remote sensing and spatial
331 models. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 27(1), pp.82–101.

332 Chuvieco, S.E., 2008. Teledetección Ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Tercera ed.
333 Madrid, España.

334 Congalton, R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data.
335 *Remote Sensing of Environment*, 37(1), pp.35–46.

336 Cuevas Portilla, J., 1998. Reflexiones sobre el pos desastre Las inundaciones en la costa de Chiapas en
337 1998 : reflexiones sobre el pos desastre. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón*, 20, pp.61–71.

338 García Mora, T.J., and Francois, M.J., 2008. Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura
339 y uso del suelo en el sureste de México. *Investigaciones Geográficas*, 67(8701), pp.7–19.

340 Geist, H.J., and Lambin, E.F., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical
341 Deforestation. *BioScience*, 52(2), p.143.

342 Lambin, E.F., Geist, H.J., and Lepers, E., 2003. Dynamics of Land Use and Land-Cover Change in
343 Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), pp.205–241.

344 Mas, J.-F., Velázquez, A., Reyes Díaz-Gallegos, J., Mayorga Saucedo, R. Alcántara et al. 2004. Assessing
345 land use/cover changes: A nationwide multitemporal spatial database for Mexico. *International Journal*
346 *of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5: 249-261.

- 347 Mercedes Concepción Gordillo-Ruiz y Miguel Ángel Castillo-Santiago. Reenviado. ¿Es la migración rural
348 una solución a la deforestación? Un estudio de caso en la cuenca del río Sabinal en Chiapas,
349 México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.

- 350
- 351 Rautner, M., Leggett, M., and Davis, F., 2013. Pequeño Libro de las Grandes Causas de la Deforestación.
- 352 SAGARPA, 2015. Cierre de cultivos por Estado 2003-2014.
- 353 Sánchez, S., Arturo, C., Martínez, F., and Velázquez, I.A.C.A., 2009. Estado y transformación de los
354 ecosistemas terrestres por causas humanas. Capital Natural de México, vol. II: Estado de
355 conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, II, pp.75–129.
- 356 SEMARNAT, 2006. El medio ambiente en México 2005: En resumen.
- 357 Vásquez, S.M.A., 2009. El Huracán Stan en Tapachula. Investigación para su ordenamiento y desarrollo
358 urbano. Primera edición.
- 359 Villafuerte, S.D., 1992. Desarrollo Económico y Diferenciación Productiva En El Soconusco. 1st ed. San
360 Cristóbal De Las Casas, Chiapas, México: Junio de 1992.
- 361 van Vliet, N., Mertz, O., Heinemann, A., Langanke, T., Pascual, U., Schmook, B., Adams, C., Schmidt-
362 Vogt, D., Messerli, P., Leisz, S., Castella, J.C., Jørgensen, L., Birch-Thomsen, T., Hett, C.,
363 Bech-Bruun, T., Ickowitz, A., Vu, K.C., Yasuyuki, K., Fox, J., Padoch, C., Dressler, W., and
364 Ziegler, A.D., 2012. Trends, drivers and impacts of changes in swidden cultivation in tropical forest-
365 agriculture frontiers: A global assessment. *Global Environmental Change*, [online] 22(2), pp.418–
366 429. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.009>>.

CAPÍTULO 3. Discusión General

En esta sección se incluirá a la discusión el análisis de los tres periodos de años, 1990, 2000 y 2015.

3.1 Procesos de cambio en la cobertura y uso de suelo en la zona de estudio

En el área de estudio los procesos de cambio en el uso del suelo estuvieron en gran medida condicionados por las características medioambientales de los paisajes, debido a que la zona se encuentra en un gradiente altitudinal que va desde 0 hasta los 4000 m.s.n.m. Para poder apreciar los procesos de cambios la zona se dividió en tres regiones: sierra, planicie y costa.

