



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO4**



Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra
Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio

**PROCESOS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL
SUELO COMO INDICADORES DEL CRECIMIENTO URBANO
EN CIUDADES MEDIAS DEL ESTADO DE MICHOACÁN
(1996-2015)**

Presenta:

Arq. Javier Ramos Medina

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Directora de Tesis: Dra. Erna Martha López Granados

Co-Directora de Tesis: Dra. Beatriz De la Tejera Hernández

Morelia Michoacán, México, febrero 2018.





Índice General

Índice General	II
Índice de figuras	IV
Índice de Cuadros	VII
Dedicatoria.....	IX
Agradecimientos.....	X
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
Presentación.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	14
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Cobertura y uso de suelo	19
2.1.1. Herramientas para el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo	20
2.1.2. Factores influyentes en el cambio de cobertura y uso de suelo	23
2.2. Urbanización	25
2.2.1. Crecimiento urbano en México.....	26
2.2.2. Desarrollo urbano sostenible.....	30
3. ANTECEDENTES.....	30
3.1. Estudios de cambio de cobertura y uso del suelo	31
3.2. Estudios de Urbanización	35
4. JUSTIFICACIÓN	36
5. OBJETIVOS	37
5.1. Objetivo general	37
5.2. Objetivos particulares	37
6. HIPÓTESIS.....	37
7. ÁREA DE ESTUDIO	38
7.1. Fisiografía	40
7.2. Geomorfología.....	41
7.3. Geología.....	44
7.4. Edafología	47
7.5. Población	53
8. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES	56
8.1. Materiales.....	56
8.2. Métodos	58
8.2.1. Procesamiento de imágenes.....	58



8.2.2. Reconocimiento previo del área de estudio y elaboración de leyenda	60
8.2.3. Interpretación de cobertura y uso de suelo	62
8.2.4. Verificación en campo.....	63
8.2.5. Construcción de la matriz de cambio	63
9. RESULTADOS	65
9.1. Influencia de los procesos de exportación en el crecimiento de ciudades medias en Michoacán: el caso de Zamora - Jacona	66
9.2. Uruapan: Expansión urbana y la transformación del territorio bajo un modelo económico agroexportador.....	101
9.3. Crecimiento urbano y cambios de cobertura y uso de suelo en torno a la ciudad de Apatzingán	134
10. DISCUSIÓN GENERAL.....	162
11. CONCLUSIONES GENERALES	170
12. BIBLIOGRAFÍA.....	174



Índice de Figuras

Introducción

Figura 1: Evolución del porcentaje urbano mundial y según continentes, 1950-2010.....	16
Figura 2: Porcentaje de población por lugar de residencia, México 1910-2010	17
Figura 3: Porcentaje de población por tamaño de localidad en México 2010.....	18
Figura 4: Localización de áreas de estudio.....	39
Figura 5: Delimitación de las áreas de estudio en las provincias fisiográficas del estado de Michoacán.....	40
Figura 6: Geomorfología jerárquica en el estado de Michoacán.....	43
Figura 7: Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Uruapan.....	45
Figura 8: Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Zamora-Jacona.....	46
Figura 9: Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Apatzingán.....	47
Figura 10: Datos edafológicos en el área de estudio de la ciudad de Uruapan.....	48
Figura 11: Datos edafológicos del área de estudio de la ciudad de Zamora-Jacona.....	49
Figura 12: Datos edafológicos del área de estudio de la ciudad de Apatzingán.....	50
Figura 13: Dinámica demográfica en el caso de estudio de Uruapan.....	54
Figura 14: Dinámica demográfica en el caso de estudio de Zamora-Jacona.....	55
Figura 15: Dinámica demográfica en el caso de estudio de Apatzingán.....	55
Figura 16: Diagrama del procesamiento de imágenes satelitales.....	59
Figura 17: Ejemplo de digitalización.....	62
Figura 18: Ejemplo de salida a campo, caso Zamora-Jacona (2017).....	63
Figura 19: Ejemplo de matriz de transición.....	64
Figura 20: Mapa conceptual de la metodología planteada.....	65

Artículo 1. Influencia de los procesos de exportación en el crecimiento de ciudades medias en Michoacán: el caso de Zamora – Jacona

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.....	70
Figura 2: Matriz de transición para dos tiempos con pérdidas y ganancias.....	74
Figura 3: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.....	77
Figura 4: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.....	81
Figura 5: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.....	82
Figura 6: Localidades urbanas y rurales 2015.....	83
Figura 7: Población urbana nacional, estatal y en la zona de estudio por quinquenio.....	85
Figura 8: Producción y exportación de fresa en México 1990-2013.....	86
Figura 9: Valor de cultivos seleccionados en el municipio de Zamora.....	87
Figura 10: Superficie cosechada y valor de la producción de fresa en la zona de estudio.....	88
Figura 11: Porcentaje de ocupación en el sector primario.....	89



Figura 12: Distribución de asentamientos humanos, acolchados y macrotúneles 1996 y 2015.	90
Figura 13: Crecimiento demográfico por quinquenio en localidades urbanas y rurales en la zona de estudio.	94
Figura 14: Distribución de los usos de suelo en el continuo urbano de Zamora-Jacona (1996).	94
Figura 15: Distribución de los usos de suelo en el continuo urbano de Zamora-Jacona (2015).	95
Figura 16: Densidad de construcción en el continuo urbano de Zamora-Jacona.	96
Figura 17: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.	96
Figura 18: Escenario de las coberturas naturales en 1996.	98
Figura 19: Escenario de las coberturas naturales en 2015.	98

Artículo 2. Uruapan: Expansión urbana y la transformación del territorio bajo un modelo económico agroexportador

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.	106
Figura 2: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.	114
Figura 3: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.	117
Figura 4: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.	118
Figura 5: Producción y exportación de aguacate en México 1990-2013.	119
Figura 6: Valor de cultivos seleccionados en el municipio de Uruapan.	120
Figura 7: Tendencia de crecimiento de producción de aguacate en términos relativos.	121
Figura 8: Expansión en coberturas y usos de suelo con cambio neto positivo.	123
Figura 9: Expansión de asentamientos humanos (urbanos y rurales) 1996-2015.	125
Figura 10: Dinámica demográfica por quinquenio en área de estudio.	126
Figura 11: Expansión urbana 1996-2015 por superficie construida y vacíos urbanos por tipo de localidad.	127
Figura 12: Expansión urbana 1996-2015 por tipo de localidad por categoría de usos de suelo.	128
Figura 13: Densidad de construcción en el continuo urbano de Uruapan.	129
Figura 14: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.	130
Figura 15: Escenario de las coberturas naturales en 1996.	131
Figura 16: Escenario de las coberturas naturales en 2015.	132

Artículo 3. Crecimiento urbano y cambios de cobertura y uso de suelo en torno a la ciudad de Apatzingán

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.	137
Figura 2: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.	143
Figura 3: Superficie sembrada de cultivos seleccionados en Apatzingán.	146



Figura 4: Superficie sembrada de cultivos seleccionados en Parácuaro.....	146
Figura 5: Producción y exportación de lima y limón en México.....	147
Figura 6: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.....	148
Figura 7: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.....	149
Figura 8: Crecimiento de la producción de limón.....	150
Figura 9: Ocupación de la población por sector económico en el municipio de Apatzingán.....	152
Figura 10: Ocupación de la población por sector económico en el municipio de Parácuaro.....	153
Figura 11: Población urbana en nacional, estatal y en la zona de estudio por quinquenio (1995 – 2015).....	153
Figura 12: Expansión urbana por tipo de localidad 1996-2015.....	155
Figura 13: Densidad de construcción en el continuo urbano de Apatzingán.....	157
Figura 14: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.....	158
Figura 15: Escenario de las coberturas naturales en 1996.....	159
Figura 16: Escenario de las coberturas naturales en 2015.....	160

Discusión general

Figura 1: Densidad de población por ciudad de análisis.....	168
---	-----



Índice de Cuadros

Introducción

Cuadro 1: Clasificación del Sistema Urbano Nacional por rango de población.	28
Cuadro 2: Superficie de los municipios que se encuentran en cada caso de estudio.	39
Cuadro 3: Distribución geomorfológica en las diferentes provincias fisiográficas del estado de Michoacán.	42
Cuadro 4: Proporción de tipo de suelo por zona de estudio.	50
Cuadro 5: Número de localidades urbanas y rurales por municipios involucrados en cada caso de estudio.	56
Cuadro 6: Claves de ortofotos para cada unidad de estudio.	57
Cuadro 7: Claves de imágenes SPOT para cada unidad de estudio.	57
Cuadro 8: Leyenda generalizada y específica nivel zona: ejemplo Apatzingán.	61
Cuadro 9: Leyenda generalizada y específica por uso de suelo nivel asentamientos humanos: ejemplo Apatzingán.	61

Artículo 1. Influencia de los procesos de exportación en el crecimiento de ciudades medias en Michoacán: el caso de Zamora – Jacona

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.	70
Cuadro 2: Leyenda general y específica de la cobertura y uso de suelo nivel zona utilizada en el área de estudio.	72
Cuadro 3: Leyenda general y específica por usos de suelo al interior de los asentamientos humanos.	73
Cuadro 4: Matriz de confusión.	76
Cuadro 5: Coberturas y usos de suelo (1996 y 2015), permanencias y cambios.	78
Cuadro 6: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad, 1996-2015. ...	84
Cuadro 7: Coberturas sobre las cuales se expandieron los asentamientos humanos.	91
Cuadro 8: Expansión de otros asentamientos humanos por categoría de uso de suelo.	92
Cuadro 9: Expansión del continuo urbano de Zamora-Jacona por categoría de uso de suelo.	93
Cuadro 10: Ganancias y pérdidas de superficie en coberturas naturales.	97

Artículo 2. Uruapan: Expansión urbana y la transformación del territorio bajo un modelo económico agroexportador

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.	105
Cuadro 2: Leyenda generalizada y específica de cobertura y uso de suelo a nivel zona utilizada en el área de estudio.	109
Cuadro 3: Leyenda general y específica por usos de suelo al interior de los asentamientos humanos.	110



Cuadro 4: Matriz de confusión.	112
Cuadro 5: Coberturas y usos de suelo (1996 y 2015), permanencias y cambios.	115
Cuadro 6: Porcentaje de Intercambio entre categorías con respecto al cambio absoluto. ...	116
Cuadro 7: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad 1996-2015. .	124
Cuadro 8: Ganancias y pérdidas de superficie en cobertura naturales.....	131

Artículo 3. Crecimiento urbano y cambios de cobertura y uso de suelo en torno a la ciudad de Apatzingán

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.	136
Cuadro 2: Leyenda general y específica de la cobertura y uso de suelo a nivel zona utilizada en el área de estudio.	140
Cuadro 3: Leyenda generalizada y específica nivel asentamientos humanos.....	141
Cuadro 4: Matriz de confusión.	142
Cuadro 5: Cobertura y usos de suelo (1996, 2015), permanencia y cambios.	144
Cuadro 6: Porcentaje de Intercambio entre categorías con respecto al cambio absoluto. ...	145
Cuadro 7: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad, 1996 - 2015.	154
Cuadro 8: Expansión del continuo urbano de Apatzingán por categoría de uso de suelo....	156
Cuadro 9: Expansión de otros asentamientos humanos por categoría de uso de suelo.	157
Cuadro 10: Ganancias y pérdidas de superficie en coberturas naturales.....	159

Discusión general

Cuadro 1: Superficie y población para las ciudades bajo estudio.	166
Cuadro 2: Superficie de crecimiento por día y ciudad.....	167



Dedicatoria

En memoria de mi hermano **Alejandro Ramos Medina**, por su fuerte dedicación y humildad; cualidades que me han inspirado para alcanzar mis sueños.

A mis padres **Angelina Medina López y Serafín Ramos Flores**, y a mis **hermanos** por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por creer en mí, por su paciencia y enseñanzas, por demostrarme el verdadero valor de la familia e inspirarme para luchar y alcanzar mis metas.

A mi amiga y confidente Alma Yoselin Márquez Zacarías, por su apoyo incondicional, por todos los momentos buenos que hemos pasado juntos y sobre todo por los momentos difíciles en los que también ha permanecido a mi lado.



Agradecimientos

A la **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo** (UMSNH), especialmente al **Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra** (INICIT) donde tuve el honor de realizar el presente proyecto de investigación para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Al **Consejo Nacional de ciencia y Tecnología** (CONACYT) por la beca proporcionada para su realización.

A mí asesora **Dra. Erna Martha López Granados**, por haberme aceptado como su alumno para la realización de esta investigación, por sus enseñanzas, su paciencia, apoyo, ayuda y motivación durante la realización del presente trabajo.

A mí Co-asesora **Dra. Beatriz de la Tejera Hernández**, por su apoyo desinteresado para la realización y conclusión de esta tesis, gracias por compartir sus conocimientos sobre economía, fundamentales para retroalimentar mi investigación.

A mis sinodales la **Dra. Frida Nadiyah Güiza Valverde**, el **Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy**, el **Dr. Ángel Figueroa Soto**, el **Dr. Manuel Mendoza Cantú**, por el tiempo que dedicaron en la revisión de mi tesis, por sus valiosos comentarios y por su disposición para atender mis dudas.

A mis compañeros de maestría y profesores, por sus consejos y la compañía que me brindaron durante mi estancia en el instituto.



Resumen

Las actividades humanas se han convertido en el factor más influyente del deterioro ambiental a través de los cambios de cobertura y uso del suelo emanados para su desarrollo y sus niveles de consumo, impactando negativamente sobre los ecosistemas y repercutiendo en sus asentamientos. Existe un fuerte debate sobre los beneficios ambientales, sociales y económicos que brinda una sociedad cada vez más urbanizada. A partir del 2010, alrededor del 80% de la población mexicana vive en localidades urbanas; este fenómeno demanda estudios metodológicos que permitan entender el crecimiento de las ciudades, así como los cambios originados en su contexto geográfico. Este estudio busca reconocer los patrones de crecimiento urbano y los cambios territoriales en torno a tres ciudades medias del estado de Michoacán, cuyas regiones son altamente reconocidas por su producción agrícola (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán). Este estudio parte de un análisis multiescalar de cambio de cobertura y uso del suelo y su relación con factores socioeconómicos para el periodo de 1996 - 2015. Los resultados obtenidos indican que el crecimiento y configuración urbana, así como los cambios en su contexto geográfico se han originado principalmente por la reconversión agrícola; con fines de exportación en los casos de Zamora-Jacona y Uruapan, y en el caso de Apatzingán, fomentado por la demanda nacional. Las categorías más afectadas han sido los cultivos de riego y las coberturas forestales, mientras que las categorías con mayor expansión han sido las coberturas que conforman la principal producción agrícola, así como las ciudades bajo estudio.

Palabras clave: Cobertura y uso de suelo, crecimiento urbano, ciudades medias, factores socioeconómicos, agricultura.



Abstract

Human activities have become the most influential factor of environmental degradation through changes in land use and coverage issued for their development and their levels of consumption, impacting negatively on the ecosystems and impact in their settlements. There is a strong debate on the environmental, social and economic benefits that provides an increasingly urbanized society. As of 2010, about 80% of the Mexican population lives in urban areas; this phenomenon demand methodological studies to understand the growth of the cities, as well as the changes brought about by its geographical context. This study seeks to recognize the patterns of urban growth and territorial changes in three cities of the state of Michoacán, whose regions are highly recognized for its agricultural production (Uruapan, Zamora-Jacona and apatzingán). This study part of a multiescalar analysis of changes in vegetation cover and land use and its relationship with socio-economic factors for the period of 1996 - 2015. The results obtained indicate that the growth and urban settings, as well as changes in its geographical context have been driven mainly by the agricultural conversion; for export purposes in the case of Zamora-Jacona and Uruapan, and in the case of Apatzingán, promoted by the national demand. The groups most affected have been the irrigation of crops and forest coverage, while the categories with the greatest expansion have been the coverages that make up the main agricultural production, as well as the cities under study,



Presentación

El trabajo de investigación que a continuación se presenta es un esfuerzo por entender el crecimiento urbano de las ciudades medias del estado de Michoacán y las transformaciones dadas en su contexto geográfico inmediato, bajo un análisis cuantificable y empírico; el cual conjunta las aptitudes de un estudio de cambio de cobertura y uso de suelo con los procesos socioeconómicos correspondientes a las distintas regiones objeto de estudio.

La estructura de esta tesis consta de 12 secciones. En la primera de ellas se desarrolla la introducción general, en la cual se habla de un panorama general del cambio de cobertura y uso del suelo, así como el proceso de urbanización que ha configurado al sistema urbano en México y la importancia de las ciudades medias para su estudio. Posteriormente y como segundo apartado se desarrolla el marco teórico, donde se exponen algunos conceptos y teorías sobre el cambio de cobertura y uso de suelo, y de urbanización. En la tercera sección se describen algunos casos de estudio como antecedentes de la investigación a realizar. Con base a esto se procede a justificar, plantear los objetivos de investigación y establecer una hipótesis para el tema a desarrollar, en una cuarta, quinta y sexta sección, respectivamente. La séptima sección incluye la descripción de las diferentes zonas de estudio, incluyendo para cada una de ellas información fisiográfica, geológica, edafológica y demográfica. En la octava sección se redactan los materiales y métodos generales implementados para la obtención, cuantificación y comprensión del crecimiento urbano y de los cambios de cobertura y uso de suelo sobre los diferentes casos de estudio. Como sección nueve, se redactan los resultados obtenidos, los cuales fueron escritos a manera de artículos de investigación (uno por cada ciudad de estudio), incluyendo introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones de manera particular. En la sección 10 se compara el crecimiento urbano de las diferentes ciudades bajo estudio a través de una discusión general, y posteriormente se redactan las conclusiones generales en la sección 11; dejando como sección final, la bibliografía



1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Aunque existen eventos naturales que propician cambios en la superficie terrestre, las actividades humanas han sido reconocidas como el factor más influyente en su transformación, llevando este proceso a una tasa y magnitud sin precedentes, principalmente a partir de 1950 junto al mayor crecimiento demográfico en la historia de la humanidad; (Vitousek *et al.*, 1986; Vitousek *et al.*, 1997; López *et al.*, 2001; Ramankutty *et al.*, 2006). El tamaño de la población y sus altos niveles de consumo se apropian de entre el 20% y 40% de la productividad total del planeta, impactando directamente en la alteración de los ecosistemas a través de la pérdida de diversidad biológica, cambios en el ciclo hidrológico, y la contaminación de la tierra, aire y agua (Vitousek *et al.*, 1986; Ojima *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 1995), por lo tanto, las actividades humanas se han convertido en la causa principal de las transformaciones ambientales.

Los cambios en los ecosistemas provienen de la relación que existe entre la población, la economía y el medio ambiente (Lambin, 1997; Vitkus y Vaitkuvienė, 2005; Chen y Yang, 2008). Estos cambios se derivan de tres principales causas: 1) la conversión de la cobertura del suelo, 2) la degradación del suelo y 3) la intensificación en el uso de este (Lambin, 1997).

De acuerdo con este argumento, en las últimas décadas en todo el mundo, las zonas urbanas, como centros político-económicos, han sido reconocidas como uno de los factores que han influenciado en mayor medida en los cambios de cobertura/uso de suelo, ocasionando severos efectos sobre el medio, a escala local, regional y global (Rocha *et al.*, 2009). Por un lado, representan el cambio más radical en la cobertura terrestre y la apropiación más evidente del territorio por el ser humano; y por otro, a pesar de que ocupan únicamente el 2.8% de la superficie terrestre del planeta (UNFPA, 2007), el desarrollo mantiene constante presión sobre los recursos naturales de su entorno; incrementa la demanda de agua, tierras para producción de alimentos, extracción de materiales para construcción, sólo por mencionar algunos ejemplos.

Las actividades humanas además de impactar negativamente los ecosistemas generan problemas ambientales, económicos y sociales en los propios asentamientos; es decir, el desarrollo de la humanidad se torna de manera insostenible.



Continuamente el crecimiento urbano se ha visto como prosperidad económica y social. Según muestra la experiencia histórica, existe una fuerte correlación estadística entre urbanización y crecimiento económico; por consiguiente, se cree que las ciudades tienen mayor oportunidad que las zonas rurales para combatir la pobreza y mejorar la calidad de vida de las personas, puesto que, la concentración de la población ofrece acceso a la infraestructura y los servicios básicos a un costo más bajo (UNFPA, 2007). No obstante, esos beneficios han desencadenado una serie de debates que los ponen en balance contra los impactos ambientales que producen; entre ellos, los que se derivan del cambio de uso de suelo (Yuan *et al.*, 2005). Su repercusión en el medio ambiente requiere de análisis y metodologías que permitan reconocer de manera integrada la tendencia de urbanización y el impacto de su desarrollo en el medio natural, y con ello fomentar un desarrollo urbano sostenible.

Para ello es indispensable considerar que una ciudad no es una isla en medio de un territorio “aislado”, como frecuentemente se conceptualizan los planes y programas de desarrollo urbano; Una ciudad está inmersa dentro de una región con determinadas características ambientales y en donde hay otras ciudades de mayor o menor tamaño entre las cuales se ha tejido una estrecha interdependencia social, económica y funcional a lo largo de décadas y siglos de historia (Bazant, 2010).

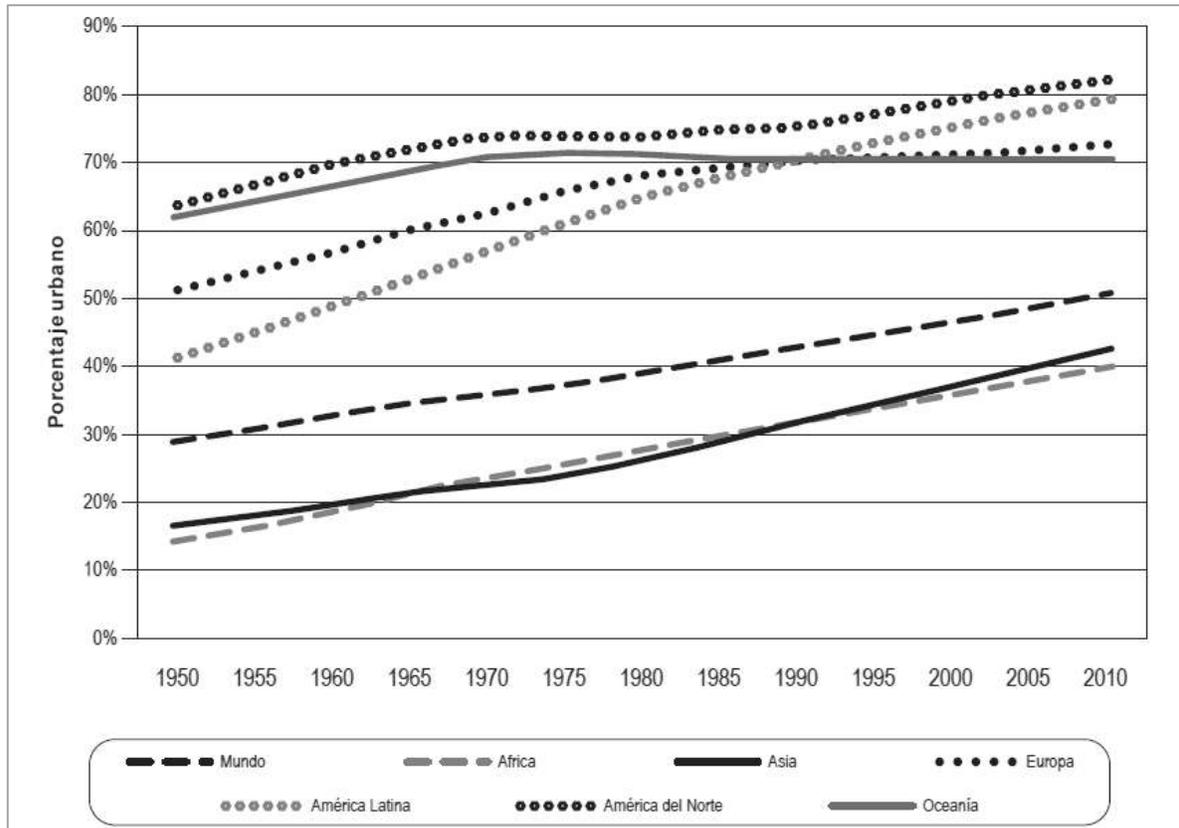
La importancia de estudios sobre el crecimiento urbano es incuestionable, pues las zonas urbanas han incrementado su grado de atracción para la residencia y ocupación de la población en todo el mundo. El siglo XX fue testigo de un proceso de urbanización sin precedente, en 1900 únicamente el 15% de la población mundial vivía en centros urbanos (Graumann, 1977) y a partir de la primera década del siglo XXI más de la mitad (51%) vive en zonas urbanas (UNFPA, 2007; BID, 2011).