En la zona sierra, se observan procesos bien diferenciados como la simplificación de sistemas productivos de café de sombra a café de sol y la disminución de la tasa de deforestación, y los cultivos agrícolas se han mantenido. Para la planicie la intensificación de la agricultura, el cambio de cultivos agrícolas básicos como: maíz y frijol, a plantaciones de carácter comercial como: mango, plátano y palma de aceite, y el crecimiento de los asentamientos humanos. Para la zona costa la pérdida de vegetación hidrófila como los popales y tulares y cambios de cultivos agrícolas básicos a plantaciones comerciales de mango y plátano.

En diversos trabajos a nivel internacional (Geist y Lambin, 2002; Bürgi et al., 2004) y nacional (Rosete et al., 2008; Miranda et al., 2012; Velázquez et al., 2003; Mas y Flamenco, 2011; Pinedo et al., 2007), coinciden que los principales procesos de cambio son la conversión de bosques y vegetación secundaria a actividades agrícolas y ganaderas, poco se ha estudiado de lo encontrado en este trabajo donde se observa

que el principal cambio de uso de suelo es la transformación de los sistemas productivos hacia cultivos con mayor remuneración económica (intensificación de la producción).

Para el caso del cambio de cafetales de sombra a cafetales de sol, se está viendo afectado por problemas de plagas, como la roya del café o también llamada “roya anaranjada” que en las últimas décadas ha afectado numerosas hectáreas de cafetales en la región, ante esta situación los productores se vieron obligados a buscar estrategias que les ayudaran a solventar el problema. Del resultado de la clasificación de las imágenes para el año 1990 existía una superficie de 200 ha de café bajo sol y para el año 2015 la superficie se había cuadruplicado; cambiando las zonas de acahuales (es donde se encuentra el café con sombra) a cafetales sin sombra. Este cambio es producto de una reconversión tecnológica y productiva, la primera dada por los problemas sanitarios de los cultivos de café afectados por la broca y la roya del café, y la segunda por la necesidad de incrementar los rendimientos y obtener mayores ganancias introduciendo nuevas variedades que no requieren de sombra (Villafuerte, 1992).

Los productores de la zona de estudio se encuentran en una vulnerabilidad temen que este cultivo ya no les genere los ingresos que les aportaba, ya que se han visto obligados a cambiar de variedad de café. Hace aproximadamente 10 años se cultivaba el café arábigo o café “chico” (es como se conoce el café arábigo en la región) después de verse afectados por las plagas y enfermedades cambiaron a otras variedades como robusta y otras variedades de la cual ellos no están conformes porque no tiene los rendimientos que obtenían con la otra.

La disminución en la superficie de los cultivos básicos se está viendo afectada por el crecimiento de los cultivos comerciales como el mango, plátano y palma de aceite (véase grafica 2 y 3) que en los últimos 25 años han cuadruplicado su superficie (véase cuadro 4). Esta creciente dependencia de insumos de otras regiones geográficas en cierto sentido implica también un incremento en la vulnerabilidad alimentaria, sobre todo ante los escenarios de frecuentes vaivenes económicos (devaluaciones, incremento en precios de los alimentos). Es por ello que estudios como el que acá se presenta pueden ayudar a reevaluar las estrategias de desarrollo regionales.

Los asentamientos humanos urbanos tuvieron un mayor incremento en la superficie, sobre todo para la ciudad de Tapachula, ya que en esta se concentran los centros comerciales y los servicios que ofrece (como hoteles, comercios, universidades) la hace ideal para la búsqueda de empleos fuera del campo, lo cual ha contribuido la migración de habitantes de los municipios de los alrededores hacia la ciudad. De acuerdo con diversos estudios realizados por Defries *et al.*, (2010) y Dan (2003) la zona de estudio al igual que otras zonas del país y del mundo las zonas urbanas están incrementando su superficie, debido al surgimiento de empleos fuera del campo. Aunque en un estudio realizado a nivel nacional por Bonilla-Moheno *et al.*, (2012), muestra que en un periodo de años de 1980 al 2010, varios estados de la república mexicana incrementaron su población urbana, para el caso específico de Chiapas, incrementó su población rural en más de un millón de personas, lo que representó un aumento de más del 100% de la población rural en 1980, lo cual como se muestra en la gráfica 1, la población rural de la zona de estudio ha mantenido un crecimiento constante a diferencia de otras regiones

del estado en donde el crecimiento de la población rural ha sido bajo (Gordillo-Ruiz y Castillo-Santiago, aceptado)

En cuanto a la deforestación existe la teoría de que se está presentado una transición forestal por el abandono de tierras debido a la industrialización y la migración hacia las ciudades (Izquierdo et al., 2008), para el caso de la zona de estudio, esta transición forestal se debió a políticas que se implementaron como los decretos oficiales de reservas estatales y federales. Para la zona sierra se encuentra la reserva de la biosfera “Volcán Tacana” decretada en el diario oficial de la federación el día 28 de enero de 2003, abarca una superficie de 300 km² (SEMARNAT, 2013), para esta zona se encontró que en el primer periodo de 1990 a 2000 la tasa de deforestación fue de 1.8% para el segundo periodo que va del 2000 al 2015 la tasa fue de 0.7% en términos absolutos en el segundo periodo se perdieron 786 ha en 15 años (véase cuadro 4). En la zona costa tenemos a los manglares, que al igual que en la zona sierra este ecosistema se vio favorecido a las políticas implementadas, para esta zona se cuentan con las siguientes reservas: Reserva de la biosfera “La Encrucijada”, zona de protección ecológica “El Gancho Murillo”, área destinada voluntariamente “El Silencio” y otra zona sujeta a conservación ecológica “El cabildo Amatal”.

En el estudio realizado por Rosete-Vergés (2014), a nivel nacional, en un periodo de años de 1976 a 2007 muestran que hubo un proceso de deforestación más fuerte en un periodo intermedio de 1976 a 2000, para el siguiente periodo este proceso es fue más lento, ellos sugieren que esta disminución pudo a verse afectada a la ausencia de políticas de apoyo al sector agropecuario y la migración de la gente rural a las ciudades.

3.2 Factores indirectos del cambio de uso de suelo en el área de estudio

La escala espacial y temporal de los datos socioeconómicos dificultó la identificación precisa de los procesos subyacentes relacionados con el cambio de uso del suelo; la mayoría de las estadísticas de producción agropecuaria se encontraban reportadas a nivel de municipio, o con una temporalidad diferente a la de los mapas de cobertura del suelo. La escasa resolución de los datos productivos no permitió asociar de forma inequívoca los cambios observados en los mapas, con los datos socio ambientales; no obstante, el patrón de crecimiento de las áreas de distribución de algunos productos agropecuarios sugiere, que una combinación de factores relacionados con los mercados y las políticas públicas constituyen las fuerzas motoras del cambio; que la demanda en el mercado tanto nacional como internacional de productos como el mango, plátano, café y palma de aceite han provocado que la superficie de estos cultivos haya incrementado dramáticamente desplazando a las actividades agropecuarias tradicionales, en los últimos años. Algunos programas estatales como el denominado de reconversión productiva (SAGARPA, 2012), alentaron el crecimiento de la agricultura de exportación.

Cabe señalar que este tipo de análisis son la pauta para realizar estudios con énfasis en estos cambios. Al identificar la dinámica del cambio de uso de suelo visto de manera espacial y lograr encontrar las causas indirectas requiere de estudios que partan de una base documentada como este trabajo.