El fenómeno de primacía urbana es el producto de diversos acontecimientos a lo largo de la historia en el ámbito económico, político y social, incluyendo el medio natural en que se desarrolla; su configuración ha sido paulatina, pero con ciertas fluctuaciones que han reorientado a diferentes magnitudes la distribución de la población y reestructurado el sistema urbano en el mundo, en especial en las últimas décadas.

Para 2010, los países desarrollados alcanzaron un grado de urbanización cercano al 75%, mientras los países en desarrollo llegaron al 45%, con excepción de América Latina y el Caribe

(ALC); región que pasó del 41% de población urbana en 1950 a cerca del 80% en el 2010, posicionándose como la región en desarrollo y en el mundo con la más rápida urbanización (BID, 2011) (Figura 1).

Figura 1: Evolución del porcentaje urbano mundial y según continentes, 1950-2010.

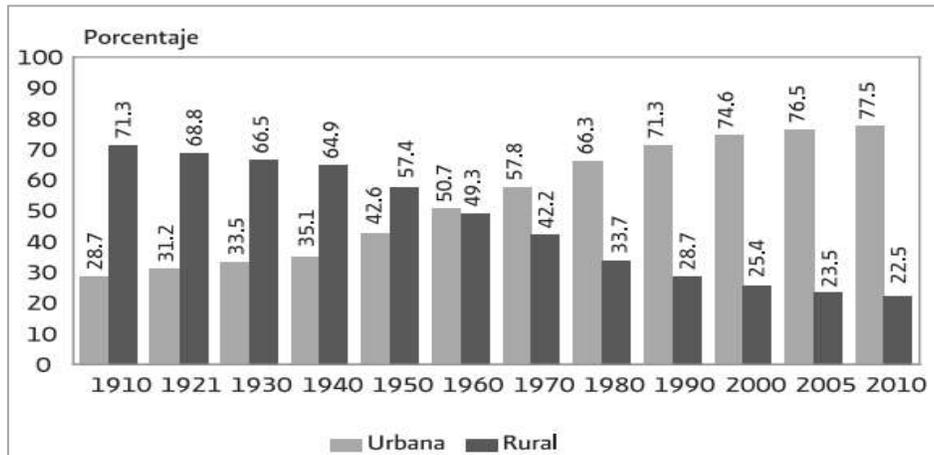


Fuente: a través de da Cunha (2009).

En el transcurso de los últimos cincuenta años el número de ciudades en el subcontinente incrementó 600% (ONU-Habitat, 2012), mientras el crecimiento de población urbana fue aproximadamente de un 60%; esto indica una configuración mayormente diversificada del sistema de ciudades en la región.

En el caso de México, bajo el criterio de más de 2,500 habitantes para determinar a una localidad urbana, el porcentaje de residentes urbanos para 1950 era poco más del 40%, incrementando al 80% para el 2010 (Figura 2); estas cifras coinciden con el proceso de urbanización de ALC.

Figura 2: Porcentaje de población por lugar de residencia, México 1910-2010



Fuente: Proyecciones de la población de México, 2005-2010. INEGI, Estadísticas Históricas de México, 2009.

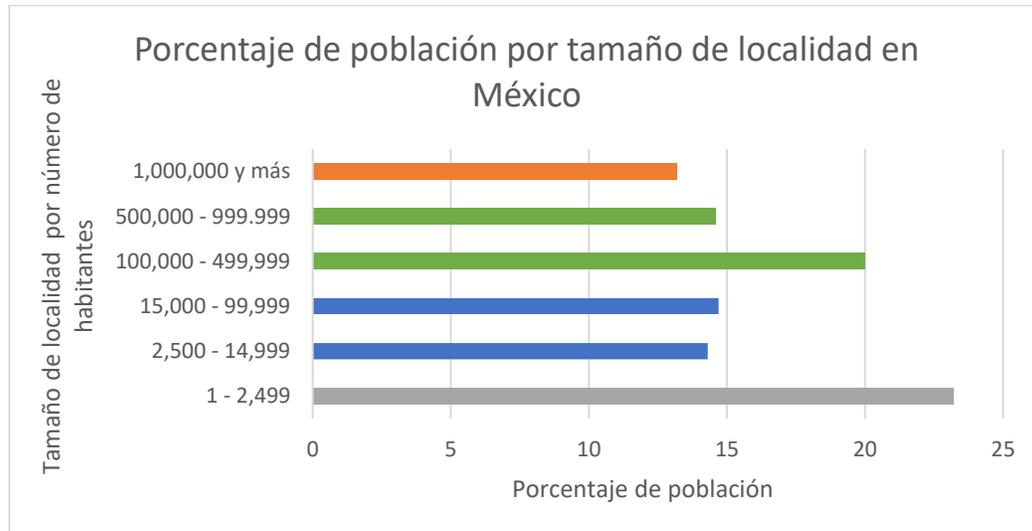
El sistema urbano en México, así como en diversos países latinoamericanos se ha configurado principalmente a través de dos grandes cambios económicos de carácter industrial: primero bajo un modelo sustitutivo de importaciones implementado entre las décadas de 1940-1980, y el segundo a través de un modelo de apertura comercial impulsado por los cambios económicos globales, el cual inicia con la conclusión del primero, permaneciendo hasta nuestros días.

La primera etapa representó el mayor crecimiento demográfico y grado de urbanización en la historia nacional, caracterizada por el crecimiento de las grandes ciudades y zonas metropolitanas (principalmente la ciudad de México) pues gracias a su infraestructura y potencial para la reproducción del capital, fueron las principales receptoras de inversión industrial bajo la dirección del Estado, y en consecuencia, las principales receptoras de los flujos migratorios provenientes del campo y de ciudades de menor tamaño, originando un Sistema Urbano Nacional (SUN) concéntrico marcado por el mayor grado de desigualdad económica y social a nivel nacional (Sobrino, 2011; Almanza, 2016).

La segunda etapa se ha caracterizado por la descentralización del SUN a través de la incorporación de diversas ciudades medias al nuevo modelo económico orientado a la apertura comercial; ciudades cuya talla demográfica oscila entre 100 mil y 1 millón de habitantes, las cuales han sido objeto de nuevos flujos migratorios (ciudad-ciudad) y que incluso han llegado a presentar tasas de crecimiento demográfico mayores a las grandes ciudades (Sobrino, 2011;

Almanza, 2016). Hoy en día, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) alrededor del 35% de la población nacional vive en dichas urbes y aproximadamente el 45% de su población urbana, principalmente en aquellas con menos de 500 mil habitantes (Figura 3).

Figura 3: Porcentaje de población por tamaño de localidad en México 2010.



Fuente propia, con base al Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI.

En naranja ciudades grandes, en verdes ciudades medias, en azul ciudades pequeñas y en gris localidades rurales.

En general, las ciudades tienen un enorme potencial para mejorar la vida de las personas, principalmente las ciudades medias, quienes tienen mayor oportunidad de configurar un sistema urbano equilibrado y sostenible; sin embargo, existen dos grandes inconvenientes: por un lado, los problemas asociados con el crecimiento urbano y la sostenibilidad global suelen ser tratados con temas independientes; y por otro, las capacidades de planificación, los recursos humanos, financieros y técnicos en las ciudades medias suelen ser sumamente débiles; lo cual se traduce en una gestión urbana inadecuada, basada con frecuencia en percepciones e información inexactas, transformando las oportunidades en desastres y condenando a estas ciudades a repetir los errores y problemáticas de las grandes ciudades (UNFPA, 2007; BID, 2011; Mora, 2017).

A nivel estatal y de acuerdo con el Censo Intercensal de Población y Vivienda 2015 de INEGI y las proyecciones de CONAPO para el mismo año, la urbanización en Michoacán de Ocampo está comandada por cuatro ciudades medias, en las cuales vive aproximadamente el 25% de



su población: Morelia (Capital del estado), Uruapan del Progreso, Zamora-Jacona y Apatzingán de la Constitución. Aunque este estado cuenta con un porcentaje de población urbana (68.7%) por debajo de la media nacional y de América Latina, dichas ciudades han colocado a sus correspondientes municipios en un grado de urbanización por arriba de estas cifras, rebasando el 80% de residentes urbanos. Además, cabe mencionar que dichas ciudades, con excepción de Morelia, se encuentran en regiones altamente reconocidas a nivel estatal, nacional e internacional por su producción agrícola: Uruapan por la producción de aguacate, Zamora-Jacona por la producción de fresa y Apatzingán por la producción de limón y mango, entre otros. Este proceso productivo ha colocado a Michoacán como uno de los estados con mayores cambios de cobertura y uso de suelo (CCUS) a nivel nacional y Latinoamérica; por ello las tres ciudades y sus respectivos contextos territoriales se encuentran en el centro de atención para la presente investigación.

2 MARCO TEÓRICO

El cambio de cobertura y uso del suelo y el crecimiento urbano son los dos principales temas involucrados en el presente trabajo de investigación; por lo tanto, es necesario conocer algunos de los conceptos y teorías que emanan de dichos procesos.

2.1 Cobertura y uso de suelo

Los términos “cobertura del suelo” y “uso del suelo” a menudo se usan de manera ambigua; sin embargo, la cobertura del suelo se define por los atributos biofísicos de la superficie terrestre y el subsuelo inmediato de la Tierra, incluida la biota, el suelo, la topografía, las aguas superficiales y subterráneas y las estructuras humanas (Lambin *et al.*, 2003). El uso del suelo se define por los propósitos para los cuales los humanos explotan la cobertura del suelo y por lo tanto incluye las prácticas del manejo de la tierra (Barnsley y Barr, 2000; Verburg *et al.*, 2009). Por consiguiente, los cambios en la cobertura del suelo a consecuencia de las actividades humanas dependen del uso que en ella se tenga (Turner *et al.*, 1993).

De acuerdo con Reyes *et al.* (2006) los cambios de cobertura y uso de suelo fomentan la deforestación y fragmentación de ecosistemas, la desertificación, la alteración del ciclo hidrológico y el incremento de la vulnerabilidad de grupos humanos. ¿Dónde ocurren estos cambios, de qué magnitud son y cuáles serán los escenarios posibles?, son preguntas



recurrentes y relevantes para cada país, principalmente para aquellas naciones donde por un lado se concentra la mayor riqueza natural y cultural, así como las mayores tasas de pérdida y degradación de los ecosistemas (Mas, *et al.*, 2009). De acuerdo con Lambin *et al.* (2001), estas preguntas son respondidas en gran medida a través de un estudio de cambio en la cobertura y uso del suelo; es por ello por lo que dichos estudios se encuentran en el centro atención de la investigación ambiental (Bocco *et al.*, 2001).

Un estudio de la cobertura y uso del suelo clasifica y analiza los diferentes tipos de cobertura y uso asociados que el hombre practica en una zona o región determinada (Vargas Gámez, 1992). Por lo tanto, el análisis multitemporal e histórico permiten conocer su transformación y evaluar los posibles cambios futuros y su impacto sobre la vida de las personas. Sin embargo, para entender los cambios en la cobertura y uso del suelo en el pasado y proyectar trayectorias futuras se requiere entender las interacciones de las fuerzas humanas que motivan la producción y el consumo; pero aún son escasos los trabajos que identifican la influencia de dichos factores (Turner *et al.*, 1993).

De acuerdo con Bocco *et al.* (2001), el estudio de cambio de cobertura y uso del suelo involucra tres principales pasos: a) detección e interpretación cartográfica y digital del cambio del cambio de cobertura y uso del suelo, b) análisis de los patrones de cambio, y c) análisis de las causas de dicho cambio. Cabe mencionar también como punto importante, la evaluación de las implicaciones ambientales emanadas por el cambio de cobertura y uso del suelo.

2.1.1 Herramientas para el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo

Tradicionalmente, el monitoreo (o detección) y el análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo se realizan sobre documentos generados mediante Percepción Remota (PR) (también conocida como teledetección), involucrando superficies vegetales y no vegetales; usualmente mediante fotografías aéreas e imágenes satelitales, o cartografía temática de cobertura (Bocco *et al.*, 2001). En la actualidad, estas técnicas de observación y análisis se implementan en sistemas computarizados, que globalmente se conocen como sistemas de información geográfica (SIG).

Estas dos herramientas (PR y SIG) han tenido una importante evolución a partir del presente siglo, lo que las ha llevado a convertirse en herramientas metodológicas de gran utilidad para



el análisis temporal (dinámica de usos de suelo) y espacial (caracterización según variables descriptivas) de los sitios de estudio (Lucioni, 2003).

2.1.1.1 Percepción remota

La Percepción remota (PR) es una herramienta para obtener información a través de medir la energía electromagnética que es reflejada o emitida por un objeto o área geográfica desde una distancia utilizando un sensor montado en una plataforma (avión o satélite), y el análisis de la información adquirido (imagen) por un análisis visual o procesamiento digital (Jensen, 2007).

El método general de la percepción remota consta de cinco componentes principales: la energía, la fuente de radiación, el banco sobre incide la radiación, el sensor y la vía de transmisión. La fuente de radiación más importante y de la cual se derivan las radiaciones más utilizadas en la percepción remota es el sol (Rosete y Bocco, 2003).

De acuerdo con Chuvieco *et al.*, (2002) los productos de PR tienen cuatro tipos de resolución:

Resolución espacial: es la distancia mínima entre dos objetos, de tal manera que el sensor los pueda separar como objetos distintos (tamaño de celda). Se refiere al objeto más pequeño que puede distinguirse como unidad independiente y es representada por el tamaño de un pixel (celda).

Resolución espectral: es el ancho del espectro electromagnético medido y el número de canales empleados, es decir, el número y ancho de las bandas espectrales registradas por el sensor.

Resolución radiométrica: es la sensibilidad del sensor para diferenciar una señal, es decir, qué partes de espectro electromagnético registra, su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.

Resolución temporal: es el lapso mínimo comprendido entre la toma de dos imágenes de una misma zona, esto es, la periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes del mismo punto de la superficie terrestre.

Para poder interpretar las imágenes generadas por medio de la percepción remota es necesario realizar un tratamiento previo, que consiste en la corrección, eliminando la distorsión propia del proceso de toma (adquisición) y recepción de la imagen, así como ajustarlas al relieve del terreno en particular, por medio de la fotorrestitución, para las fotografías aéreas y



la georreferenciación para las imágenes de satélite, en donde se ubica el área de estudio en relación con sus coordenadas geográficas (Rosete y Bocco, 2003).

2.1.1.2 Sistemas de información geográfica

Un SIG es un grupo de herramientas que permite procesar de diversas maneras datos espaciales del mundo real para diferentes propósitos (Burrough, 1986). Bocco *et al.* (1991) definen a un SIG como un conjunto de programas computacionales que permite el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes satelitales) y no espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes, temporal y espacialmente diferentes.

Cuatro elementos principales integran la función de un SIG: a) el módulo de entrada de datos (selección y captura; b) el módulo de manejo de datos (almacenamiento, recuperación, base de datos geográficos) c) el módulo de análisis de datos (modelamiento, reglas o normas de análisis, monitoreo) y d) el módulo de salida de la información (productos generados, intermedio o finales) (Rosete y Bocco, 2003).

Los SIG tienen como objeto general generar información válida para la toma de decisiones, y de manera específica: manejar bases de datos grandes y heterogéneas referenciadas geográficamente, interrogar las bases de datos sobre la presencia de ciertos fenómenos (que sucede, en dónde y cuándo) y permitir hacer modelos sobre su comportamiento (Rosete y Bocco, 2003).

Las principales ventajas de un SIG en relación con otros sistemas no digitales son la gran capacidad de almacenamiento de datos, el hecho que estos se almacenen y presenten en forma separada y el que se puedan presentar múltiples niveles de datos. También, ofrecen una gran capacidad de manejo de información, lo que permite editarla y actualizarla de forma rápida y eficiente, proporcionan velocidad en la operación del sistema, gran capacidad para establecer una relación coherente entre datos espaciales y sus atributos, así como para manipularlos simultáneamente y una amplia capacidad de análisis y de implementación de modelos que representen a la realidad (Rosete y Bocco, 2003).

La modelación de los CCUS en un SIG permite identificar las áreas más susceptibles de sufrir cambios, ayudar en la comprensión de los procesos que llevan a los cambios y realizar proyecciones basadas en diferentes escenarios (Lambin *et al.*, 2001).



2.1.2 Factores influyentes en el cambio de cobertura y uso de suelo

De acuerdo a diversos investigadores (Gesist *et al.*, 2006; Paruelo *et al.*, 2006; Verburg *et al.*, 2006; Hersperger y Bürgi, 2007; Mertens *et al.*, 2004; Kirby *et al.*, 2006; Müller *et al.*, 2010), existen cinco grandes factores que influyen en el cambio del uso del suelo en general que podrían actuar de manera diferenciada a nivel local y configurar la distribución espacial de la superficie terrestre: a) factores biofísicos, por ejemplo, pendiente, elevación, clima, características del suelo y condiciones de drenaje, que determinan las posibilidades y limitaciones biofísicas para la vegetación natural y agrícola; b) factores socio-culturales, demografía, estilo de vida, la dieta y los acontecimientos históricos; c) factores económicos, estructura de mercado, accesibilidad e infraestructuras existentes, demandas de los consumidores, incentivos gubernamentales, subsidios e impuestos; d) factores políticos, en particular políticas de materialización espacial, como las relativas a la conservación de la naturaleza, la infraestructura y la defensa; e) factores tecnológicos, tales como la mecanización de la agricultura, que incluyen también la experiencia social y organizacional.

En países en desarrollo, los procesos socioeconómicos ligados a la globalización; es decir, a la interconexión mundial de lugares y personas a través de mercados globales, información, flujos de capital y convenios internacionales, se han convertido en el principal detonador de los cambios en el uso del suelo (Geist y Lambin, 2006; Nepstad *et al.*, 2006; Von Braun, 2009; Rulli *et al.*, 2013), sustituyendo cada vez más la influencia de los factores y demandas locales (Svedin, 1999).

Por esta razón, el crecimiento de la población, la pobreza y la infraestructura difícilmente proporcionan un adecuado entendimiento del cambio sobre la superficie terrestre, pues estos factores individuales y sociales se derivan de las condiciones económicas, mediada por factores institucionales (Lambin *et al.*, 2001).

Bajo este contexto de globalización, se ha sugerido que la recuperación de superficies forestales en algunos países implica que otros experimenten una expansión agrícola para cubrir la demanda global de productos (Meyfroid *et al.*, 2010; Lambin y Meyfroidt, 2011). Un claro ejemplo de este proceso es la recuperación de superficies forestales en los países del norte, mientras que los países del sur registran un continuo proceso de deforestación (FAO, 1999).



Las políticas de desarrollo rural que han fomentado la sustitución de la cobertura forestal (primaria) por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo (cultivos y pastizales inducidos), pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazos son las causas principales de la deforestación (Velázquez *et al.*, 2002).

La teoría de la transición forestal relaciona la recuperación de los bosques con el abandono de tierras productivas y con el incremento de la urbanización e industrialización (Rudel *et al.*, 2005; Rudel *et al.*, 2010). Esta teoría sugiere que las áreas que han experimentado una reducción poblacional, principalmente de población rural, será donde se disminuirá la presión local en el uso del suelo, facilitando así la recuperación de la vegetación natural. Esto se ha planteado como la causa de la recuperación de bosques observada en algunos países desarrollados como Estados Unidos de Norteamérica y varios de Europa.

Estudios en América Latina han mostrado que el cambio en el uso del suelo, y por tanto la dirección del cambio forestal (reforestación o deforestación), está determinada por factores ambientales, socioeconómicos y políticos (Rudel *et al.*, 2002; Carr., 2006; Izquierdo *et al.*, 2008; Zak *et al.*, 2008; Gasparri y Grau., 2009; Hecht, 2010). Por otra parte, a nivel regional se ha sugerido que la recuperación de bosques en zonas usadas para actividades agrícolas o ganaderas se han ligado a una reducción poblacional (Rudel, 1998; Rudel *et al.*, 2005; López *et al.*, 2006; Rudel *et al.*, 2010; Uriarte *et al.*, 2010), mientras que el crecimiento poblacional ha sido identificado como un factor que promueve la deforestación a escala local (Carr 2004, 2009).

México no escapa de las tendencias mundiales antes mencionadas; incluso, las actividades que han fomentado en mayor medida el cambio de cobertura y uso de suelo en el país se han dado a una tasa mayor que la media mundial; entre ellas: la ganadería, la agricultura y el crecimiento de los asentamientos humanos (Mas *et al.*, 2004; Sánchez-Colón *et al.*, 2009 en: Cuevas *et al.*, 2010). Mientras que las dos primeras han tenido un impacto significativo desde antes de la década de 1970, la última ha registrado un incremento importante a partir de esa década (Sánchez Colón *et al.*, 2009 en: Cuevas *et al.*, 2010), constituyéndose en la actualidad en el cambio de uso de suelo más importante de algunas regiones del país (SEMARNAT, 2008 en: Cuevas *et al.*, 2010).

Por otro lado, los datos obtenidos por Masera *et al.* (1997) indican que México se encuentra entre los países con mayor deforestación a nivel mundial; para inicios de la década de 1990



se perdían anualmente 720,000 ha de bosque, selvas y vegetación semiárida, concentrando el 80% de su deforestación entre las regiones centro y sur del país (Masera, 1996).

A nivel regional, estudios en el estado de Michoacán han identificado la expansión agrícola y ganadera como la principal causa de deforestación (Ramírez- Ramírez, 2001; Velázquez *et al.*, 2003; Gómez – Mendoza *et al.* 2006). Estudiar la dinámica de cambio en Michoacán es importante porque es el estado en el que se han reportado históricamente algunos de los procesos más intensos de deforestación y degradación forestal a nivel país y a nivel Latinoamérica (SARH, 1991).

En la manera en que se defina con certeza la relación de los factores que están generando el cambio, se podrán formular mejores estrategias para el correcto manejo de los recursos en función del impacto ambiental generado por las actividades productivas (Bocco y Mendoza, 1999).

2.2 Urbanización

La urbanización es un proceso complejo que involucra dos fenómenos: el primero se refiere al crecimiento de población urbana y a la expansión de localidades urbanas existentes, así como, el surgimiento de nuevas localidades de dicha índole; el segundo consiste en la evolución de la forma de vida de la población, la cual involucra un cambio en las actividades económicas y en las estructuras de empleo, pasando de la agricultura (sector primario) y que en muchas ciudades son la principal razón de su origen, a la industria (sector secundario) cuando la ciudad gana importancia económica, y a los servicios (sector terciario) fomentado por el crecimiento de la población (Satterthwaite, 2008; CONAPO y SEDESOL, 2012).

Al igual que los cambios sobre la cobertura vegetal, el crecimiento urbano (cobertura antrópica) es impulsado principalmente por factores económicos; la prueba de ello es que el mayor crecimiento de las actividades económicas en todas las regiones del mundo en los últimos 50-100 años se ha producido en zonas urbanas, principalmente a través de la industria y los servicios, con una aportación del 97% al PIB mundial. Hoy en día aproximadamente el 65% de la población económicamente activa (PEA) del mundo trabaja en estos sectores y una considerable proporción de estas actividades se desarrolla en zonas urbanas (Satterthwaite, 2008).



Fue en la década de 1980 donde por primera vez más de la mitad de la PEA del mundo se basa en la industria y los servicios, alrededor de 1940 más de la mitad del PIB mundial se generó a raíz de la industria y los servicios (Satterthwaite, 2008).

Por otra parte, es importante mencionar que la urbanización no depende únicamente del crecimiento económico, ni es un reflejo exclusivo de su desarrollo; de ser así, la urbanización y su crecimiento económico sería una senda lineal por la que, tarde o temprano, las sociedades tienden a encaminar. Por lo tanto, el proceso de urbanización también es la respuesta de procesos sociales en los que la sociedad se organiza con estrecha relación con las fuerzas productivas, expresiones culturales; políticas que se manifiestan en la organización del territorio (Castelles, 2014).

El grado de urbanización para cualquier nación se basa en la proporción de su población que habita en zonas urbanas, motivo por el cual este nivel se ve influenciado por la forma en que el gobierno nacional define a una “localidad urbana” (Garza, 2002). El grado de urbanización mundial es entendido, no como una cifra exacta (48,7% en 2005), sino como un intervalo entre 45 y 55% de la población del planeta, dependiendo de los criterios utilizados para definir un centro urbano (Satterthwaite, 2008).

Sin embargo, al igual que en cualquier cambio de cobertura y uso de suelo, para entender el crecimiento urbano no basta con conocer las estadísticas demográficas; el crecimiento de población urbana puede señalar cuáles son los centros urbanos que crecen con mayor o menor velocidad, más no sugieren nada sobre el por qué se produce el crecimiento.

2.2.1 Crecimiento urbano en México

En el caso de México, se puede decir que, en 2010, México variaba entre 62% y 77% urbano, en función de si los centros urbanos son considerados todos los asentamientos con 15,000 habitantes o más, o los asentamientos con 2,500 habitantes o más. No obstante, la urbanización en México, así como, en diversos países latinoamericanos se puede entender sólo en términos de los grandes cambios económicos que ha sufrido la nación y bajo los cuales se ha configurado el actual sistema urbano (Satterthwaite, 2008; Sobrino 2012).

En el transcurso del siglo XX y siglo XXI, México ha pasado por tres principales modelos económicos, a los cuales se atribuyen patrones de desarrollo urbano particulares: 1) el modelo



primario exportador y post-revolucionario (1900-1939), con una urbanización lenta y predominio rural; 2) el modelo de sustitución de importaciones (1940-1984), de urbanización acelerada y preeminente en que se produjo convergencia condicional, y 3) el modelo de apertura comercial (1985-2014), con una urbanización moderada y diversificada, que en la primera mitad de este periodo presentó divergencia regional y, en la segunda, convergencia condicional débil. Este último modelo contó con tres etapas: a) ajuste estructural macroeconómico, apertura comercial y desregulación (1983-1994) con la entrada de México primero al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) y después al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), bajo los lineamientos del Consenso de Washington, con fuertes crisis bancarias e impactos externos y un crecimiento promedio de 2.6% del Producto Interno Bruto (PIB); b) profundización del cambio estructural (1995-2000) con menor inflación y aumento de las importaciones y exportaciones, y c) estancamiento económico (2001 a la actualidad) con un proceso de urbanización moderado, pero con metropolización ampliada, diversificada, surgimiento de redes de ciudades, convergencia condicional regional débil, parálisis legislativa en dos sexenios y fuerte crisis financiera internacional (Almanza, 2016).

2.2.1.1 Sistema Urbano Nacional

De acuerdo con el catálogo del sistema de ciudades del país elaborado por SEDESOL Y CONAPO (2012), en el cual considera como ciudades únicamente a aquellas localidades urbanas con más de 15 mil habitantes que cuentan con una base económica predominante a través de los sectores secundario y terciario; el SUN actual se encuentra conformado por un conjunto de 384 ciudades con estrechas relaciones funcionales, las cuales se clasifican en: zonas metropolitanas, conurbaciones y centros urbanos, identificados y definidos a partir del marco geoestadístico del Censo de Población y Vivienda 2010.

De las 384 ciudades del SUN, 59 son zonas metropolitanas con 63.8 millones de habitantes, que representan 79% de la población urbana; 78 son conurbaciones con 5.2 millones de personas, lo que significa 6% del SUN y 247 son centros urbanos con una población de 12.2 millones (15% del SUN)

Zona metropolitana: hace referencia a la zona urbana de mayor jerarquía dentro del SUN. Es un conglomerado territorial que incluye municipios completos en los que existe una ciudad



central y asentamientos humanos unidos físicamente a ésta, o que mantienen estrechos vínculos de interrelación con dicha ciudad. También se consideran a los centros urbanos mayores a un millón de habitantes, hayan rebasado o no su límite municipal y a los centros urbanos de las zonas metropolitanas transfronterizas mayores a 250 mil habitantes.

Conurbación: es la conformación urbana resultado de la continuidad física entre dos o más localidades geoestadísticas o centros urbanos, constituyendo una sola unidad urbana de por lo menos 15 mil habitantes; pueden ser intermunicipales e interestatales cuando su población oscila entre 15 mil y 49, 999 habitantes e intramunicipales aun superando este rango poblacional.

Centro urbano: ciudades con 15 mil o más habitantes, que no reúnen características de conurbación o zona metropolitana.

2.2.1.2 Clasificación del Sistema Urbano Nacional por talla demográfica

Por otra parte, el SUN puede ser clasificado de acuerdo con su talla demográfica en tres rangos: ciudades grandes, cuando rebasan el millón de habitantes; ciudades medias cuando su población oscila entre 100 mil y 1 millón; y ciudades pequeñas, siendo aquellas con menos de 100 mil habitantes.

De acuerdo con esta clasificación, en 2010 existían 11 ciudades grandes, donde vive aproximadamente el 51% de la población del SUN; 84 ciudades medias, que albergan al 37% del SUN; y 289 ciudades pequeñas, donde vive el 12% de la población del SUN (Cuadro 1) (SEDESOL y CONAPO, 2012).

Cuadro 1: Clasificación del Sistema Urbano Nacional por rango de población.

Rango (Tamaño de población)	Zonas Metropolitanas		Conurbaciones		Centros urbanos		Total	
	N°	Población	N°	Población	N°	Población	N°	Población
Sistema urbano nacional	59	63,836,779	78	5,175,008	247	12,219,494	384	81,231,281
1 millón o más	11	41,369,040					11	41,369,040
100 mil a 999,999	48	22,467,739	15	2,915,060	21	5,043,252	84	30,426,051
50 mil a 99,999			8	585,956	32	2,224,189	40	2,810,145
15 mil a 49,999			55	1,673,992	194	4,952,053	249	6,626,045

Fuente: modificado a partir de SEDESOL y CONAPO (2012).



2.2.1.2.1 Ciudad media

Las ciudades medias son centros servidores de bienes y servicios más o menos especializados para la población del mismo municipio o de otros municipios (asentamientos rurales y urbanos) sobre los que ejercen influencia; son centros de interacción social, económica y cultural; son asentamientos ligados a redes de infraestructuras que conectan las redes locales, regionales y nacionales o incluso internacionales (Laborie, 1991; Bouinot, 1991; Hardoy, 1996 y Blitzer, 1998).

Las ciudades medias empezaron a tener mayor interés desde la Conferencia de Hábitat International celebrada en Vancouver (1976), cuando se planteó la necesidad de apoyar la existencia de este tipo de urbes con el fin de evitar los altos costos que involucran las grandes metrópolis a través de la creación de un sistema de ciudades más pequeñas con un crecimiento controlado tipo europeo (Benítez, 2011). Sin embargo, no se puso en práctica en países como México por el alto costo que implicaba; en su lugar, se encaminó la política de desarrollo urbano hacia la creación de mejores condiciones para atraer población a algunas ciudades que contaban con cierta infraestructura y servicios; tal fue el caso del programa de las 100 ciudades dentro del Programa Nacional de Desarrollo 1995-2000 (Chavéz de Ortega, 1996; Benítez, 2011). La política de planificación en los sesentas y la crisis de mediados de los setentas, hicieron considerar a las ciudades medias y pequeñas como posibles polos para el desarrollo económico y como una alternativa a las grandes concentraciones urbanas (Benítez, 2011).

En la mayoría de los países en desarrollo existe una brecha entre las grandes metrópolis y las localidades menores, tanto en actividades económicas como en oportunidades de trabajo y, en la cantidad y calidad de servicios públicos; sin embargo, el número de ciudades medias y la población que radica en ellas las convierte en un importante componente en todos los sistemas urbanos nacionales de los países en desarrollo, representando oportunidades para mejorar las economías de escala, la calidad de vida de su población y liberar a las grandes ciudades de la rápida expansión caracterizada y suscitada por la migración (Aguilar y Vázquez, 2000).

De acuerdo con el BID (2011), el futuro del desarrollo urbano en ALC depende en gran medida de lo que ocurra en las ciudades medias, pues en ellas se ha registrado una importante



dinámica de crecimiento económico y demográfico, incluso mayor a las grandes ciudades; por lo tanto, es indispensable analizar el crecimiento en dichas urbes. La escala de la ciudad permite realizar intervenciones orientadas a la sostenibilidad. Las ciudades medias por un lado, se encuentran en una etapa temprana de crecimiento que permite explotar economías de escala y controlar los costos de aglomeración, y por otra, si se mejorase la calidad de vida de sus habitantes, se reduciría la presión demográfica y económica sobre las grandes metrópolis, lo que ayudaría a superar los desequilibrios que las caracterizan.

2.2.2 Desarrollo urbano sostenible

Definir el desarrollo urbano sostenible no es una tarea fácil, pues significa determinar qué se entiende por desarrollo sostenible, qué significa el concepto de desarrollo urbano y, en qué medida las políticas inciden sobre las modalidades y las dinámicas del desarrollo urbano. Cuestiones por las cuales existe muchos y diversos puntos de vista (Burgess, 2003).

Con base a las definiciones de la ONU, el desarrollo sostenible hace referencia a la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, para alcanzar el desarrollo sostenible es fundamental armonizar tres factores básicos: el crecimiento económico, la inclusión social y la protección al medio ambiente. Estos factores se encuentran interrelacionados y cada uno es esencial para el bienestar de las personas y las sociedades.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2012), el desarrollo urbano es el proceso de adecuación y ordenamiento a través del ejercicio de la planeación territorial de los aspectos físicos, económicos y ambientales. Es decir, alude a la intervención orientada a la transformación no solo cuantitativa sino también cualitativa de las condiciones de vida de la población, la conservación, uso adecuado de los recursos naturales, así como el mejoramiento en la economía.

3 ANTECEDENTES

Los antecedentes que se abordan en el presente apartado son trabajos que exponen el cambio de cobertura y uso de suelo y la urbanización de manera independiente, por lo cual pueden parecer descontextualizados de la presente investigación; no obstante, estos estudios



permiten comprender los procesos y/o metodologías bajo los cuales han llegado a la comprensión de diversos temas desde distintas ramas del conocimiento, lo cual puede ayudar a conjuntar diversos conocimientos para un mismo fin. Por esta razón se optó por dividir su descripción en dos temáticas: 1) Trabajos referentes al cambio de cobertura y uso de suelo a nivel nacional, estatal y regional, haciendo hincapié en los estudios referentes al estado de Michoacán; y 2) estudios sobre el crecimiento urbano.

3.1 Estudios de cambio de cobertura y uso del suelo

En México, hay pocos estudios a nivel nacional para conocer los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo (Castillo *et al.*, 1989; Masera *et al.*, 1992; Mas *et al.*, 1996; Velázquez *et al.*, 2002b; Mas *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2009; Velázquez *et al.*, 2010); pero a nivel regional y local existen muchos, con enfoques y objetivos particulares, siendo una característica casi generalizada la carencia del análisis de las causas que provocan el cambio (Rosete, 2008; Velázquez, 2008).

Mas *et al.* (2002) realizaron el primer análisis de cambio de cobertura a nivel nacional para los años 1976, 1993 y 2000, en el cual se utilizaron las fuentes cartográficas de cobertura vegetal elaboradas por INEGI (Serie I y Serie II) y la cartografía del Inventario Forestal Nacional, de manera respectiva; esta última, elaborada por el Instituto de Geografía de la UNAM en colaboración con el INEGI. Dichos insumos fueron sometidos primeramente a una revisión de compatibilidad y confiabilidad en cuanto a escalas y los métodos de clasificación de las correspondientes coberturas, y posteriormente se realizaron dos cruces de mapas en un sistema de información geográfica para generar mapas y matrices de cambio para los periodos 1976-1993 y 1993-2000. Este análisis mostró un importante incremento de los pastizales y cultivos y un decremento de las áreas forestales; mientras los primeros incrementaron aproximadamente un 60% y 30%, respectivamente; el bosque, la selva y los matorrales perdieron más de 20,000 km², 60,000 km² y 45,000 km², respectivamente; lo que representa tasas de deforestación de 0.25, 0.76 y 0.33% por año de manera respectiva.

Entre los insumos utilizados en el anterior caso de estudio, cabe mencionar de manera particular la elaboración de la cartografía del Inventario Forestal Nacional en el año 2000 (Palacio-Prieto *et al.*, 2000); su elaboración se realizó a escala 1:250 000 con un área mínima



cartografiable de aproximadamente 1 km², bajo una clasificación de cobertura/uso con varios niveles de generalización, con el objeto de satisfacer los requerimientos de los diferentes usuarios potenciales del producto resultante. Cabe mencionar que este trabajo se realizó bajo una interpretación visual sobre imágenes satelitales Landsat 7 después de haber realizado su correspondiente combinación de bandas y su georreferenciación a través de puntos de control. Se optó por la interpretación visual de imágenes y no por la automatizada (supervisada o no) después de una revisión bibliográfica y por la experiencia previa de los coordinadores. La interpretación fue supervisada por región eco-geográfica, por expertos regionales de INEGI y de otras dependencias oficiales y académicas. De manera general, los resultados de este trabajo mostraron que la mayor parte de la superficie terrestre nacional se encuentra cubierta por matorrales (alrededor del 30%), seguido de los cultivos (24%), Bosques y selvas (entre 15 y 17% cada uno), pastizales (10%) y el resto de las categorías cubren únicamente el 5%, entre ellas lo referente a los asentamientos humanos.

Por otro lado, García y Mas (2008) publicaron un trabajo de comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura del suelo en el sureste de México (Centro del estado de Quintana Roo), con el objetivo de evaluar y comparar el desempeño de cuatro diferentes métodos automatizados, tanto convencionales como alternativos, para la diferenciación de seis clases de cobertura del suelo, y de esta manera fomentar alternativas para la obtención de resultados precisos para la toma de decisiones. Los métodos evaluados fueron: a) la máxima verosimilitud (píxel -a-píxel), b) el método de clasificación por región *Sequential maximum a posteriori*, c) el método de redes neuronales *perceptrón multicapa* y d) la incorporación de datos auxiliares representados por imágenes de probabilidad a priori tanto en una clasificación de *máxima verosimilitud* como en la clasificación de *perceptrón multicapa*. Los resultados mostraron que la incorporación de datos auxiliares representados por imágenes de probabilidad *a priori* permite aumentar hasta un 20% la fiabilidad en comparación con una clasificación convencional, alcanzando hasta un 84% de fiabilidad, mientras que en los métodos que en los que no se aplicó la probabilidad *a priori* muestran valores de error promedio del 30%.

Es importante mencionar que una clasificación automatizada efectivamente brinda la oportunidad de optimizar tiempos para el análisis del cambio de cobertura y uso de suelo; sin embargo, pese a las técnicas aplicadas para la obtención de resultados más precisos, continúa



existiendo un porcentaje promedio de error del 20%, sobre todo en coberturas con gran similitud espectral, lo cual complica reconocer patrones más detallados; es decir, entre un mayor número de categorías.

Bajo este panorama, podemos decir que una clasificación visual es la mejor opción para estudios con varios niveles de generalización, donde pueden existir diversas categorías con alta similitud espectral.

Por otra parte, bajo un contexto estatal, Bocco *et al.* (2001) estudian la dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán para el período 1970-1993 a través de sistemas de información geográfica (ILWIS), fotointerpretación en imágenes Landsat y cartografía de cobertura vegetal de INEGI, proponiendo una metodología para el estudio de los procesos de deforestación. Este estudio es un ejemplo de los trabajos que no sólo cuantifican las tasas de cambio y encuentran patrones, sino también buscan la causalidad de dicho proceso. De acuerdo con la metodología propuesta en este trabajo cabe señalar algunos de los pasos propuestos, los cuales pueden ser aplicados en casos de estudio similares:

- 1). Formulación de una leyenda adecuada tanto para la cobertura de la región como para la escala de análisis.
- 2). Interpretación de manera visual de la cobertura del suelo sobre insumos espaciales (fotografías aéreas, imágenes satelitales).
- 3). Verificación de la calidad del etiquetamiento; la cual puede ser a través de un criterio binomial de éxito-fracaso (Bocco y Rietmann, 1997), el cual tiene únicamente dos resultados: correcto (la etiqueta del polígono en la base de datos digital corresponde con la fuente de verificación, ya sea con otro mapa o con una visita a la zona estudiada) o incorrecto (el polígono dado fue incorrectamente etiquetado). De acuerdo con el grado de fiabilidad arrojado en este paso, se procede a corregir el error hasta alcanzar el requerimiento de confianza establecido por el usuario.
- 4). Sobreposición cartográfica y cuantificación de los cambios totales y transicionales en el periodo analizado a través de una matriz de transición.
- 5). Analizar las causas del cambio.



Para realizar este último punto, dicho estudio partió de la hipótesis que la dinámica del cambio es desencadenada y controlada por factores demográficos y las consecuentes actividades productivas. El proceso de análisis fue mediante una regresión múltiple entre los cambios de la cobertura por municipio y los cambios en variables socioeconómicas y demográficas seleccionada también a este nivel para reconocer posibles correlaciones.

Los resultados de Bocco *et al.* (2001) señalaron que el 60% de la cobertura del estado para los años setenta correspondía a bosques templados y selvas bajas caducifolias, mientras que en 1993 estas clases se redujeron en alrededor de 13%, con tasas de deforestación anuales de 1.8% y 1%, respectivamente; la tasa de pérdida de bosques es el doble que la estimada a nivel nacional. Adicionalmente, 20% de bosques y selvas sufrieron un proceso de degradación; es decir, pasaron de bosques y selvas cerradas a bosques y selvas abiertos.

En relación con el error de etiquetamiento, todas las categorías alcanzaron al menos un 95% de fiabilidad, lo cual demuestra que la clasificación de manera visual puede lograr mayor grado de fiabilidad que una clasificación automatizada, aunque demande mayor tiempo para realizarlo.

Las variables utilizadas para reconocer las causas de los cambios en la cobertura no resultaron estadísticamente significativas. Demostrando que los procesos de cambio del uso del suelo a nivel regional en el estado de Michoacán no pueden explicarse de manera simple por variables socioeconómicas y demográficas.

Con base en el estudio de Bocco *et al.* (2001) es evidente que para comprender los procesos de cambio primero debe indagarse de manera empírica los procesos socioeconómicos que representan a la región bajo estudio y con ello detectar los posibles factores determinantes de los cambios, con los cuales posteriormente puede realizarse un análisis estadístico.

Otro trabajo a nivel estatal que cabe describir es la evaluación del impacto ecológico del cultivo de aguacate a nivel regional y de parcela en Michoacán para los años 1974, 1995, 2005 y 2007, elaborado por Morales y Cuevas (2011). En este trabajo se utilizaron diferentes insumos; partiendo de fotografías aéreas de 1974 de INEGI que después de ser ortorectificadas se usaron como base para cuantificar el cambio en el uso y cubierta del suelo y la superficie cultivada de aguacate con respecto a los otros años ya mencionados.



Para la interpretación del año 1995 se utilizaron ortofotos digitales de INEGI, los resultados respectivos mostraron un importante crecimiento de cultivos de aguacate, sobre todo en el corredor Peribán – Tancítaro – Uruapan. Para el 2005, los resultados mostraron que el cultivo siguió expandiéndose a un ritmo acelerado, principalmente al oriente de Uruapan y en las zonas aledañas de ario de Rosales y Tacámbaro. Para el 2007 se utilizaron imágenes SPOT y se realizó una interpretación visual después de intentar hacerlo mediante una serie de clasificaciones automatizadas y obtener resultados poco satisfactorios, dado que los campos de aguacate se encuentran en diversos estadios de crecimiento, lo que origina confusión en la interpretación con los remanentes de bosque. Los resultados obtenidos mostraron una superficie del cultivo de 112,725.62 ha, con mayor expansión en zonas aledañas a Charapan, Ario de Rosales y Tacámbaro.

La comparación de los diferentes inventarios señala una multiplicación de 10 veces la superficie sembrada de aguacate con un mayor crecimiento entre 1995-2007 con 4,515 ha/año en comparación con 1,750 ha/año en el periodo 1974-1995.

También se determinó la magnitud y la localización del impacto forestal causado por el cultivo de aguacate; utilizando los mapas de cobertura y uso de suelo de 1974 y 2007, se identificaron a las zonas de cultivo de temporal, zonas de cubierta forestal y zonas de matorral-pastizal como las más afectadas por su expansión; 55%, 34% y 11%, respectivamente. Además, las categorías de cultivos de temporal y matorral-pastizal no están exentas de continuar cambiando a huertos de aguacate.