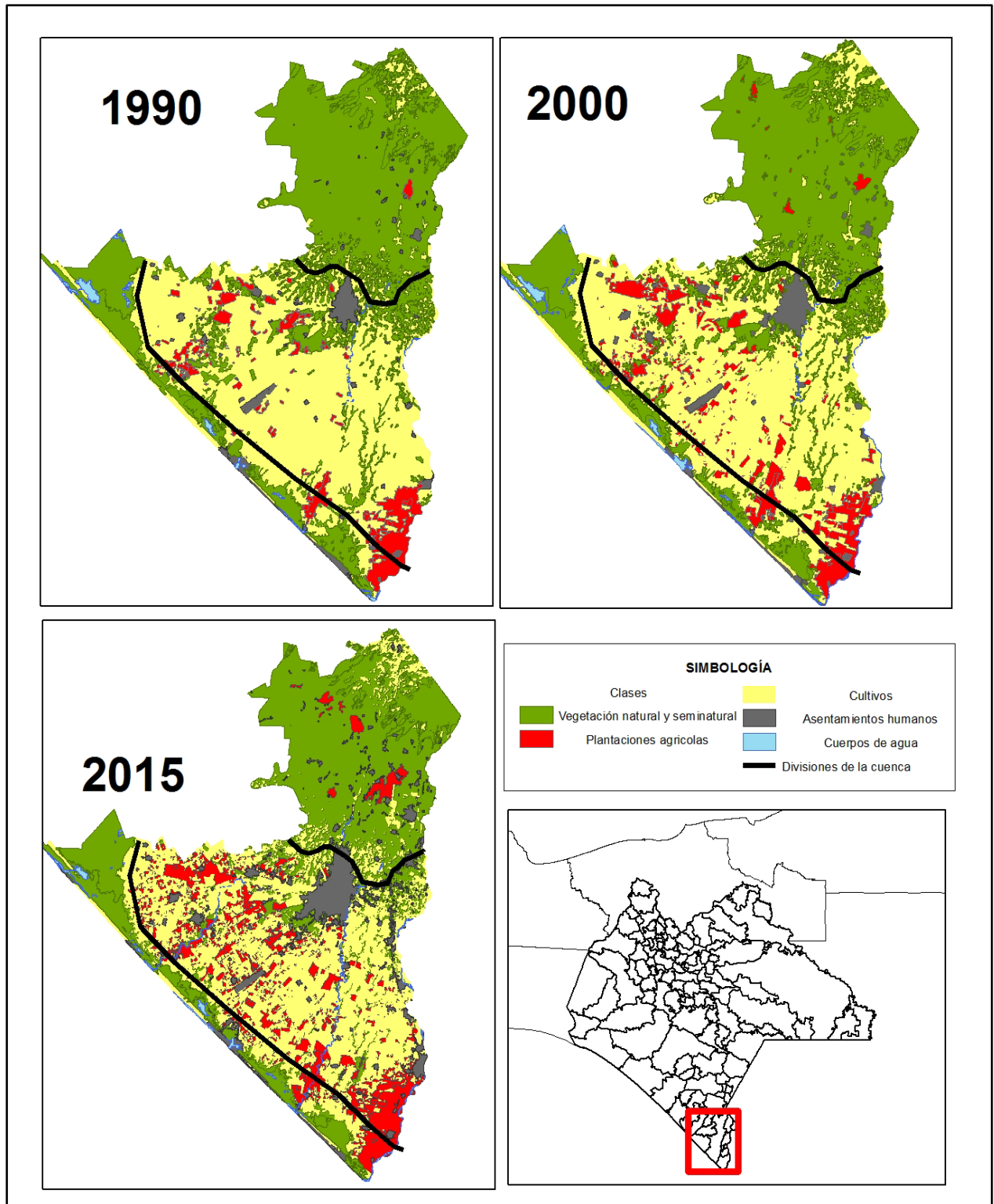


Figura 6 Mapas de cobertura y uso de suelo de los años 1990, 2000 y 2015

Cuadro 4 Superficies de cobertura de los años 1990, 2000 y 2015

CLASES	Superficies						Tasa de cambio de uso de suelo		
	1990		2000		2015		1990 - 2000	2000 - 2015	1990 - 2015
	Ha	%	Ha	%	Ha	%			
Bosques	9,218	4.5	7,655	3.8	6,869	3.4	-1.8	-0.7	-1.2
Manglar	9,071	4.5	7,654	3.8	7,464	3.7	-1.7	-0.2	-0.8
Vegetación Hidrófila	6,741	3.3	6,116	3.0	6,434	3.2	-1.0	0.3	-0.2
Acahual	66,099	32.5	62,047	30.5	60,490	29.7	-0.6	-0.2	-0.4
Cafetal	246	0.1	778	0.4	1,986	1.0	12.2	6.4	8.7
Mango	2,854	1.4	8,789	4.3	16,060	7.9	11.9	4.1	7.2
Plátano	8,694	4.3	9,766	4.8	11,196	5.5	1.2	0.9	1.0
Palma de Aceite	0	0.0	0	0.0	854	0.4		-	-
Cultivos	93,637	46.0	91,780	45.1	76,757	37.7	-0.2	-1.2	-0.8
Asentamientos Humanos	4,011	2.0	6,377	3.1	12,679	6.2	4.7	4.7	4.7
Sin Vegetación	1,814	0.9	1,230	0.6	1,176	0.6	-3.8	-0.3	-1.7
Agua	1,289	0.6	1,473	0.7	1,515	0.7	1.3	0.2	0.6

Literatura citada en los capítulos de introducción y consideraciones finales

Berlanga Robles Cesar Alejandro, García Campos Rodrigo Ricardo, López Blanco Jorge, R.L.A., 2009. Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones Geográficas UNAM*, [online] 72. Disponible en: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rig/article/view/19272/41850>>.

Bocco, G., Mendoza, M., and Masera, O., 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas UNAM*, 44, pp.18–38.

Bonilla-Moheno Martha, Aide Mitchell y ClarkMatthew L. 2012. El efecto Del cambio poblacional en el uso del suelo en paisajes Rurales de México: un análisis a nivel estatal. *Investigación ambiental* 2012 • 4 (2): 87-100.

Bürgi, M., A. M. Hersperger, and N. Schneeberger. 2004. Driving forces of landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology* 19:857–868.

Challenger, A., and Dirzo, R., 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *Capital Natural de México*, vol. II y tendencias de cambio, [online] II, pp.37–73. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/VolII/II01_Factores de cambio y estado de la biodiversidad.pdf>.