3.2 Estudios de Urbanización

Bajo el panorama estatal anteriormente descrito, se optó por incorporar algunos antecedentes de urbanización, cuya configuración suele estar relacionado con las actividades agropecuarias.

Un caso digno de citar pese a no ser un caso mexicano, es la investigación realizada por Canales y Canales (2013) en Chile, donde la modernización del agro ha generado nuevos patrones de asentamiento y movilidad de la población tanto a niveles locales, regionales, como a nivel nacional; cambiando el tradicional modelo de desarrollo urbano-metropolitano por un modelo de desarrollo agropolitano; es decir por la configuración de un sistema de ciudades



agrarias (agrópolis) que rompen con la dicotomía urbano-rural; pues a diferencia del modelo clásico de expansión de ciudades medias basada en la relocalización industrial que caracteriza la urbanización en otros países latinoamericanos; en este caso, el centro económico y productivo no está en la ciudad, sino en territorio agrario. En este sentido, la ciudad es la forma urbana que se dinamiza a partir de la reconversión del agro, y de su inserción en el mercado global.

Bajo esta línea de investigación, Bárcenas y De la Tejera (2016) publicaron un estudio de las transformaciones rur-urbanas en el municipio de Tacámbaro Michoacán en el período 1980-2010; identificando un tipo de urbanización diferente a los más generalizados centrados en actividades de industrialización, manufacturas o servicios, dado que en este caso los procesos de cambio se ha basado en el desarrollo de la actividad agrícola orientada al monocultivo de aguacate para la exportación y el mercado nacional, lo cual ha originado una mayor articulación de las zonas rurales con las urbanas y de zonas rurales con otros asentamientos rurales, ligando diferentes procesos económicos, demográficos y sociales; a tal grado que entre 1980 y 1990 la dinámica poblacional cambia de ser mayormente urbana a mayormente rural, acompañada por la aparición de pequeñas localidades al margen de las huertas, aunque posteriormente reinicia su tendencia a la urbanización. Las intensas relaciones y flujos poblacionales, económicos y particularmente comerciales entre las distintas localidades rurales-urbanas, rurales-rurales y urbanas-urbanas se deben fundamentalmente a la producción, comercialización y transformación del aguacate en el municipio; esto se puede visualizar en la aparición de un número importante de empresas, establecimientos comerciales diversos y la oferta de servicios especializados en materia educativa, de finanzas y transporte.

Sin embargo, la expansión desmedida del cultivo de aguacate en los últimos años muestra diversas implicaciones económicas, sociales y ambientales (De la Tejera, *et al.*, 2010; 2013).

4 JUSTIFICACIÓN

A pesar de la importancia demográfica y económica que tienen las ciudades medias en el estado de Michoacán (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán), se carecen de estudios espaciales y empíricos que permitan entender el proceso de su crecimiento urbano y las transformaciones territoriales de su entorno, y así contribuir a su correcta planificación.



La presente investigación busca entender en un análisis bitemporal el crecimiento urbano de las ciudades bajo estudio más allá de los límites de su mancha urbana, considerando el contexto geográfico y socioeconómico en el que se han configurado.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Caracterizar el crecimiento urbano y las transformaciones territoriales en torno a las ciudades medias del estado de Michoacán de Ocampo (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán) a través del análisis bitemporal de cambio de cobertura y uso de suelo y su relación con variables socioeconómicas.

5.2 Objetivos particulares

- Analizar la dinámica del cambio de cobertura y uso de suelo en las áreas urbanas y periurbanas de las diferentes ciudades bajo estudio en el periodo de 1996-2015.
- Reconocer los principales patrones espaciales de la expansión urbana y de los cambios de cobertura y uso de suelo en su contexto geográfico.
- Identificar los factores socioeconómicos que contribuyeron en mayor medida al CCUS en los diferentes casos de estudio.
- Comparar el crecimiento de las distintas ciudades bajo estudio.

6 HIPÓTESIS

La expansión y configuración urbana de las ciudades medias bajo estudio, así como los cambios de cobertura y uso de suelo de su entorno en el periodo analizado, pueden atribuirse principalmente a la reconversión agropecuaria orientada a las exportaciones con una profundización a través del modelo económico de apertura comercial con la entrada de México al TLCAN.



7 ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Michoacán de Ocampo forma parte de la región centro occidente de México y se localiza entre los 20°23'44" y 18°09'49" de latitud norte y los 100°04'48" y 103°44'20" de longitud oeste y abarca una superficie de 58,836 km² (Bocco y Mendoza, 1999). De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2015 de INEGI, el estado de Michoacán alberga cerca del 4% de la población nacional, y con base a las proyecciones de CONAPO para este mismo año, las ciudades objeto de estudio albergan de manera conjunta un total de 590,917 habitantes; es decir, un 13% de la población del estado aproximadamente; donde Uruapan encabeza la lista con 280,817; seguido de Zamora de Hidalgo (149,998) y Jacona de Plancarte (58,352) por su conurbación suman 208,350, y Apatzingán de la Constitución con 101,751. Todas ellas siendo cabeceras municipales en donde representan el 84%, 76%, 84%, y 79% de población de su correspondiente municipio, respectivamente.

La delimitación de la zona de estudio para cada ciudad y sus zonas aledañas comprende parte de cuatro municipios sumando en conjunto 149 mil ha aproximadamente (Cuadro 2), correspondientes al 2.5% de la superficie del estado.

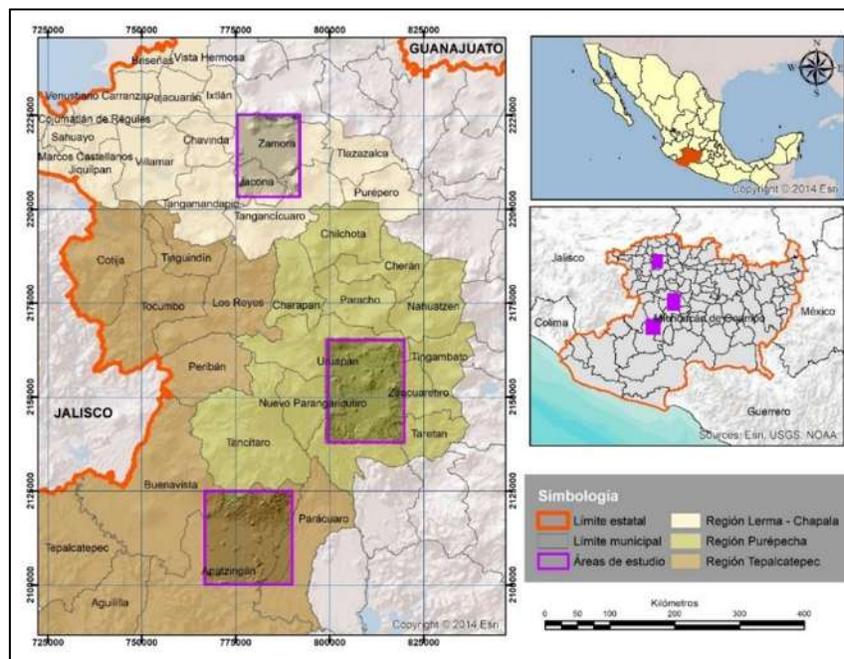
El área de estudio para la ciudad de Uruapan se localiza en la región Purépecha entre los municipios de Uruapan, Nuevo Parangaricutiro, Ziracuérétiro y Taretán, abarcando alrededor de 55 mil ha; el caso de Zamora-Jacona dentro de la región Lerma-Chapala, entre los municipios de Zamora, Jacona, Tangancícuaro y Ecuandureo, abarcando alrededor de 36 mil ha y; el caso de Apatzingán perteneciente a la región Tepalcatepec, entre los municipios de Apatzingán, Parácuaro, Buenavista y Tancítaro, cubriendo alrededor de 58 mil ha (Cuadro 2 y Figura 4).

Cuadro 2: Superficie de los municipios que se encuentran en cada caso de estudio.

Caso de estudio	Municipios	Área total de cada municipio (ha)	Área y porcentaje del municipio dentro de la zona de estudio		Porcentaje que representa cada municipio dentro de la zona de estudio
			ha	%	
Uruapan	Uruapan	100,699	46,972	46.6	85.2
	Nuevo Parangaricutiro	23,363	4,151	17.8	7.5
	Taretán	18,406	1,965	10.7	3.6
	Ziracuaretiro	15,904	2,056	12.9	3.7
Zamora-Jacona	Zamora	33,250	23,018	69.2	63.2
	Jacona	11,787	9,535	80.9	26.2
	Tangancícuaro	38,264	2,834	7.4	7.8
	Ecuandureo	30,190	1,016	3.4	2.8
	Tangamandapio	31,388	19	0.1	0.1
	Ixtlán	12,299	7	0.1	0.0
Apatzingán	Apatzingán	163,281	46,524	28.5	80.5
	Parácuaro	50,092	6,827	13.6	11.8
	Buenavista	91,752	3,198	3.5	5.5
	Tancítaro	71,027	1,254	1.8	2.2

Fuente: propia a través de áreas geoestadísticas (INEGI, 2016). Los renglones sombreados indican a los municipios que no se tomarán en cuenta por la pequeña proporción de superficie que presentan.

Figura 4: Localización de áreas de estudio.

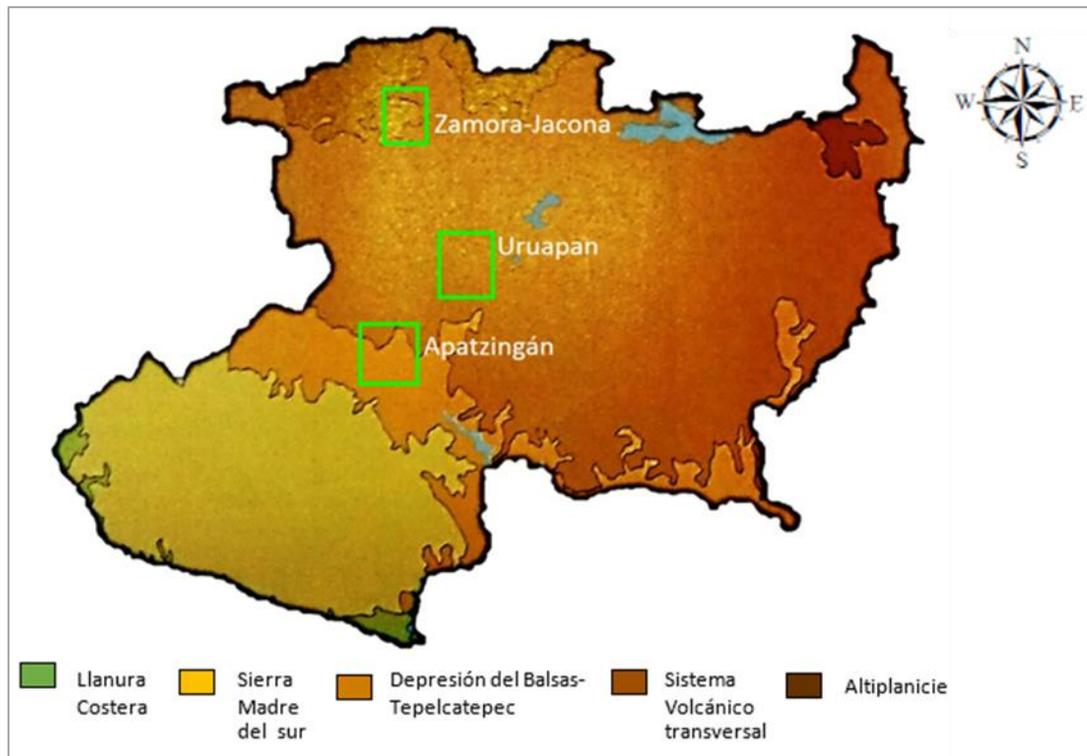


Nota: la regionalización de Michoacán fue tomada de Seplade (2005).

7.1 Fisiografía

De acuerdo con el Atlas Geográfico del estado de Michoacán (2003), las áreas de estudio se encuentran dentro de 3 provincias fisiográficas en el estado: Uruapan en el Sistema Volcánico Transversal (SVT), Zamora-Jacona en la Altiplanicie y parte del SVT, y Apatzingán en la Depresión del Balsas-Tepalcatepec con parte en el SVT (Figura 5).

Figura 5. Delimitación de las áreas de estudio en las provincias fisiográficas del estado de Michoacán.



Fuente: Obtenido a partir de Atlas Geográfico del Estado de Michoacán (2003) de acuerdo con las provincias delimitadas por el Dr. Genaro Correa. En recuadros verdes las diferentes zonas de estudio.

Sistema Volcánico Transversal: También conocido como Cinturón Volcánico Transmexicano; se localiza al sur de la Altiplanicie Mexicana. Esta región se formó con rocas volcánicas, a partir del Cenozoico superior, por un gran número de aparatos volcánicos. La mayor parte de esta provincia se sitúa entre los paralelos 19° y 20° de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste. El estado cuenta con más de mil conos monogenéticos (volcanes que han presentado actividad sólo una vez) cuyo origen se



relaciona con la subducción de la Placa de Cocos debajo de la corteza continental de México (Correa *et al.*, 2003).

Depresión del Balsas-Tepalcatepec: Esta provincia se encuentra entre la Sierra Madre del Sur y el Cinturón Volcánico Transmexicano, con la misma dirección que éstos; se formó, al igual que la Sierra Madre del Sur, después de levantamientos que se iniciaron en el Cretácico. La erosión ha formado un relieve ondulado, y los movimientos que afectaron a la Sierra Madre del Sur originaron un fracturamiento por donde el río Balsas se abrió camino hacia el Pacífico. Esta región intermontana presenta la característica de sombra orográfica para la lluvia, o sea que las masas de aire húmedo del Pacífico, al subir por la ladera, se enfrían, y llueve en el vertiente de la Sierra Madre del sur que ve al océano; al bajar las masas de aire por la ladera que ve a la depresión, sufre calentamiento adiabático y disminuye la humedad relativa; en consecuencia, las lluvias son escasas, por lo que el clima es seco en la mayor parte de esta región (Correa *et al.*, 2003)..

Altiplanicie: El altiplano es una amplia meseta que limita al sur con el Cinturón Volcánico Transmexicano; al Oeste, con la Sierra Madre Oriental; y al Norte, con el río Bravo. Presenta un relieve ligeramente ondulado, cuya altura va disminuyendo de unos 2,000 metros en el sur (en Michoacán, por ejemplo) a unos 1,100 en el norte de país. El origen de esta provincia se remonta al Triásico superior, y tiene varios valles separados por elevaciones, los cuales fueron ocupados por lagos desaparecidos por el relleno de sedimentos aluviales y drenados posteriormente por las corrientes fluviales. En Michoacán, tiene una superficie de tan sólo 3,905 km², en la que fluye el río Lerma hacia el Oeste (pacífico), por lo que también se le denomina Depresión del Lerma (Correa *et al.*, 2003).

7.2 Geomorfología

De acuerdo con Bocco y Mendoza (1999), la geomorfología del estado de Michoacán bajo una leyenda Jerárquica y de acuerdo con las provincias fisiográficas se compone como indica el Cuadro 3 y Figura 6.

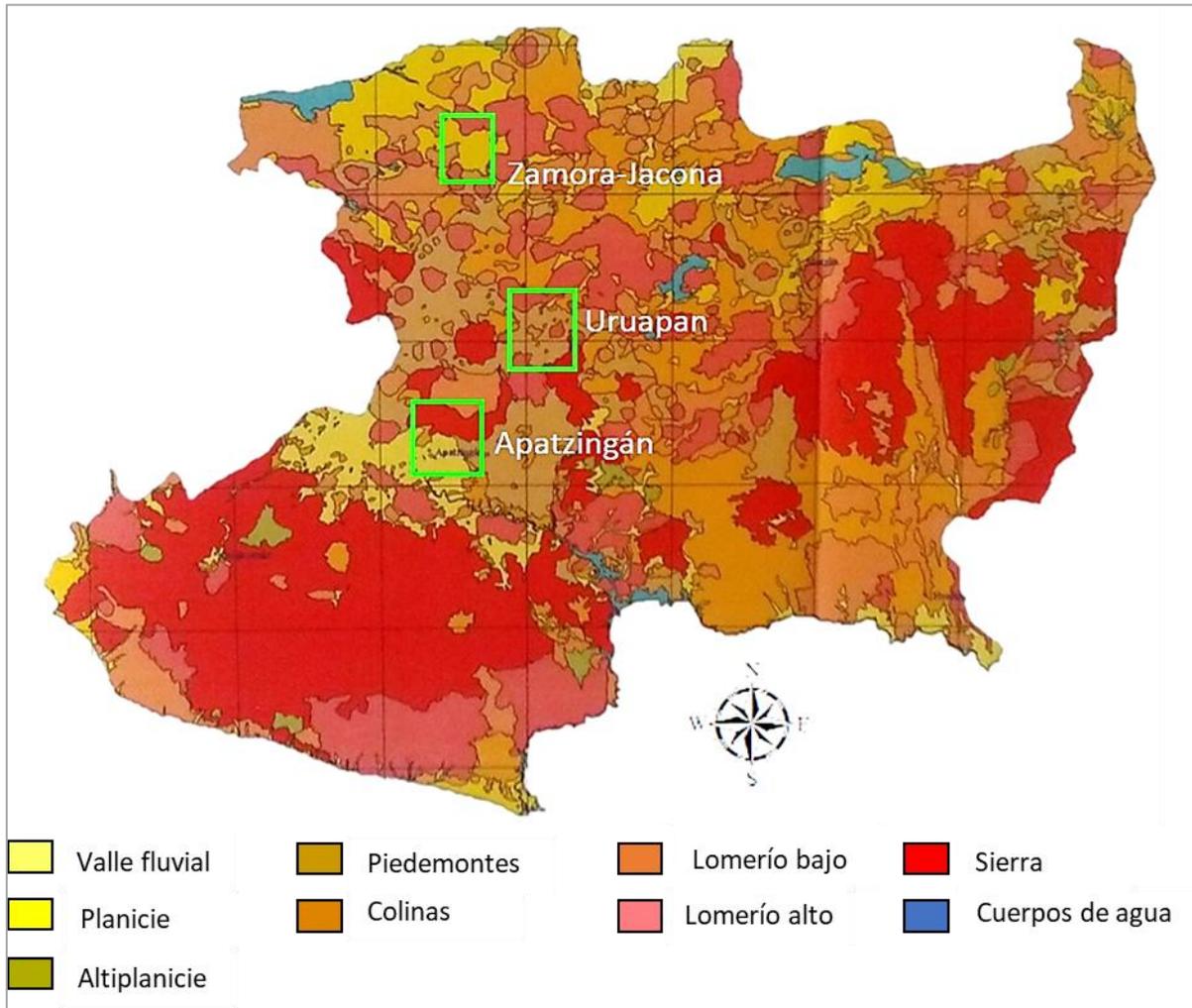


Cuadro 3: Distribución geomorfológica en las diferentes provincias fisiográficas del estado de Michoacán.

Sistema Volcánico Transversal	Sierra Madre del Sur	Depresión del Balsas	Tierras Bajas Costeras
Planicies	Valle	Valle fluvial	Planicies fluvio-marinas
Altiplanicies	Altiplanicies	Planicie acumulativa	Delta
Piedemontes	Colinas	Piedemontes	
Colinas	Piedemontes	Lomeríos bajos	
Lomeríos bajos	Lomeríos bajos	Lomeríos altos	
Lomeríos altos	Lomeríos altos	Sierras	
Sierras	Sierras		

Fuente: (Bocco y Mendoza, 1999).

Figura 6: Geomorfología jerárquica en el estado de Michoacán.



Fuente: Mapa geomorfológico obtenido a partir de Bocco y Mendoza (1999). En recuadros verdes, límites de áreas de estudio.

Valles: Paisaje relativamente plano resultado de la acción fluvial, generalmente limitados por formas transicionales o positivos. La pendiente dominante es inferior a 3° y su amplitud puede variar de acuerdo con su extensión longitudinal.



Planicie: Paisajes sin relieve, independientemente de su génesis, pero excluyendo la actividad fluvial. Pendiente inferior a 3° , amplitud, en general menor a 100 m, dependiendo de su magnitud.

Altiplanicie: Paisajes relativamente planos flanqueados por al menos una ladera fuertemente inclinada (altura relativa a partir del rompimiento de la pendiente de la ladera menor a 100 m y pendientes menores a 6°).

Piedemonte: Unidades transicionales entre un relieve positivo y la planicie de nivel de base local. Presenta pendientes menores a 10° , la amplitud de relieve puede variar considerablemente, de decenas a cientos de metros. Dentro de las elevaciones se diferenciaron cuatro niveles:

Colinas: Elevaciones suaves, con pendientes superiores a 3° y menores a 8° con alturas relativas menores a 250m.

Lomerío bajo: Elevaciones más abruptas que las del nivel anterior, con alturas relativas mayores a 250 m y menores a 500 m, y pendientes que oscilan entre 6° y 20° .

Lomerío alto: Elevaciones con alturas relativas mayores a 500 m, y pendientes variables entre 20° y 45° .

Sierra: Elevaciones abruptas con pendientes superiores a los 30° y alturas relativas superiores a los 1,000 m, pero menores a 4,000 m.

Para los casos de estudio, se puede observar que en la zona de Uruapan predominan los piedemontes, lomeríos altos, lomeríos bajos y a la sureste sierra; en la zona de Zamora-Jacona predominan la planicie al centro, rodeada de lomeríos altos y bajos; En el caso de Apatzingán y su límite de estudio predomina el valle fluvial al suroeste, sierra al norte acompañado con lomeríos altos y al sureste, piedemontes.

7.3 Geología

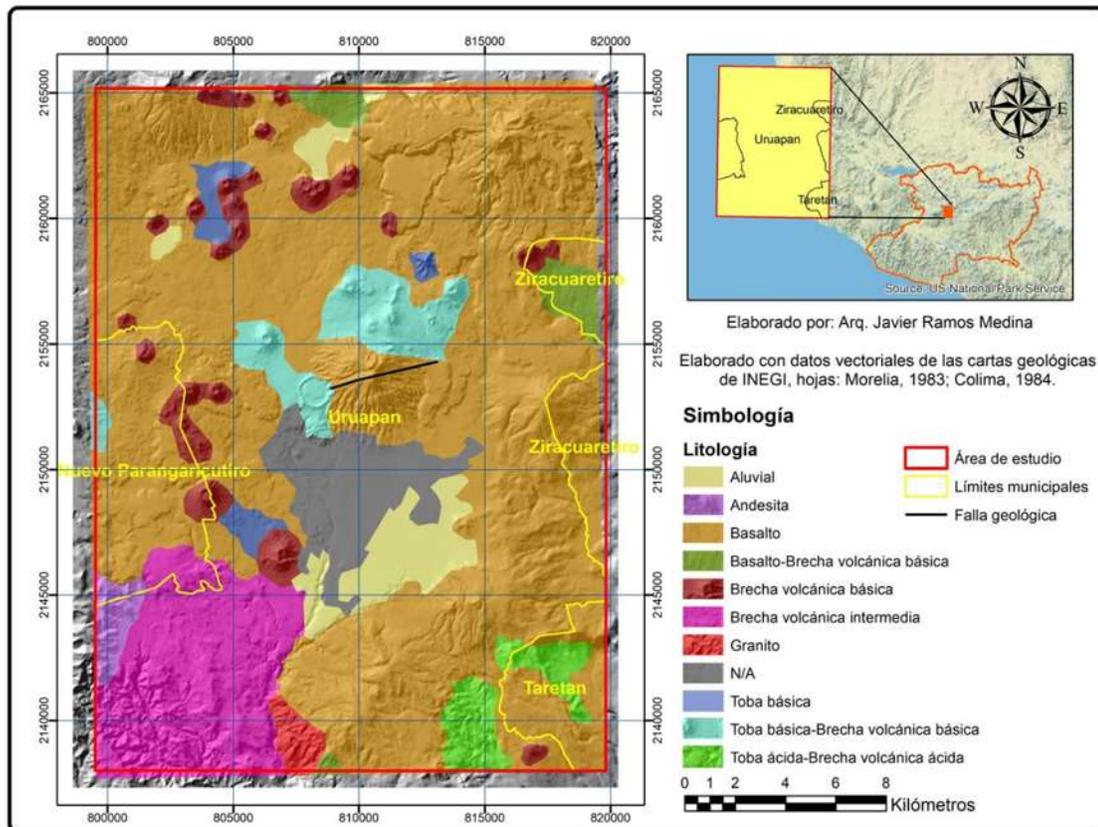
La geología del estado de Michoacán ha quedado involucrada, desde su origen (Triásico) al denominado Sistema Cordillerano, el cual involucra a toda la margen activa del Pacífico, donde se ha venido generando los procesos de subducción de la placa Pacífica. El proceso de esta margen activa han ocasionado que los factores de tectonismo, magmatismo e intemperismo

sean los principales modeladores de la morfología del estado de Michoacán. Por un lado, el magmatismo ligado a la subducción y en combinación con una corteza continental (placa Norteamericana), han generado un magmatismo que dio lugar a arcos volcánicos continentales (Garduño - Monrroy *et al.*, 1999).

Para entender como es el relieve en cada una de las áreas de estudio en el presente trabajo, es indispensable conocer su litología, pues dependiendo de su naturaleza, las rocas se comportan de una manera específica ante los procesos tectónicos, los agentes de erosión y transporte y los diferentes climas de la Tierra.

En el caso de estudio que comprende a la ciudad de Uruapan y de acuerdo con los datos geológicos de INEGI (1983-1984), en la zona predominan los basaltos, pues se encuentra dentro del SVT (Figura 7).

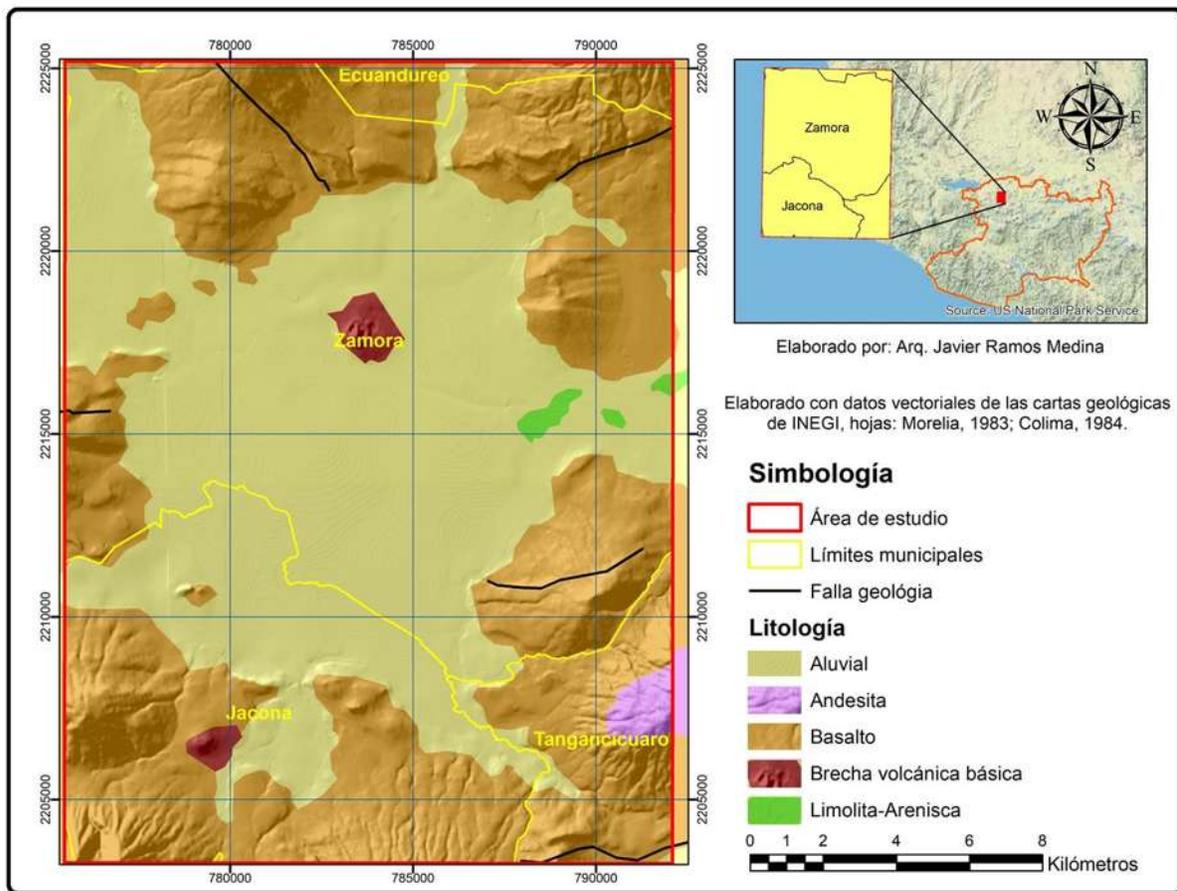
Figura 7: Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Uruapan.



En el caso de estudio de Zamora-Jacona se aprecia un paisaje volcánico simétrico debido a las dimensiones similares de los conos que se encuentran en la zona, la mayor parte de ellos son volcanes de tipo escudo. Estos edificios volcánicos contrastan con las planicies lacustres de lo que pudo haber sido un gran lago que se extendiera de Cuitzeo a Chapala durante el Plioceno (Garduño, 1999).

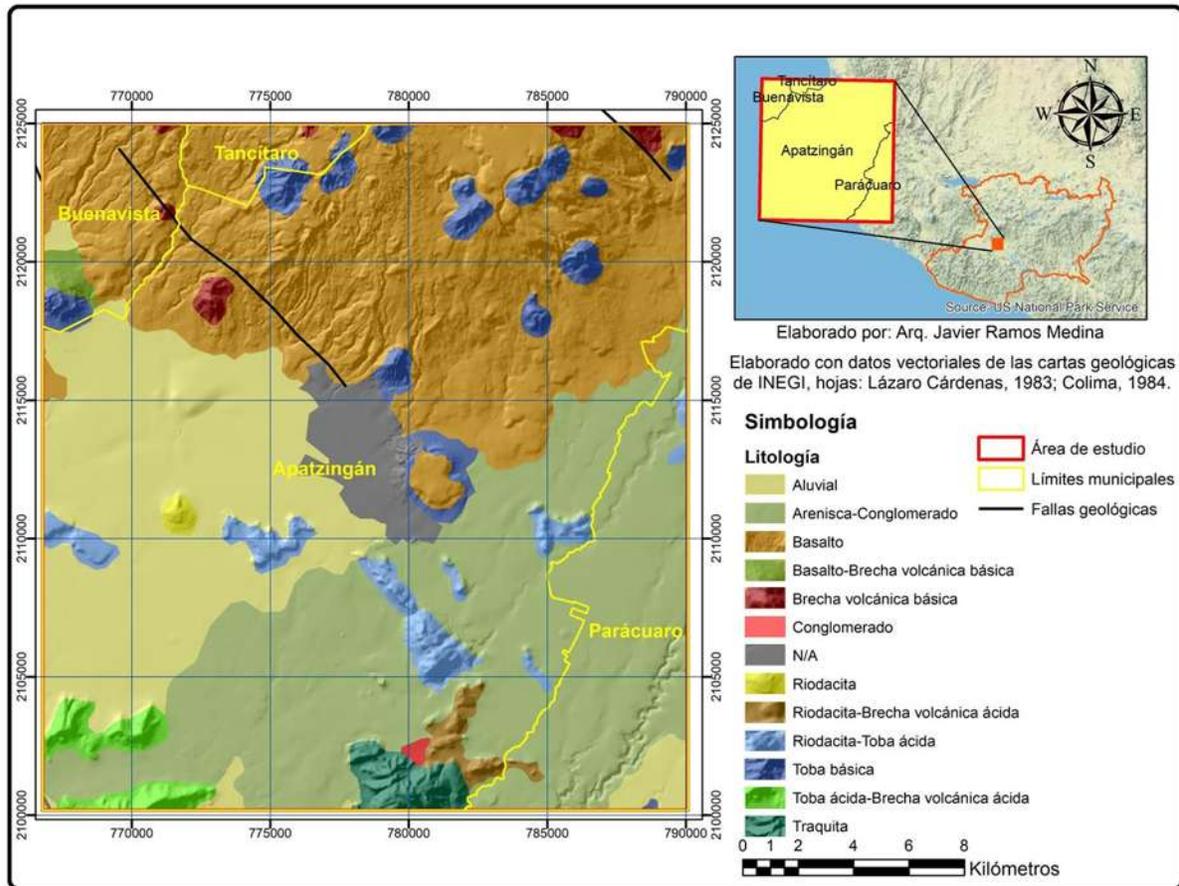
Dentro del límite de estudio, en la zona centro predominan los depósitos aluviales a una altitud aproximada de 1500 msnm y en el perímetro los basaltos (Figura 8).

Figura 8. Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Zamora-Jacona.



En el caso particular de estudio de la ciudad de Apatzingán; área que pertenece a la Depresión del Balsas-Tepalcatepec predominan rocas sedimentarias (Arenisca-conglomerado) y depósitos aluviales; mientras que, al norte, colindando con el SVT predominan los basaltos (origen ígneo) (Figura 9).

Figura 9: Litología dentro del área de estudio de la ciudad de Apatzingán.



7.4 Edafología

El suelo es la parte exterior de la corteza terrestre, formada por rocas desintegradas por efectos de intemperismo; el suelo está compuesto por finas partículas minerales y flora y fauna microbiana que actúa como activo laboratorio transformando la materia mineral en alimento de plantas. Esta flora es, a su vez, alimento de animales y del hombre; este recurso junto con el agua son los que determinan la existencia de vida en nuestro planeta (Ortíz, 2008).

Los grupos de suelo que conforman las diferentes zonas de estudio pueden verse en las Figuras 10, 11 y 12, donde se observa el predominio de andosol (48.6%) en el caso de Uruapan y vertisol para los casos de Zamora-Jacona (73.9%) y Apatzingán (51.5%) (Cuadro 4).

Figura 10: Datos edafológicos en el área de estudio de la ciudad de Uruapan.

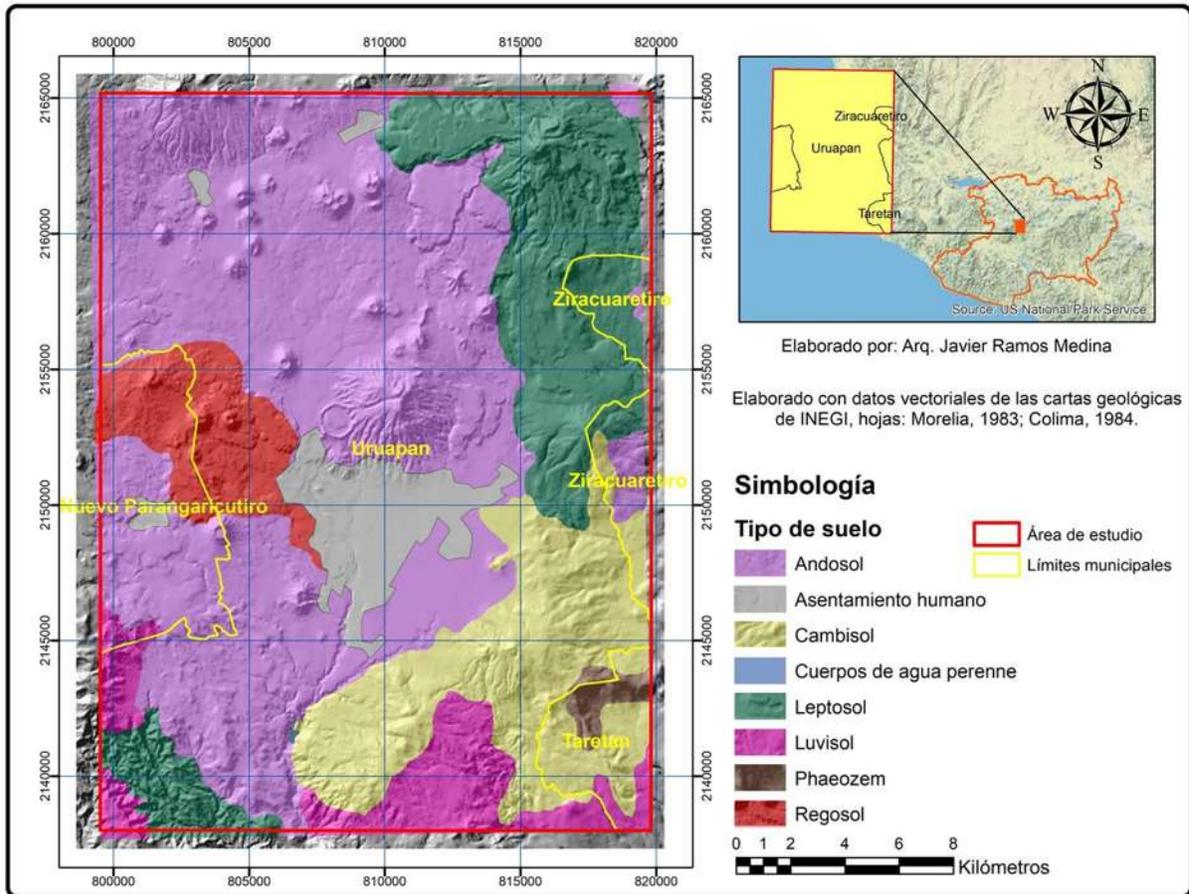


Figura 11: Datos edafológicos del área de estudio de la ciudad de Zamora-Jacona.

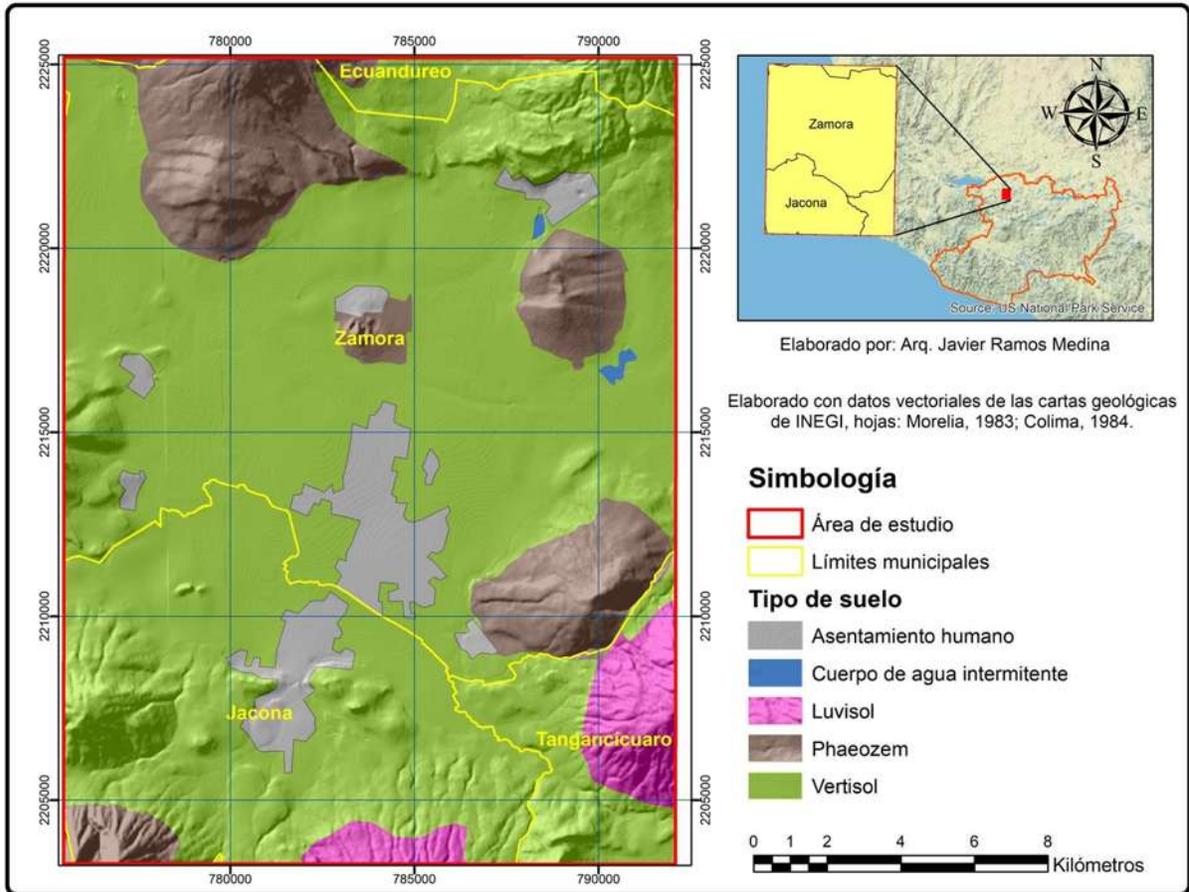
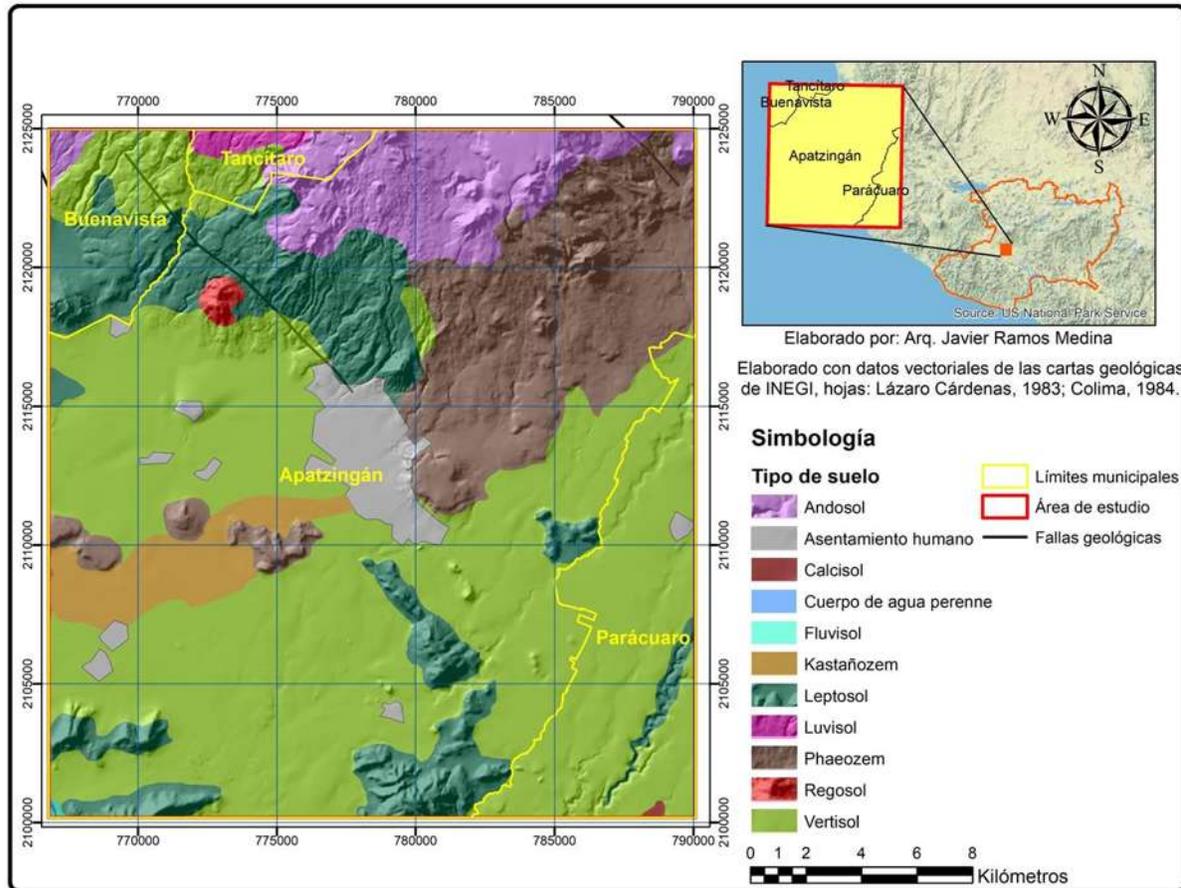


Figura 12: Datos edafológicos del área de estudio de la ciudad de Apatzingán.



Cuadro 4: Proporción de tipo de suelo por zona de estudio.

Porcentaje de ocupación por tipo de suelo			
Tipo de suelo	Casos de estudio		
	Uruapan	Zamora-Jacona	Apatzingán
Andosol	48.60		8.14
Calcisol			0.06
Cambisol	14.90		
Fluvisol			0.04
Kastañozem			3.65
Leptosol	17.40		15.69
Luvisol	6.60	4.00	0.57
Phaeozem	0.90	15.90	16.30
Regosol	6.00		0.36
Vertisol		73.80	51.50
Sin dato	5.60	6.30	3.69
Total	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaborado a partir de datos vectoriales edafológicos de INEGI, hojas: Morelia (1983), Lázaro Cárdenas (1983) y Colima (1984).



Utilizando la clasificación de la Base Referencial Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (WRB-FAO, 2007) a continuación se procede a describir brevemente cada uno de ellos.

Andosol: Son suelos derivados de ceniza volcánica, material caracterizado por la presencia de minerales amorfos, es decir, que no representan cristalización, como consecuencia de un rápido enfriamiento del material magmático. Este proceso de enfriamiento rápido promueve el desarrollo de materiales más fácilmente intemperizables que los minerales cristalinos, originando suelos poco evolucionados y desarrollados durante un tiempo relativamente corto en comparación con otros suelos que requieren algunos miles de años para su formación.

La presencia de alófono le otorga elevada capacidad de retención de agua, pero también fija el fósforo, lo que representa una limitante para la fertilidad del suelo.