Chowdhury, R.R., 2006. Driving forces of tropical deforestation: The role of remote sensing and spatial models. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 27(1), pp.82–101.

- Chuvieco, S.E., 2008. Teledetección Ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Tercera ed. Madrid, España.
- Conabio, 2009. Manglares de México : Extensión y distribución.
- CONAFOR, 2013. Bosques, cambio climático y REDD+ en México. Segunda ed. Zapopan, Jalisco.
- Cortina Villar, S., 1994. Sistemas de cultivo de café en el Soconusco. Notas para su estudio. In: I.C. de C. Gobierno del estado de Chiapas, ed., El café en la frontera sur. Laproducción y los productores del Soconusco, Chiapas, primera. Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, pp.52–65.
- Dan Kloster. 2003. Forest Transitions in Mexico: Institutions and Forests in a Globalized Countryside. *The Professional Geographer*, 55(2) 2003, pages 227–237
- DeFries R.S, T. Rudel, M. Uriarte and M. Hansen (2010), “Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century”, *Nature Geoscience*, 3:178 – 181.
- DOF, 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Disponible en: <http://www.cnsns.gob.mx/acerca_de/marco/reglamentos/equilibrio_ecologico_impacto_ambiental.pdf>.
- FAO, 2009. La FAO en México. Más de 60 años de cooperación: 1945-2009. Primera ed México: Noviembre. Disponible en: <www.fao.org>.

FAO, 2014. Situación de los bosques en el mundo: Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques.

FAO/SAGARPA, 2012. Agricultura familiar con potencial productivo en México.p.537. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/003/y1860s/y1860s00.HTM>>.

García-Barrios L., Galvan-Miyoshi Y., Valdivieso-Perez I., Masera O., Bocco G., Vandermeer J. 2009. Neotropical Forest Conservation, Agricultural Intensification, and rural Out-Migration: The Mexican experience. *BioScience* 59(10) 863-873

Geist, H.J., and Lambin, E.F., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 52(2), p.143.

Grau, H. R., y. AideM. 2008. Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13(2):16. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art16/>

Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* Vol 342.