Estos suelos se distribuyen en una amplia zona del estado de Michoacán, particularmente en la Meseta Purépecha, ocupando una superficie de gran importancia económica, pues en ellos se localizan extensas plantaciones de aguacate, bosque de pino y bosque de pino-encino.

Cambisol: Son suelos con perfil moderadamente desarrollado; debido básicamente a la relativa juventud del material parental presentan muy poca iluviación de arcillas y, por lo mismo, un horizonte B cámbico de poca alteración, al existir poco movimiento de partículas. La diversidad de condiciones que intervienen en la formación de estos suelos es la causa de que varíen mucho en sus características edafológicas, físicas, químicas y mineralógicas.

Leptosol: Son suelos limitados en profundidad por roca dura continua, o material calcáreo con más del 40% de carbono de calcio, o una capa cementada continua dentro de los primeros 30 cm o que tienen menos de 20% de tierra fina dentro de los primeros 75 cm.

Su perfil es poco desarrollado, lo que puede explicarse por la presencia de materiales parentales altamente resistentes, abundancia de cenizas volcánicas, topografía accidentada o superficies geomorfológicas tan jóvenes que limitan el desarrollo del suelo. En este grupo se encuentran los denominados *litosoles*, *rendzinas* y *rankers*.

Se distribuyen en todo el estado, generalmente en áreas de tipo cerril, ocupan extensas áreas en los municipios de Arteaga, Huetamo y Apatzingán.



Luvisol: En estos suelos es característica la presencia de un horizonte B argílico, como resultado de la movilización de coloides minerales que permiten el desarrollo de un horizonte de acumulación de arcillas migradas de los horizontes superiores. Esta depositación de arcillas acompañadas de sesquióxidos y materia orgánica tiene como resultado el impedimento de la percolación del agua, el taponamiento de los poros finos y la floculación por acción del fierro de las arcillas negativamente cargadas. Su porcentaje de saturación de bases es igual o mayor a 50%.

La mayoría de estos suelos soporta vegetación de pino-encino y su explotación es forestal en baja escala; tienen uso de agricultura de temporal y están sujetos a la erosión por su relieve.

Phaeozem: También conocido como Feozem, son suelos de una fertilidad natural elevada debido a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica, profundos, con horizonte B argílico. Se localizan en terrenos de pendiente suave y están casi ausentes en pendientes pronunciadas. Su uso generalmente es de agricultura de temporal.

Las mayores extensiones de estos suelos se localizan en los municipios de La Huacana, Churumuco, Apatzingán, Aguililla, Tumbiscatío, Coalcomán y al norte del estado de Michoacán, donde ocupan totalmente la superficie del municipio de Epitacio Huerta.

Regosol: Son suelos procedentes de material no consolidado, carentes de horizonte B, presentan estratos arenosos que varían desde arena fina y gruesa hasta grava y piedras angulares, lo que pone de manifiesto su incipiente grado de desarrollo.

Estos suelos se encuentran en todas las zonas climáticas; por tanto, constituyen la etapa inicial de formación de un gran número de suelos. El material parental es el factor más importante en su desarrollo; generalmente se originan de rocas ígneas resistentes como la granodiorita, granito y andesita, que contienen grandes cantidades de cuarzo y feldespatos, minerales de difícil intemperización.

Vertisol: Son suelos de color oscuro con textura uniforme fina o muy fina; una de sus propiedades más importantes es la dominancia de arcilla expandible, generalmente montmorillonita, que, al secarse ocasiona que los suelos se contraigan y agrieten. El proceso principal que se efectúa en estos suelos es la mezcla constante de los horizontes superiores a través de las grietas que forma, dando por resultado una unidad pedológica relativamente profunda y uniforme.



La presencia del tipo de arcilla mencionado implica limitantes para su utilización, debido a que el rango óptimo de humedad es estrecho, porque se encharcan cuando están muy mojados o resultan muy difíciles de manejar si están muy secos. Otra limitante la constituye la salinización que presentan, como consecuencia de la presencia de mantos freáticos someros y contaminados, y por el manejo inadecuado de las aguas de riego. Estos suelos con un manejo correcto representan potencial agrícola y pecuario para el estado.

Fluvisol: Suelos de formación reciente originados a través de depositación de sedimentos acarreados por las corrientes. Las depositaciones continuas hacen posible que los sedimentos queden situados subyaciendo unos a otros, de tal manera que el tiempo transcurrido es muy corto para que los procesos de formación del suelo se expresen en el perfil, el cual muestra solo una secuencia de estratos con poco desarrollo pedogenético.

Se localizan en las planicies aluviales, deltas de ríos, estuarios y áreas lacustres; el material parental es de diversa naturaleza, ya que dependerá de los estratos litológicos por donde las corrientes circulen erosionando y transportando los sedimentos.

Kastañozem: Suelos de color pardo o castaño, ricos en materia orgánica. Uno de los principales procesos que se efectúan en estos suelos es la descomposición e incorporación de la materia orgánica en el suelo mineral; proceso bastante completo, pues la provisión de materia orgánica es reducida, mientras que la actividad de la fauna del suelo es elevada debido a las condiciones de drenaje y aereación. Se localizan en sitios planos o ligeramente ondulados, pero por lo general se encuentran en depresiones que tienden a ser salinas. Su presencia se reduce a una pequeña superficie en los municipios de Tepalcatepec y Apatzingán.

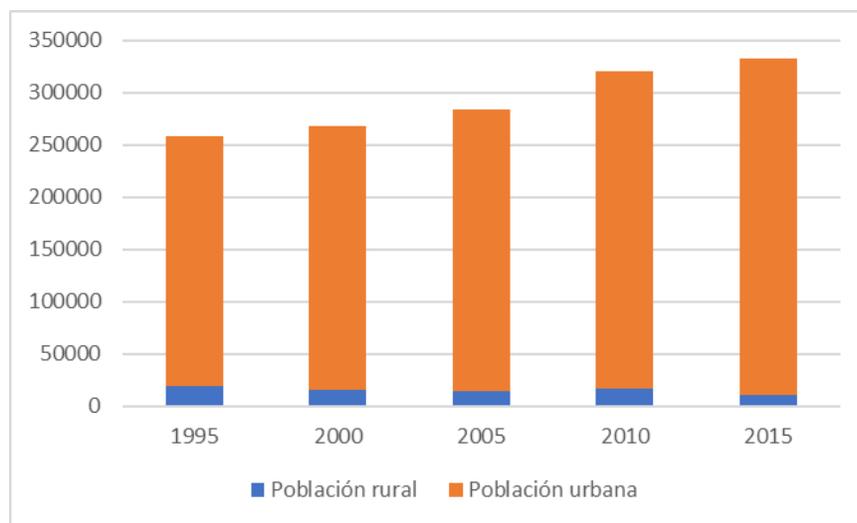
7.5 Población

Con base a datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010) la zona de estudio de Uruapan alberga un total de 319,902 habitantes, del cual el 5% reside en 182 localidades rurales y el 95% en siete localidades urbanas, destacando por su talla demográfica las localidades de: Uruapan con 264,439 habitantes (82.7%) y Nuevo San Juan Parangaricutiro con 14,772 habitantes (4.6%). En el caso de Zamora-Jacona residen 246,140 habitantes, el 8% radica en 112 localidades rurales y el 92% en nueve localidades urbanas, destacando entre ellas: Zamora de Hidalgo con 141,627 habitantes (57.5%), Jacona de Plancarte con

56,934 habitantes (23.1%) y Ario de Rayón con 8,464 habitantes (3.4%). Finalmente, el caso de Apatzingán con una población de 119,545, donde el 17% vive en 132 localidades rurales y el 83% en la ciudad de Apatzingán de la Constitución (99,010 habitantes) (Figura 13, Figura 14, Figura 15 y Cuadro 5). A pesar de la jerarquía que mantienen las ciudades bajo estudio en sus respectivos municipios, es interesante ver como el número de localidades rurales, aunque no de manera continua, va en incremento; lo cual puede estar vinculado con el incremento de la actividad en el campo que fomenta la dispersión de una parte reducida de la población.

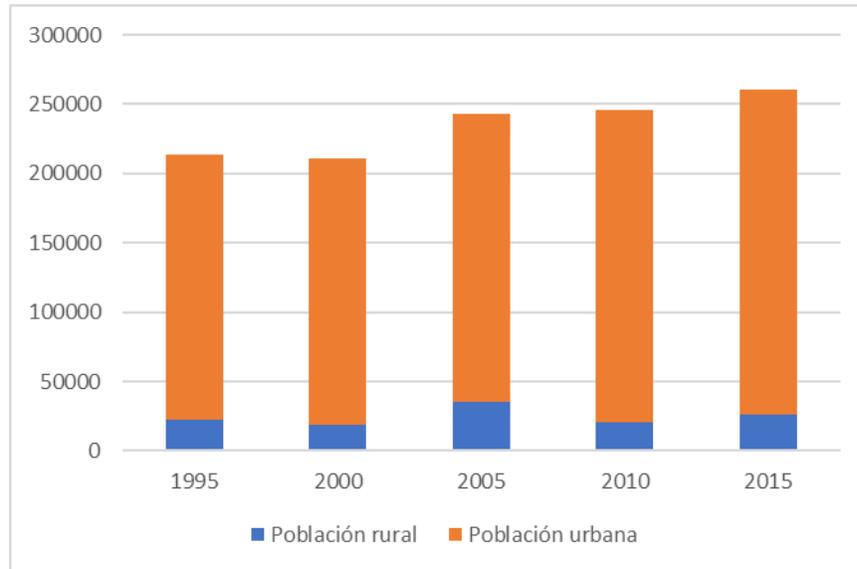
De acuerdo a CONAPO y su proyección de población para el año 2015, y con base a un cálculo de regresión lineal para determinar la población total considerando los datos de años anteriores de INEGI, se infirió un total de 332,793 habitantes en la zona de estudio de Uruapan, con un 3% de residentes rurales y 97% de la población distribuida en siete localidades urbanas, principalmente en Uruapan (280,817) y Nuevo San Juan Parangaricutiro (15,903); en el caso de Zamora Jacona se estimaron 260,785 Habitantes, de los cuales el 10% es residente rural y el 90% vive al interior de ocho localidades urbanas, especialmente en Zamora de Hidalgo (149,998), en Jacona de Plancarte (58,352) y Ario de Rayón (8,686); para el caso de Apatzingán se infirieron 117,815 habitantes, el 14% de pobladores rurales y el 86% (101,715 habitantes) radicando en sólo una localidad urbana (Apatzingán de la Constitución).

Figura 13. Dinámica demográfica en el caso de estudio de Uruapan.



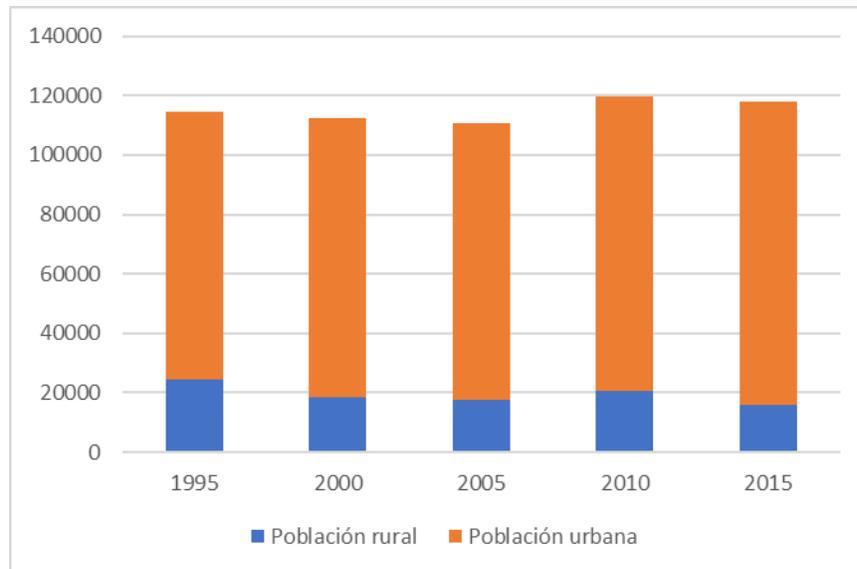
Fuente: Elaborada a partir de INEGI, 1995, 2000, 2005 y 2010, y Proyecciones de CONAPO (2015).

Figura 14. Dinámica demográfica en el caso de estudio de Zamora-Jacona.



Fuente: Elaborada a partir de INEGI, 1995, 2000, 2005 y 2010, y Proyecciones de CONAPO (2015).

Figura 15. Dinámica demográfica en el caso de estudio de Apatzingán.



Fuente: Elaborada a partir de INEGI, 1995, 2000, 2005 y 2010, y Proyecciones de CONAPO (2015).



Cuadro 5: Número de localidades urbanas y rurales por municipios involucrados en cada caso de estudio.

Caso de estudio	Municipios	Localidades 1995		Localidades 2000		Localidades 2005		Localidades 2010		Localidades 2015	
		rurales	urbanas								
Uruapan	Uruapan	118	4	149	4	133	5	163	6	-	6
	Nuevo Parangaricutiro	11	1	13	1	10	1	14	1	-	1
	Taretán	3	0	4	0	2	0	3	0	-	0
	Ziracuaretiro	2	0	4	0	2	0	2	0	-	0
	Total	134	5	170	5	147	6	182	7	-	7
Zamora-Jacona	Zamora	53	5	65	5	70	7	69	7	-	6
	Jacona	46	2	37	2	31	2	35	2	-	2
	Tangancicuaro	5	0	2	0	3	0	6	0	-	0
	Ecuandureo	1	0	1	0	1	0	2	0	-	0
	Total	105	7	105	7	105	9	112	9	-	8
Apatzingán	Apatzingán	106	1	102	1	92	1	112	1	-	1
	Parácuaro	15	0	18	0	16	0	17	0	-	0
	Buenavista	3	0	3	0	3	0	3	0	-	0
	Tancítaro	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
	Total	124	1	123	1	111	1	132	1	-	1

Elaborado a partir de INEGI (1995, 2000, 2005, 2010) y CONAPO (2015). No existe información censal de las localidades rurales para el 2015.

8 MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES

8.1 Materiales

Un estudio comparativo de los cambios dados sobre la superficie terrestre de manera semi-detallada requiere de insumos espaciales de alta fiabilidad como lo son las fotografías aéreas, las cuales poseen una gran cantidad de datos que puede extraerse mediante su interpretación visual y ser aprovechada en diversos temas. La calidad o precisión de la interpretación depende únicamente de la capacidad y experiencia del intérprete (INEGI, 2005). El análisis sobre una extensa superficie requiere del manejo de sistemas de información geográfica (SIG) para ingresar, manipular y analizar la información.

Para el primer año de análisis (1996) se utilizaron ortofotos digitales con una resolución espacial de 2m por 2m por pixel, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Cuadro 6) y para el segundo año (2015) se utilizaron imágenes satelitales SPOT, pancromáticas con una resolución espacial de 1.5m por 1.5 m por pixel y multiespectrales con resolución espacial de 6m por 6m por pixel (Cuadro 7). Las imágenes SPOT fueron proporcionadas por el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



Cuadro 6: Claves de ortofotos para cada unidad de estudio.

Caso de estudio	Clave/carta	Claves de ortofotos digitales			
Uruapan	E13B29	E13B29E	E13B29F		
	E14A21	E14A21D			
	E13B39	E13B39B	E13B39C		
	E14A31	E14A31A	E14A31D		
	E13B39	E13B39E	E13B39F		
Zamora-Jacona	F13D88	F13D88F			
	F13D89	F13D89D	F13D89E		
	E13B18	E13B18C			
	E13B19	E13B19A	E13B19B		
Apatzingán	E13B48	E13B48B	E13B48C	E13B48E	E13B48F
	E13B49	E13B49A	E13B49D		

Cuadro 7: Claves de imágenes SPOT para cada unidad de estudio.

Caso de estudio	Clave/ imagen	Resolución	Fecha	Hora
Uruapan	E6582311150319	Pancromática	19/03/2015	05:00:25 pm
	E6582311150319	Multiespectral		
	E6582311150326	Pancromática	26/03/2015	04:56:48 pm
	E6582311150326	Multiespectral		
	E6582312150319	Pancromática	19/03/2015	05:00:49 pm
	E6582312150319	Multiespectral		
Zamora-Jacona	E6582311150319	Pancromática	19/03/2015	05:00:25 pm
	E6582311150319	Multiespectral		
	E7581310150325	Pancromática		
	E7581310150325	Multiespectral		
Apatzingán	E6582313150312	Pancromática	12/03/2015	05:04:21 pm
	E6582313150312	Multiespectral		
	E6582314150617	Multiespectral		



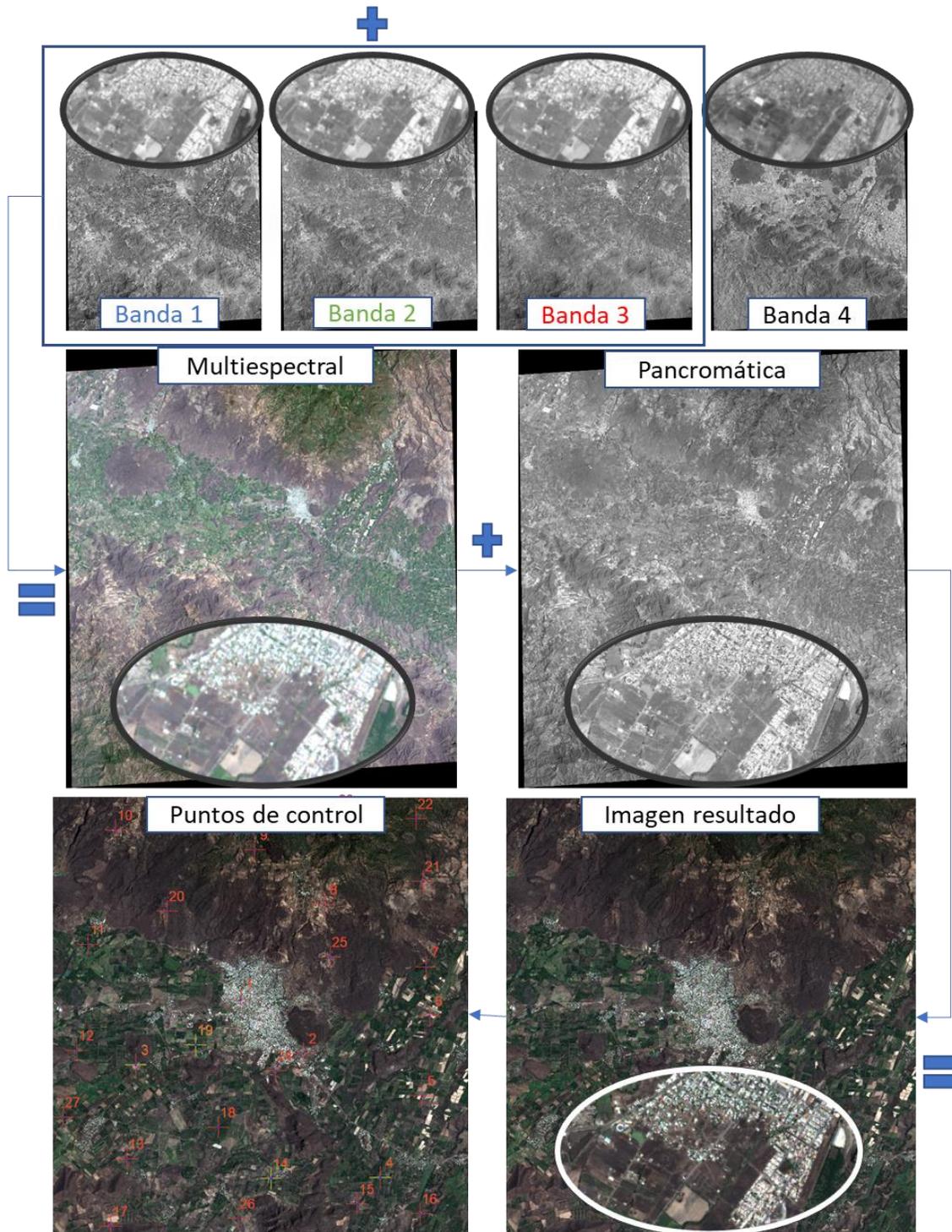
Por otro lado, para llevar a cabo el análisis de los CCUS con los factores socioeconómicos y de esta manera identificar los principales agentes detonantes de dichos cambios, se utilizaron las siguientes variables: crecimiento demográfico, Ocupación de la población, producción agrícola y su dinámica de exportación, entre otras, cuando el estudio de caso lo requiera, así como información empírica consultada de diversas fuentes bibliográficas. Estas principales variables se adjuntaron a partir de los distintos Censos y Conteos de Población y Vivienda de INEGI (1995, 2000, 2005, 2010), proyecciones de CONAPO para 2015, datos cuantitativos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación (SAGARPA), así como estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO STAT).

8.2 Métodos

8.2.1 Procesamiento de imágenes

La primera parte de la metodología (Figura 20) consistió en preparar a través de SIG los insumos (imágenes) que permitieron el análisis espacial. En este proceso se combinaron las bandas espectrales 1, 2 y 3 de las imágenes satelitales Spot para generar una imagen multiespectral de color natural, la cual se combina con la imagen pancromática para fusionar el color de la multiespectral y la resolución de la pancromática. Posteriormente, sobre la imagen resultante se realizó la corrección geométrica mediante su georreferenciación, colocando al menos 20 puntos de control con coordenadas planimétricas (X, Y) homogéneamente distribuidos sobre la imagen (Figura 16), tomando como referencia las ortofotos, las cuales han sido ortocorregidas y georreferenciadas previamente por INEGI.

Figura 16. Diagrama del procesamiento de imágenes satelitales.



Las dos últimas imágenes son un recorte que abarca la zona de estudio, en este ejemplo el caso de Apatzingán.



8.2.2 Reconocimiento previo del área de estudio y elaboración de leyenda

Se realizó un mosaico con las imágenes para cada zona y para cada año de estudio para identificar de manera visual las diferentes coberturas y usos de suelo que las conforman, se elaboró una leyenda jerárquica de interpretación que permite representar diferentes niveles de generalización para un análisis multiescalar (Cuadro 8 y Cuadro 9).

En términos generales, la leyenda comprende coberturas naturales y antrópicas. En términos específicos, las coberturas naturales con vegetación arbórea (bosques y/o selvas) o arbustiva (matorral) se clasificaron de acuerdo a su grado de conservación, el cual, se diferencia por el grado de densidad de vegetación tipo en un área determinada, considerando como “categoría cerrada” aquellas áreas con un porcentaje de vegetación tipo mayor al 75%; como “categoría semi-abierta” donde la vegetación tipo cubre más del 50% y menos del 75%; y como “categoría abierta” en las superficies con más del 25% y menos del 50% cubierta por su vegetación tipo; las superficies cubiertas con menos del 25% de su vegetación tipo son clasificadas de acuerdo con la cobertura predominante, pudiendo ser en estos casos: matorral, cultivos o pastizal.

Bajo este mismo criterio se clasificaron los diferentes asentamientos humanos (la ciudad principal y otros asentamientos humanos), donde una superficie con un grado de ocupación por construcciones mayor al 75% se clasificó como “superficie construida densificada”, en superficies con más del 50% y menos del 75% como “superficie construida semi-densificada”, en superficies con más del 25% y menos del 50% ocupadas por construcciones se clasificó como “superficie construida poco densificada” y las superficies sin construcción al interior de los asentamiento humanos se clasificaron como vacíos urbanos. Cabe mencionar que aquellas áreas con un porcentaje de ocupación por construcciones menor al 25% al interior o exterior de los asentamientos humanos se consideraron como “lotes baldíos”. La clasificación de “lotes baldíos” exteriores se dejaron como una categoría general independiente de los asentamientos humanos para reconocer superficies indicadoras de su futura expansión.

Por otro lado, los asentamientos humanos se clasificaron en su interior de acuerdo con los usos de suelo bajo tres niveles jerárquicos (Cuadro 9), para identificar el grado de ocupación por construcciones y bajo que usos de suelo se ha dado su mayor crecimiento.



Cuadro 8: Leyenda generalizada y específica nivel zona: ejemplo Apatzingán.

GENERALIZADA	ESPECÍFICA	GENERALIZADA	ESPECÍFICA
1. BOSQUE	Bosque cerrado Bosque semi-abierto Bosque abierto	9. HUERTOS	Huertos
2. SELVA BAJA CADUCIFOLIA	Selva baja caducifolia cerrada Selva baja caducifolia semi-abierta Selva baja caducifolia abierta	10. APATZINGÁN	Superficie construida densificada Superficie construida semi-densificada Superficie construida poco densificada Vacíos urbanos
3. MATORRAL	Matorral cerrado Matorral semi-abierto	11. OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS	Superficie construida densificada Superficie construida semi-densificada Superficie construida poco densificada Vacíos urbanos
4. PASTIZAL	Pastizal	12. LOTES BALDÍOS	Lotes baldíos
5. PLANTACIONES	Plantaciones	13. CUERPO DE AGUA	Cuerpo de agua
6. VEGETACIÓN RIPARIA	Vegetación riparia	14. AREA SIN VEGETACIÓN APARENTE	Banco de material Área sin vegetación aparente
7. CULTIVOS DE TEMPORAL	Cultivos de temporal		
8. CULTIVOS DE RIEGO Y HUMEDAD	Cultivos de riego y humedad		

Cuadro 9: Leyenda generalizada y específica por uso de suelo nivel asentamientos humanos: ejemplo Apatzingán.

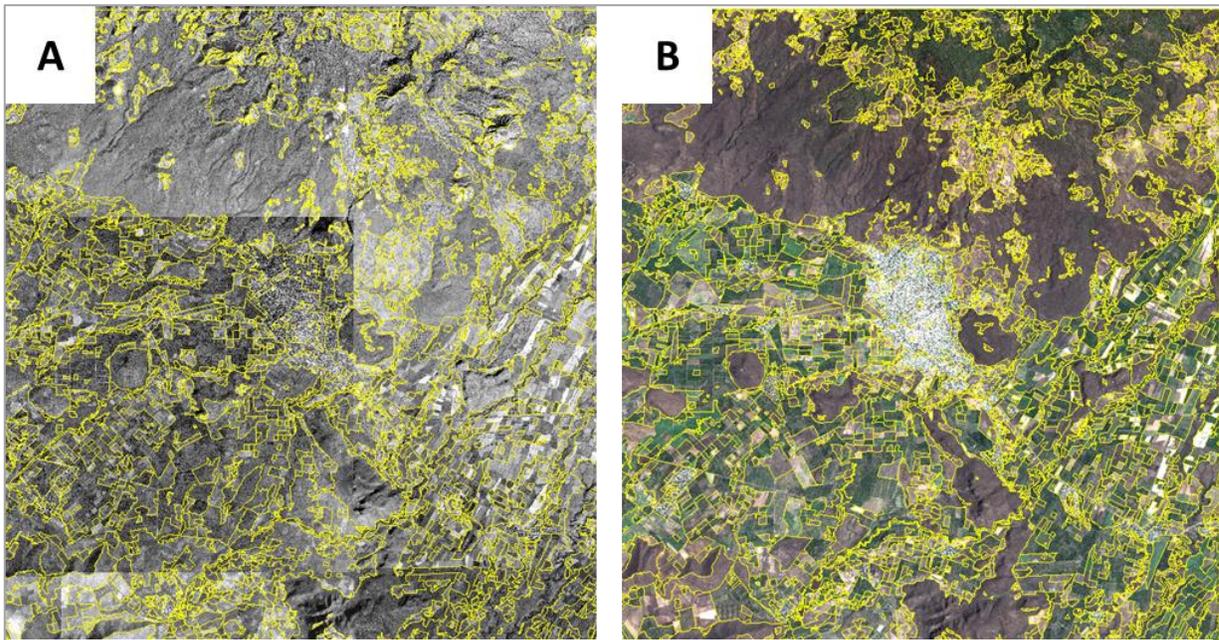
GENERAL	SEMI-GENERAL	ESPECIFICA POR USOS GENERALES	ESPECIFICA POR USOS PARTICULARES
CIUDAD DE APATZINGÁN	Superficie construida	Zona habitacional - comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas Grandes comercios Deshuesaderos
		Zona Industrial	Zona Industrial
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos
		Otros usos	Matorral
OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS	Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación
		Aeropuerto	Aeropuerto
		Cementerios	Cementerios
		Basurero	Basurero

8.2.3 Interpretación de cobertura y uso de suelo

A partir de los mosaicos realizados con las ortofotos e imágenes satelitales y con el manejo de SIG, se cartografiaron las coberturas y usos de suelo para los respectivos años (1996 y 2015) (Figura 17) bajo la clasificación descrita. La digitalización se realizó de manera visual para interpretar de forma precisa coberturas relacionadas con los asentamientos humanos y actividades agrícolas. Existen diferentes métodos de clasificación automatizada (supervisada y no supervisada) pero se han mostrado porcentajes de confiabilidad por debajo del 80%, siendo los asentamientos humanos y las zonas con huertos unas de las categorías con mayor grado de error (Morales y Cuevas, 2011).

La interpretación de la cobertura y uso del suelo se realizó desplegando la imagen en monitor de computadora a escala 1:10 000, con un área mínima cartografiable de 0.25 ha. La interpretación se basó en criterios estándar (el brillo, color, la textura, la forma, la sombra, el patrón, tamaño de los elementos que componen la imagen) (Pérez y Muñoz, 2006).

Figura 17. Ejemplo de digitalización.



A) Digitalización sobre mosaico de ortofotos, B) Digitalización sobre imágenes Spot.

8.2.4 Verificación en campo

Posteriormente se visitaron cada una de las zonas de estudio y con poyo de un Sistema de Posicionamiento global (GPS) se revisaron en campo aproximadamente el 10% del número de polígonos digitalizados por cada una de las categorías específicas; lo cual, permitió evaluar la exactitud en la diferenciación de clases realizada por fotointerpretación. Esta evaluación consiste en diseñar una matriz de confusión $n \times n$ (n indica el número de categorías) que compara las categorías reales observadas en campo (filas) con las categorías interpretadas en pantalla (columnas) (Bocco *et al.*, 2000). De tal manera que la diagonal principal de esta matriz expresa el número de coincidencias entre fotointerpretación y realidad, mientras los datos fuera de ella representan errores de asignación. Los residuales en las filas son categorías que fueron atribuidas erróneamente a otra clase (error de comisión), mientras los residuales en columnas señalan categorías omitidas de su clase verdadera (error de omisión).

Figura 18. Ejemplo de salida a campo, caso Zamora-Jacona (2017).



8.2.5 Construcción de la matriz de cambio

Una vez validados los datos se procedió a realizar una sobreposición en SIG de los mapas respectivos para construir una matriz de transición (Matrices de Markov) y cuantificar la dinámica del cambio.

Las matrices de transición son arreglos simétricos que contienen valores de la superficie de los diferentes tipos de cobertura y uso de suelo para dos fechas (Figura 19); las filas representan las categorías del mapa en el tiempo 1 (T1) y las columnas las categorías del mapa en el tiempo 2 (T2); de tal manera que, la diagonal principal muestra las persistencias (no cambios) entre el T1 y T2 para cada categoría, mientras que los valores fuera de la diagonal principal representan las transiciones ocurridas entre el T1 y T2 para cada categoría (Dirzo y Maser, 1996). En la penúltima fila se coloca la superficie total de cada categoría para



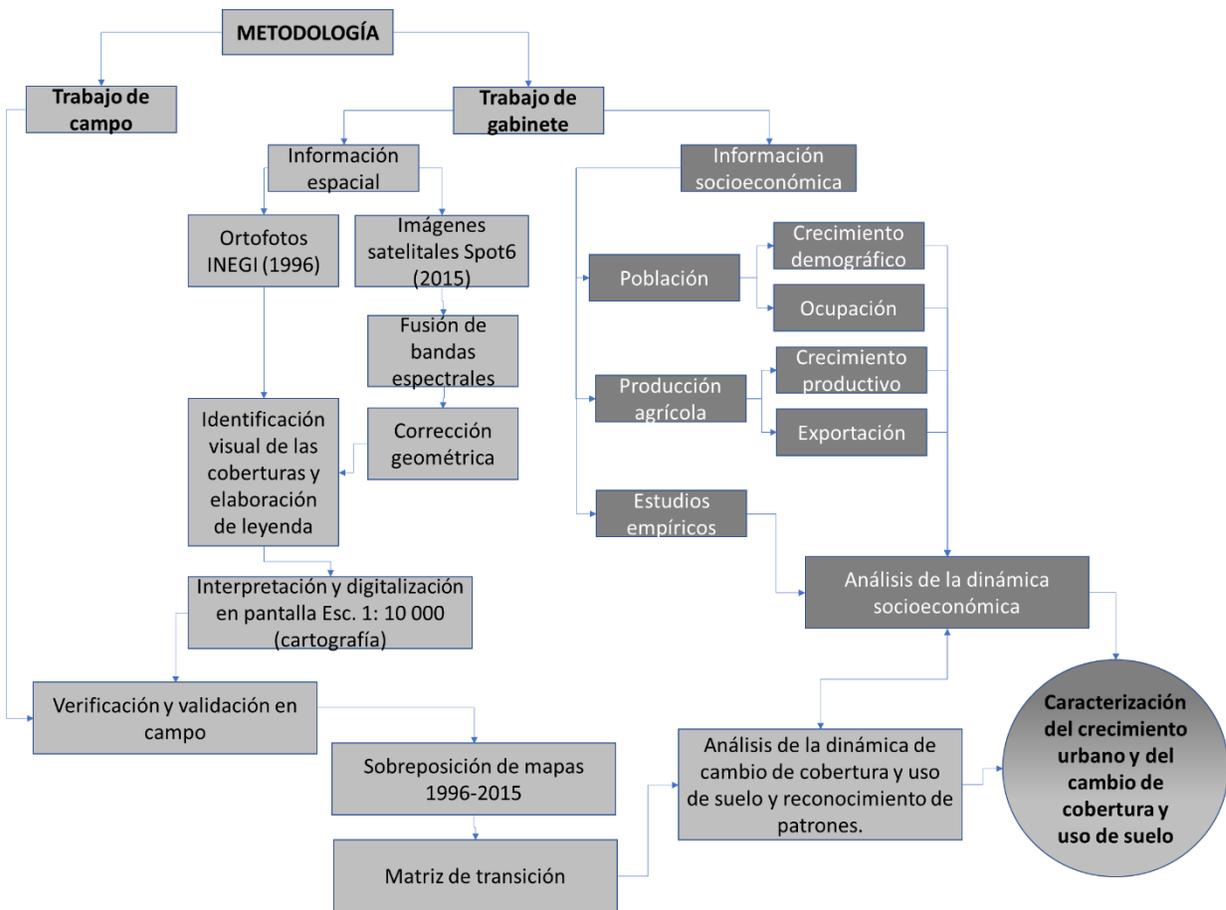
el T2, mientras que en la penúltima columna se coloca la superficie total de cada categoría para el T1. Finalmente, se agrega una fila donde se calcula las ganancias de superficie por categoría, resultado de restar la persistencia al total del T2; de la misma manera se agrega una última columna para obtener la pérdida de superficie para cada categoría, esto como resultado de la resta entre el total del T1 menos la persistencia. Por consiguiente, la diferencia entre la superficie del tiempo 1 y el tiempo 2 representa para cada categoría el cambio neto; es decir, la superficie de cambio resultante entre una dinámica de ganancias y pérdidas.

Figura 19: Ejemplo de matriz de transición.

		Tiempo 1						
Tiempo 2 ↓	Tiempo 1	Categoría 1 (C1)	Categoría 2 (C2)	Categoría 3 (C3)	Categoría 4 (C4)	Categoría n (Cn)	Total tiempo 1	Pérdidas
	Categoría 1 (C1)	C11	C12	C13	C14	C1n	C11+C12+C1n...	$\sum C1 - C11$
	Categoría 2 (C2)	C21	C22	C23	C24	C2n	C21+C22+C2n...	$\sum C2 - C22$
	Categoría 3 (C3)	C31	C32	C33	C34	C3n	C31+C32+C3n...	$\sum C3 - C33$
	Categoría 4 (C4)	C41	C42	C43	C44	C4n	C41+C42+C4n...	$\sum C4 - C44$
	Categoría n (Cn)	Cn1	Cn2	Cn3	Cn4	Cnn	Cn1+Cn2+Cnn...	$\sum Cn - Cnn$
	Total tiempo 2	C11+C21+Cn1...	C12+C22+Cn2...	C13+C23+Cn3...	C14+C24+Cn4...	C1n+C2n+Cnn...	Superficie total de la zona	
	Ganancias	$\sum C1 - C11$	$\sum C2 - C22$	$\sum C3 - C33$	$\sum C4 - C44$	$\sum Cn - Cnn$		

Finalmente, la dinámica de cambio se relaciona con los procesos socioeconómicos para reconocer las directrices responsables de los principales cambios de cobertura y uso del suelo de cada zona de estudio.

Figura 20. Mapa conceptual de la metodología planteada.



9 RESULTADOS

En este apartado se redactan los resultados de cada caso de estudio a manera de artículos de investigación; de manera que, cada uno de ellos contiene particularmente una introducción y la descripción de su respectiva área de estudio; en cambio, siguen una misma metodología, la cual ya se ha descrito anteriormente; no obstante, se describe nuevamente de manera resumida para mantener la edición de un artículo para su publicación, además de que en cada caso, aunque de forma similar, se describe de manera particular las categorías de cobertura y uso de suelo utilizadas en el análisis. Esta estructura tiene la flexibilidad de leer cada artículo de manera independiente.



9.1 Influencia de los procesos de exportación en el crecimiento de ciudades medias en Michoacán: el caso de Zamora - Jacona

Resumen

Este trabajo vincula de manera multiescalar el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo en la zona urbana y periurbana del área metropolitana de Zamora-Jacona, con los procesos socioeconómicos más influyentes de su transformación para el periodo 1996 – 2015. Su análisis partió de la fotointerpretación sobre ortofotos digitales e imágenes satelitales en sistemas de información geográfica (SIG), generando una matriz de transición que permitió cuantificar en un área de 36,000 hectáreas un cambio general del 17%, donde las coberturas con mayor afectación por pérdidas de superficie fueron los cultivos de riego y humedad, cultivos de temporal y la selva baja caducifolia; mientras los lotes baldíos mostraron el mayor crecimiento sobre dichas categorías, seguido de la ciudad de Zamora – Jacona y otros asentamientos humanos. Esta dinámica de cambio responde principalmente a un modelo económico basado en la producción y exportación de fresa, que, por un lado, sustituye a otros productos y fomenta la incorporación de parcelas para la producción de fresa o para el crecimiento urbano; este último con una tendencia a la fragmentación por la relación económica existente entre el campo y la ciudad.

Introducción

El proceso urbanizador y la conformación de zonas metropolitanas son considerados los cambios más representativos del siglo XX y del inicio de este nuevo milenio (UNFPA, 2007, Ávila Sánchez, 2009). La investigación referente al crecimiento de ciudades presenta un desafío por la rapidez con la ocurre y el cambio constante de las formas y las configuraciones urbanas que se van creando (Schmid, *et al.*, 2017).

América Latina (AL) posee la mayor población urbana del planeta con 80% de sus habitantes viviendo en ciudades (ONU-Habitat, 2012); contradiciendo a este elevado porcentaje urbano; el continente se caracteriza por tener la mayor extensión de bosques y selvas del mundo; contar con grandes espacios poco poblados y presentar en su cobertura y uso de suelo el predominio de actividades agropecuarias (ONU-Habitat, 2012).



La transformación urbana de los países en desarrollo ha escapado en ciertos aspectos de la atención de la comunidad internacional. La investigación se ha centrado en el papel que desempeñan las grandes ciudades y ha subestimado la importancia de las ciudades de tamaño medio y pequeño (Montgomery, 2008). La literatura le ha dado un peso insuficiente al incremento natural de la poblacional urbana contra la migración rural-urbana como una fuente del crecimiento poblacional de la ciudad. Al investigar tardíamente la urbanización en ciudades medias, los demógrafos han notado un problema en el estudio: el pobre desarrollo de los métodos que actualmente se utilizan para entender y proyectar el desarrollo urbano en países en crecimiento (Montgomery, 2008).

Existe un debate entre investigadores sobre los beneficios de la urbanización, algunos consideran su rápido crecimiento como producto del avance económico, las áreas urbanas colaboran con una parte importante del producto interno bruto de los países; no obstante, es importante no subestimar el aporte de las zonas rurales. Los sectores económicos de crecimiento, particularmente la manufactura y los servicios; se localizan generalmente en ciudades donde se beneficia a las economías de aglomeración, a través de los mercados de productos e insumos, y la mano de obra fácilmente disponible (Waibel y Schmidt, 2000). De acuerdo con Shukla (1996) la productividad aumenta con el tamaño de la ciudad, una empresa verá que su productividad aumenta entre 5% y 10% si el tamaño de la ciudad y la escala de la industria local se duplican.

A pesar de que América Latina tiene un nivel de urbanización similar al de los países desarrollados (81% en Estados Unidos y el 73% en Europa), el ingreso per cápita se encuentra rezagado medio siglo con respecto a Europa y 70 años con respecto a Estados Unidos (RED, 2017).

A partir de la década de 1990, las economías latinoamericanas han estado poniendo en práctica un proceso de liberalización que se expresa esencialmente en una apertura económica, una reducción de la injerencia del estado y un mayor énfasis en los comportamientos mercantiles de las economías (Figuroa, 2005). Durante la década final del siglo XX y principios de la actual, el crecimiento de las manchas urbanas de las ciudades en Latinoamérica se caracteriza por presentar tasas elevadas de expansión, traspasan los límites jurídicos de los asentamientos originales que afectan la periferia de las ciudades a través de



procesos sociales, económicos, políticos y ambientales; se estima que las ciudades latinoamericanas se expanden en un promedio de 20m² por minuto (Inostroza, 2017).

América Latina se caracterizó siempre por la concentración de la población en pocas ciudades importantes; sin embargo; en las últimas décadas las ciudades intermedias y pequeñas, donde reside la mayor parte de la población urbana, han crecido a un ritmo más elevado que las grandes ciudades, apuntando a un posible reequilibrio de la red de ciudades en la región y a una mayor diversificación (ONU-Habitat, 2012).

El crecimiento desenfrenado y disperso de las áreas urbanas se caracteriza por las nuevas periferias de las ciudades en todo el mundo, desafía a los planificadores y legisladores a manejar tanto los riesgos como las oportunidades de la pérdida de tierras agrícolas en áreas periurbanas emergentes (Haller, 2016).

A pesar de ser una preocupación global, el crecimiento de las ciudades en la zona periurbana y su impacto en las personas y su entorno, dependen en gran medida de la especificidad geográfica regional; es decir, del entorno físico y su relación con el marco geográfico en la interacción humano-ambiente.

En el caso de México, el país se vuelve preferentemente urbano a partir de 1978, año en que concentra más de la mitad de su población en localidades de 15,000 o más habitantes. La conformación del sistema urbano nacional (SUN) y el fenómeno de metropolización son producto de los cambios económicos acontecidos en el país en el transcurso de los siglos XX y XXI. Las ciudades mexicanas han sido en los últimos treinta años, imanes del desarrollo económico y concentradoras de la población del país. El sistema urbano nacional (SUN) está compuesto por 384 ciudades mayores; de las cuales, sólo 59 son consideradas zonas metropolitanas (Garza, 2003; Sobrino, 2011).

México es un país cada vez más urbano, el 77% de su población reside en localidades mayores de 2,500 habitantes; no obstante, la distribución territorial de la población se caracteriza por su concentración en unas cuantas áreas y su dispersión en un gran número de localidades menores a los 2,500 habitantes (23% de su población) (INEGI, 2016a). En el caso del estado de Michoacán de Ocampo el estado se encuentra por debajo de la media nacional al tener al 68.7% de su población urbana, de los cuales el 22% se localiza en localidades mayores a los 100,000 habitantes, denominadas como localidades medias (INEGI, 2016b).



El crecimiento urbano que ocurrió en las últimas décadas del siglo pasado, se debió principalmente al cambio demográfico de la población que se desplazó de zonas rurales a zonas urbanas (migración campo - ciudad), este proceso explica del 50 al 75% de la urbanización en América Latina en este periodo. La literatura existente sobre el crecimiento de ciudades se basa generalmente en los procesos poblacionales, en este trabajo la dinámica urbana se analiza desde la perspectiva espacial y temporal el crecimiento de un asentamiento medio del occidente de México, la Ciudad de Zamora-Jacona y su periferia a través de variables poblacionales, económicas y del análisis del cambio de cobertura y uso del suelo.

Área de estudio

La zona metropolitana de Zamora-Jacona se localiza en la región Centro Occidente de México, al noroeste del estado de Michoacán, entre las provincias fisiográficas del Altiplano y el Cinturón Volcánico Transversal. Por su talla demográfica en el año 2010 (250,113 habitantes), ocupa el lugar número 45 dentro del contexto metropolitano nacional (59 zonas), albergando 0.4% de sus habitantes (SEDESOL *et al.*, 2012).

Bajo el criterio de más de 2,500 habitantes para determinar una localidad urbana en México y de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, en la ZM de Zamora-Jacona vive el 5.7% de la población Michoacana y el 8.4% de su población urbana; posicionando al Área metropolitana (AM) de Zamora-Jacona como la tercera ciudad con mayor demografía en el estado, después de la ciudad de Morelia y de la ciudad de Uruapan del Progreso; entendiendo como AM a la conurbación de las ciudades de Zamora de Hidalgo y Jacona de Plancarte, donde residen 198,561 personas; es decir, el 88% de la población urbana de la ZM, 63% y 25% respectivamente, y el 79% de su población total. Dicha talla demográfica posiciona al AM de Zamora-Jacona en el sistema de ciudades medias del país (>100 mil < 1 millón de habitantes); ciudades en donde vive alrededor del 35% de la población del país (INEGI, 2010).