Hersperger, A. M., M. Gennaio, P. H. Verburg, and M. Bürgi. 2010. Linking land change with driving forces and actors: four conceptual models. *Ecology and Society* 15(4): 1. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art1/>

INEGI, 2013. Sistema de información de la cobertura de la tierra SICT. Mexico.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016. Censos Agropecuarios. [online] censo agropecuario y ejidal. Available at: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/presentacion.aspx>>.

Izquierdo, A. E., C. D. De Angelo, and T. M. Aide. 2008. Thirty years of human demography and land-use change in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina: an evaluation of the forest transition model. *Ecology and Society* 13(2): 3. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art3/>

Jiménez Ferrer Guillermo, Perez Luna Esaú, H.L.L., 2015. Ganadería y Arboles: una antigua y estratégica amistad. *ECOFRONTERAS*, 19, pp.3–5.

De La Torre, G.A., 2013. De los cafetales del soconusco a la historia del mango ataulfo -1820 a 2010-. Primera ed. Tapachula, Chiapas.

Lambin, E.F., Geist, H.J., and Lepers, E., 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, [online] 28(1), pp.205–241. Available at: <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>>.

Mas, J.F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara C., Bocco G., Castro R., Fernández T., Pérez-Vega A. 2004. Assessing land use/cover changes: a nation wide multitemporal spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5 (2004) 249-261.

- Mas, J.F y Flamenco Sandoval, A. 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *Geotropico*, 5 (1), artículo 1:1-24
- Montoya Gómez, Guillermo. Hernández Ruiz, José Francisco. García Cruz, J.U., 2010. Estructura económica del modelo productivo de la perla del Soconusco. *Revista Universidad Autónoma de Chiapas. Sexta Época*, (1405-7166), pp.71–88.
- Nicholls, C.I., and Altieri, M. a., 2011. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*, [online] (6), pp.28–37. Available at: <<http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2056/servlet/articulo?codigo=4116090&info=resumen&idioma=ENG>>.
- OET, 2016. Ordenamiento Ecológico Territorial Local, en los ejidos Benito Juárez, Agua caliente, Benito JuárezMontecristo, Fracción azteca, la Azteca, Piedra parada, San Vicente, Toquian y las nubes. Cacahoatan, Chiapas.
- Oliva, V.E., Blanco, J.L., Nieto, J.C., Ángel, M., and Alfaro, M., 2010. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla Spatialpatterns of land use / coverchange in thecoffeecroparea of the Sierra Norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas, Boletín de*(72), pp.23–38.
- Pineda Jaimes, N.B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., and Plata Rocha, W., 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, [online] 69(69), pp.33–52. Available at:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.

Pinedo C., Pinedo A., Quintana R., Martínez M. 2007. Análisis de áreas deforestadas en la región centro norte de la sierra Madre Occidental, Chihuahua, México. *Tecnociencia* 1 (1) 36-46

Reyes Hartmann, C., 2013. Diversidad de Ecosistemas. In: *La Biodiversidad en Chiapas*, PRIMERA ED. México, p.19.

Rosete-Vergés, Fernando A.; Remond-Noa, Ricardo; Villalobos-Delgado, Mariano; Salinas-Chávez, Eduardo; Pérez-Damián, José Luis; Navarro-Salas, Elda N.; 2014. "El avance de la deforestación en México 1976-2007". *Madera y Bosques*, num. . pp. 21-35.

Rosete Vergés Fernando Antonio, Pérez Damián José Luis, Bocco Gerardo. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, Núm. 67, 2008, pp. 39-58

SAGARPA, 2010. Monografía: Palma de Aceite. p.19.

SAGARPA, 2012. Reconversión productiva. [online] Programas SAGARPA. Available at:<<http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2012/recursosnaturales/reconversionproductiva/Paginas/Descripci%C3%B3n.aspx>>.

Sánchez, S., Arturo, C., Martínez, F., and Velázquez, I.A.C.A., 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. *Capital*

Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, II, pp.75–129.

Santos, J.C., 2007. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SEMARNAT, 2006. El medio ambiente en México 2005: En resumen.

SEMARNAT, 2013. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná. Primera ed. México.

Shinji Kawakubo, F., 2009. Avaliação das mudanças na linha de costa na foz do rio Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar da Barra do Icapara (litoral sul de São Paulo - Brasil) utilizando dados do Landsat MSS, TM e ETM+. Investigaciones Geograficas, 68, pp.41–49.

Rudel Thomas K., Oliver T. Coomes, Emilio Moran, Frederic Achar, Arild Angelsen, Jianchu Xuf, Eric Lambin. 2005. Forest transitions: towards a global understanding of land use change Global Environmental Change 15 (2005) 23–31

Rudel Thomas k.,* Ruth Defries, Gregory P. Asner, and William F. Laurance. 2009. Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation Conservation Biology, Volume 23, No. 6, 1396-1405.

Vaca R.A., D.J. Golicher, L. Cayuela, J. Hewson, Steininger M. 2012. "Evidence of incipient forest transition in Southern Mexico", PLoS ONE, 7: e42309.

Vargas, G., Neira, O., Arango, R., and Fernando, D., 2013. Métodos de segmentación de nubes en imágenes satelitales. *Tecnura*, 17, pp.96–110.

Velázquez Alejandro, Duran Elvira, Ramírez Isabel, Mas Jan-Francois, Bocco Gerardo, Ramirez Gustavo, P.J.-L., 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: The case of Oaxaca, Mexico. *Global Environmental Change*, 13(3), pp.175–184.

Velázquez, A.; Mas, J. F.; Díaz Gallegos, J. R.; Mayorga Saucedo, R.; Alcántara, P. C.; Castro, R.; Fernández, T.; Bocco, G.; Ezcurra, E.; Palacio, J. L. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México *Gaceta Ecológica*, núm. 62, pp. 21-37 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México

Weng, Q., 2006. *Remote Sensing and GIS Integration*. E.

Yun-Hao, C., L Xiao-Bing, S. Pei-Jun, y Z.H.-L., 2001. Estimating Vegetation Coverage Change Using Remote Sensing Data in Haidian District, Beijing. *Journal of Plant Ecology*, pp.588–593.

ANEXO 1

Cuadro 1. Nomenclatura de las cartas de vegetación y uso de suelo del INEGI

Coberturas	serie I	serie II	serie III	serie IV	serie V
Agricultura de temporal	X	X	X		X
Agricultura de Riego	X	X	X		X
Pastizal cultivado	X	X	X	X	X
Pastizal inducido	X	X		X	
Zona Urbana	X	X	X	X	X
Asentamientos Humanos	X	X	X	X	X
Bosque Mesófilo	X	X	X	X	X
Bosque de pino	X	X		X	
Manglar	X	X	X	X	X
Cuerpo de agua	X	X	X	X	X
Popal	X	X			X
Vegetación de dunas costeras	X	X			
País Extranjero	X	X	X	X	X
Área sin vegetación			X		X
Matorral tropical				X	
Tierras de cultivo				X	

Otras tierras				X	
---------------	--	--	--	---	--

ANEXO 2 Formato de campo

Formato 1 Datos de campo para zonas cafetaleras

Nombre del Propietario _____

Municipio: _____

Coordenadas en UTM

X: _____ Y: _____ Z: _____

Error: _____

Pendiente: _____

Cobertura del suelo: _____

Edad y altura del cafetal: _____

Altura del dosel: _____

Porcentaje de sombra: _____

Especies: _____

Superficie: _____

Producción (orgánico y antes de orgánico)

Tiempo cultivando café: _____

Afectación _____ de plagas: _____

¿Ha sido siempre la misma superficie de café? _____

¿Qué otros cultivos tiene? Superficie: _____

¿Ha realizado cambios en su cafetal: _____

Formato 2 Datos de campo general

Municipio: _____

Localidad: _____

Coordenadas en UTM

X: _____ Y: _____ Z: _____

Error: _____

Pendiente: _____

Cobertura del suelo: _____

Altura del dosel: _____

Especies: _____

ANEXO 3 Fotografías