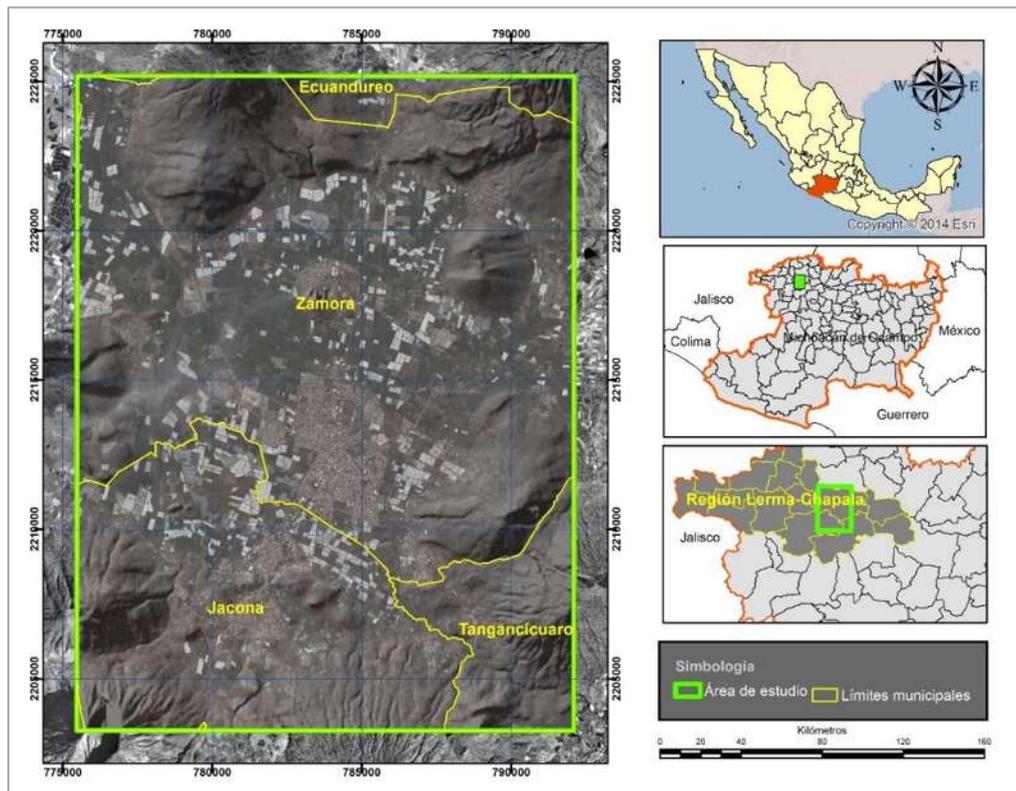
El área de estudio está delimitada entre las coordenadas UTM mínimas de X: 775,465 m Y: 2,203,262 m y coordenadas máximas X: 792,109 m Y: 2,225,187 con el objeto de incorporar al AM Zamora-Jacona y las seis localidades urbanas pertenecientes a la Zona metropolitana, así como un contexto geográfico representativo de la región, abarcando poco más de 36 mil hectáreas que involucran parte de cuatro municipios: Zamora (63.2%), Jacona (26.2%), Tangancícuaro (7.8%) y Ecuandureo (2.8%) (Cuadro 1 y Figura 1), donde reside el 98% de la población de la ZM: 225,918 pobladores urbanos y 20,222 rurales.

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.

Caso de estudio	Municipios	Área total de cada municipio (ha)	Área y porcentaje del municipio dentro de la zona de estudio		Porcentaje que representa cada municipio dentro de la zona de estudio
			ha	%	
Zamora-Jacona	Zamora	33,250	23,018	69.2	63.2
	Jacona	11,787	9,535	80.9	26.2
	Tangancícuaro	38,264	2,834	7.4	7.8
	Ecuandureo	30,190	1,016	3.4	2.8
	Tangamandapio	31,388	19	0.1	0.1
	Ixtlán	12,299	7	0.1	0.0
	Total	-	36,428	-	100

Las filas sombreadas indican los municipios que no se tomarán en cuenta en el análisis por la pequeña proporción de superficie que representan, además de no aportar localidad alguna dentro del área de estudio.

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.





Metodología

El desarrollo de la investigación requirió de insumos con un grado de detalle lo suficientemente robusto para el análisis espacial de manera local, tal y como lo son las fotografías aéreas e imágenes satelitales y de un sistema de Información Geográfica (SIG) para ingresar, manipular y generar nueva información, en este caso, ArcGIS; así como información socioeconómica desagregada y representativa para comprender la fuerza modeladora del cambio de cobertura y uso de suelo.

Se realizaron mapas de cobertura y uso de suelo de los respectivos años de análisis (1996 y 2015) a través de SIG bajo una clasificación previa y detallada de las categorías existentes en el lugar, las cuales se generalizan en catorce clases: boque, selva baja caducifolia, matorral, pastizal, plantaciones, cultivos de temporal, cultivos de riego y humedad, huertos, Zamora-Jacona, otros asentamientos humanos, cuerpo de agua, humedal y zona de inundación y, área sin vegetación aparente (Cuadro 2); realizando para el caso de los asentamientos humanos, incluyendo Zamora – Jacona, una clasificación de los usos de suelo en su interior (Cuadro 3). Todas estas categorías y sus subcomponentes fueron interpretadas y digitalizadas de manera visual a través de percepción remota, tomando en cuenta claves de interpretación estándar (el brillo, el color, el tamaño, la forma, la sombra, la textura, el tamaño de los elementos que componen la imagen) (Pérez y Muñoz, 2006).

Las imágenes se desplegaron a escala 1: 10,000 en un monitor de computadora y se cartografiaron objetos con un área mínima de 0.25 hectáreas. Para el primer año (1996) se utilizó una serie de seis ortofotos digitales, con una resolución espacial de 2m por 2m por pixel, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); para el segundo año, se utilizaron dos imágenes satelitales SPOT 6, pancromáticas con una resolución espacial de 1.5m por 1.5 m por pixel y multiespectrales con resolución espacial de 6m por 6m por pixel, las cuales se fusionaron para aprovechar el color de la multiespectral y la resolución de la pancromática (Chuvieco & Salinero, 2002). La imagen resultante de la fusión se georreferenció en coordenadas UTM a través de 21 puntos de control, utilizando como base las ortofotos de INEGI, obteniendo un error medio cuadrático de 1.9 metros, lo cual representa poco menos de un pixel de las ortofotos.



UMSNH

Cuadro 2: Leyenda general y específica de la cobertura y uso de suelo nivel zona utilizada en el área de estudio.

CLASIFICACIÓN GENERALIZADA		CLASIFICACIÓN ESPECÍFICA	
Categorías	Descripción	Categorías	Descripción
Bosque	Superficies cubiertas de vegetación arborea (pino, encino pino-encino y encino-pino).	Bosque cerrado	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación.
Selva baja caducifolia	Superficies cubiertas de vegetación arborea de baja altura, normalmente de 4 a 10 m; entre las especies comunes: <i>Bursera simaruba</i> , <i>Bursera sp.</i> y <i>Lysiloma</i> .	Selva baja caducifolia cerrada Selva baja semi-abierta Selva baja caducifolia abierta	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación. Superficie cubierta por vegetación mayor al 50% y menor a 75%. Superficie cubierta por vegetación mayor al 25% y menor a 50%.
Matorral	Superficies con vegetación arbustiva, la cual presenta ramificaciones desde la base del tallo.	Matorral cerrado Matorral semi-abierto	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación arbustiva. Superficie cubierta por vegetación arbustiva mayor al 50% y menor a 75%.
Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; pueden establecerse en áreas agrícolas abandonadas.	Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; incluye las áreas con matorral donde la vegetación arbustiva cubre menos del 25%.
Plantaciones	Superficies conformadas con especies arbóreas, producto de actividades de reforestación.	Plantaciones	Superficies conformadas con especies arbóreas, producto de actividades de reforestación.
Cultivos de temporal	Superficies destinadas a la agricultura, por lo general en suelos poco desarrollados en zonas con pendiente; dependen de la lluvia para su producción.	Cultivos de temporal	Incluye todas las zonas cultivo de temporal independientemente del tipo de producción.
Cultivos de riego y humedad	Superficies destinadas a la agricultura, aprovechando la humedad del suelo en zonas planas independientemente del ciclo de las lluvias, aún en época de seca conservan humedad.	Cultivos tradicionales	Incluye todas las zonas cultivo de riego y humedad sin tecnificación, independientemente del tipo de producción.
		Acolchados	Incluye las superficies de cultivo con media tecnificación, a través de acolchados.
		Macrotuneles	Incluye las superficies de cultivo con tecnificación completa, a través de acolchados y macrotuneles.
Huertos	Superficie con agricultura perenne (arborea); en este caso por la producción de aguacate.	Huertos	Incluye todos los huertos independientemente del tipo de producción.
Zamora - Jacona	Superficie continua de la mancha urbana de la ciudad de Zamora-Jacona; incluye superficie construida (edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Superficies al interior del continuo urbano sin construcción.
Otros asentamientos humanos	Otros continuos urbanos; incluye superficie construida(edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Toda área al interior del continuo urbano sin construcción.
Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.	Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.
Cuerpos de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales.	Cuerpo de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales
Humedal y zona de inundación	Superficies con alto grado de humedad, pueden presentar encharcamientos.	Humedal y zona de inundación	Superficies con alto grado de humedad, pueden presentar encharcamientos.
Área sin vegetación aparente	Superficies sin vegetación alguna, a excepción de los asentamientos humanos.	Banco de material Área sin vegetación aparente	Lugar explotado para la obtención de material para la construcción (roca, arcilla, grava, arena, etc). Toda superficie con suelo desnudo o roca desnuda.

Cuadro 3: Leyenda general y específica por usos de suelo al interior de los asentamientos humanos.

GENERAL	SEMI-GENERAL	ESPECÍFICA POR USOS GENERALES	ESPECÍFICA POR USOS PARTICULARES	
CIUDAD DE ZAMORA-JACONA	Superficie construida	Zona habitacional - comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas Centros comerciales Grandes comercios Deshuesaderos	
		Zona Industrial	Zona Industrial	
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación	
		Cementerios	Cementerios	
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos	
		Otros usos	Acolchados Cultivos de riego y humedad Huertos Macrotuneles Pastizal	
OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS	Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas Grandes comercios Deshuesaderos	
		Zona industrial	Industrias	
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación	
		Cementerios	Cementerios	
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos	

Se realizaron visitas de campo al área de estudio para validar la interpretación previa; rectificando al menos el 10% de polígonos por categoría (Bocco y Riemann, 1997). Esto permitió evaluar la exactitud global y por categoría de la interpretación de cobertura y uso de suelo a través de una matriz de confusión (Bocco *et al.*, 2000).

Validados los datos, se realizó una sobreposición de los mapas de CUS para construir una matriz de transición (Matriz de Markov) similar a la que se presenta en la Figura 2, para analizar la dinámica de cambio entre las distintas categorías; donde la diagonal principal representa la superficie que permanece en la misma categoría en el periodo de estudio, y en el resto de las celdas se encuentran los intercambios o transiciones de las distintas clases entre 1996 y 2015.

Figura 2: Matriz de transición para dos tiempos con pérdidas y ganancias.

Tiempo 1 →

Tiempo 1	Categoría 1 (C1)	Categoría 2 (C2)	Categoría 3 (C3)	Categoría 4 (C4)	Categoría n (Cn)	Total tiempo 1	Pérdidas
Categoría 1 (C1)	C11	C12	C13	C14	C1n	C11+C12+C1n...	ΣC1 - C11
Categoría 2 (C2)	C21	C22	C23	C24	C2n	C21+C22+C2n...	ΣC2 - C22
Categoría 3 (C3)	C31	C32	C33	C34	C3n	C31+C32+C3n...	ΣC3 - C33
Categoría 4 (C4)	C41	C42	C43	C44	C4n	C41+C42+C4n...	ΣC4 - C44
Categoría n (Cn)	Cn1	Cn2	Cn3	Cn4	Cnn	Cn1+Cn2+Cnn...	ΣCn - Cnn
Total tiempo 2	C11+C21+Cn1...	C12+C22+Cn2...	C13+C23+Cn3...	C14+C24+Cn4...	C1n+C2n+Cnn...	Superficie total de la zona	
Ganancias	ΣC1 - C11	ΣC2 - C22	ΣC3 - C33	ΣC4 - C44	ΣCn - Cnn		

↓ Tiempo 2

Con la información arrojada por la matriz de transición se calcularon cinco principales aspectos: 1) la superficie que representa cada categoría en la zona de estudio por cada año analizado, la cual se identifica como el total del tiempo 1 (suma de filas) para 1996 y como el total del tiempo 2 (suma de columnas) para el 2015; 2) la permanencia (no cambio) de cada categoría (identificada en las celdas que conforman la diagonal principal) y la permanencia total del área de estudio (la suma de las permanencias dividida entre la superficie total de la zona de estudio); 3) el intercambio de superficie entre categorías (celdas fuera de la diagonal principal), el cambio total o cambio absoluto (pérdidas) por categoría (total del tiempo 1 menos la permanencia) y la superficie de cambio total en la zona de estudio (suma de las pérdidas); 4) las ganancias de superficie por categoría sobre otras (total del tiempo 2 menos la permanencia); y 5) el cambio neto (diferencia de superficie entre ganancias y pérdidas), el cual indica un incremento o decremento de superficie al final del periodo analizado para cada cobertura y uso de suelo.

Por otra parte, se calculó la tasa de cambio media anual en algunas categorías, principalmente en coberturas forestales, a partir de la ecuación utilizada por la FAO (1996).

$$\delta n = \left[\begin{matrix} S_2 \\ S_1 \end{matrix} \right]^{1/n} - 1$$

Donde:

δn = tasa de cambio (para expresar en %, hay que multiplicar por 100),

S_1 = superficie de la categoría en el tiempo 1,

S_2 = superficie de la categoría en el tiempo 2,

n = número de años (periodo de análisis).



Finalmente, la información espacial recabada sobre la dinámica de cambio es asociada a los procesos socioeconómicos acontecidos en la región, lo cual permitió explicar el proceso de transformación general de la zona y especialmente el crecimiento urbano. Las principales variables que se consideraron fueron: crecimiento demográfico, ocupación de la población, producción agrícola y su dinámica de exportación; información recabada a través de: INEGI (1995, 2000, 2005, 2010 y 2015), CONAPO (2015), SAGARPA, SIAP (2002 – 2014) y FAOSTAT (1990 – 2013), entre otras fuentes bibliográficas de estudios de caso e información empírica.

Resultados y discusión

Los resultados se organizaron en cuatro apartados: en el primero se da a conocer el grado de fiabilidad global y por categoría interpretada; en el segundo se describe el panorama general de las coberturas y usos de suelo con sus cambios más significativos a través de la clasificación generalizada; en el segundo se analiza a manera detallada (todos los niveles jerárquicos) el crecimiento urbano de Zamora-Jacona y el resto de asentamientos humanos que se encuentran en la zona de estudio, describiendo su distribución y emplazamiento sobre otras coberturas, así como su relación con los procesos socioeconómicos que caracterizan a la región y; en el tercer apartado, se discuten los cambios ocurridos en las coberturas naturales que predominan en la zona y su relación con los procesos socioeconómicos y de urbanización.

Calidad de la base de datos

La matriz de confusión indicó que todas las categorías se encuentran por arriba del valor mínimo de exactitud (80%)(Anderson *et al.*, 1976; Bocco y Valenzuela, 1988; Bocco *et al.*, 2000), donde únicamente cuatro categorías presentaron algún grado de confusión en la interpretación: La selva baja caducifolia (1 polígono), que fue clasificada como matorral ya que se trataba de una zona con vegetación cerrada.; el matorral (2 polígonos), que erróneamente se etiquetaron como selva baja caducifolia y como lotes baldíos; cultivos de temporal (1 polígono), confundido con cultivos de riego y humedad; por último, lotes baldíos (2 polígonos), lo cuales se clasificaron como matorral. De tal manera el grado de fiabilidad global de la interpretación fue del 96% (Cuadro 4).



UMSNH

Cuadro 4: Matriz de confusión.

	Bosque	Selva baja caducifolia	Matorral	Pastizal	Plantaciones	Cultivos de temporal	Cultivos de riego y humedad	Huertos	Zamora - Jacona	Otros asentamientos humanos	Lotes baldíos	Cuerpo de agua	Humedal y/o zona de inundación	Área sin vegetación aparente	Total	Error de Comisión	Exactitud
Bosque	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.0	100.0
Selva baja caducifolia	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12.5	87.5
Matorral	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	12	16.7	83.3
Pastizal	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.0	100.0
Plantaciones	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.0	100.0
Cultivos de temporal	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	20.0	80.0
Cultivos de riego y humedad	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0.0	100.0
Huertos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0	100.0
Zamora - Jacona	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.0	100.0
Otros asentamientos humanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	22	0.0	100.0
Lotes baldíos	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	14	14.3	85.7
Cuerpo de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0.0	100.0
Humedal y zona de inundación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2		
Área sin vegetación aparente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.0	100.0
Total	2		13	6		4	7	1	1	22	13	3		2	86		
Error de omisión	0.0		92.3	100.0		0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0		0.0			
Exactitud	100.0		7.7	0.0		100.0	85.7	100.0	100.0	100.0	92.3	100.0		100.0			

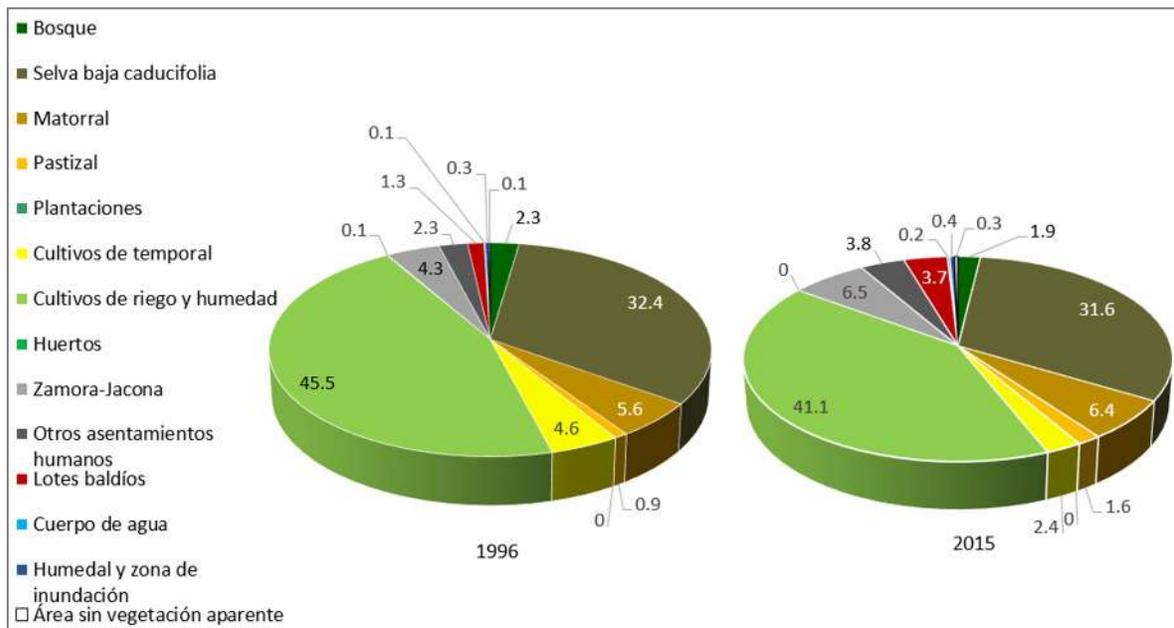
Fiabilidad global = $(2+7+10+6+2+4+6+1+1+22+12+3+2)/86 = 0.96$

Nota: error de comisión = categorías atribuidas erróneamente a otra clase: error de omisión = categorías omitidas de su clase verdadera.

Panorama general de los cambios de cobertura y uso del suelo

En 1996 el 92% de la superficie del área de estudio estaba constituida por cinco categorías: Cultivos de riego y humedad, selva baja caducifolia, matorral, cultivos de temporal y el área metropolitana de Zamora-Jacona. Para 2015 las categorías ya mencionadas continúan predominando, con excepción de los cultivos de temporal que son desplazados en su nivel de jerarquía por tres categorías: el AM de Zamora-Jacona, otros asentamientos humanos y lotes baldíos; cuya superficie conjunta representan el 14% de la zona, y junto a los cultivos de riego y humedad, la selva baja caducifolia y el matorral conforman el 93% de la misma. (Figura 3).

Figura 3: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.



La matriz de transición realizada reveló un cambio general de cobertura y uso de suelo en la zona de poco más de 6,000 ha (17%) para el año 2015 (Cuadro 5), donde las categorías con mayor porcentaje de transformación (cambio relativo) fueron plantaciones y huertos; sin embargo, por el área que les correspondía en 1996 representan sólo el 0.6% del cambio en la zona. Por el contrario, las categorías que representan mayores transformaciones en el área de estudio a pesar de tener un cambio relativo menor fueron las mismas que predominan: cultivos de riego y humedad, selva baja caducifolia y matorral, representando el 70% (4,348 ha) del cambio total, con excepción de los asentamientos humanos cuyo emplazamiento permanece y su única tendencia es expandirse sobre otras coberturas.

Cuadro 5: Coberturas y usos de suelo (1996 y 2015), permanencias y cambios.

Categoría	Superficie 1996	Superficie 2015	Permanencia		Cambio absoluto		Cambio neto	
	Ha	Ha	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bosque	837	683	676	80.8	161	19.2	-154	-18.4
Selva baja caducifolia	11,806	11,514	10,393	88.0	1,413	12.0	-292	-2.5
Matorral	2,047	2,339	1,040	50.8	1,007	49.2	292	14.3
Pastizal	328	600	106	32.3	222	67.7	272	82.9
Plantaciones	1	14	0	0.0	1	100.0	13	1,300.0
Cultivos de temporal	1,664	882	681	40.9	983	59.1	-782	-47.0
Cultivos de riego y humedad	16,579	14,977	14,651	88.4	1,928	11.6	-1,602	-9.7
Huertos	38	8	0	0.0	38	100.0	-30	-78.9
Zamora-Jacona	1,578	2,371	1,578	100.0	0	0.0	793	50.3
Otros asentamientos humanos	848	1,371	795	93.8	53	6.3	523	61.7
Lotes baldíos	486	1,342	119	24.5	367	75.5	856	176.1
Cuerpo de agua	34	76	33	97.1	1	2.9	42	123.5
Humedal y zona de inundación	125	149	125	100.0	0	0.0	24	19.2
Área sin vegetación aparente	53	102	53	100.0	0	0.0	49	92.5
Total	36,424	36,428	30,250	83.0	6,174	17.0	-	-

Filas sombreadas = categorías que representan mayores cambios en la zona.

Filas texturizadas = categorías con mayor incremento de superficie.

Cambio absoluto = Superficie de 1996 menos la permanencia.

Cambio neto = tendencia de ganar o perder superficie al final del período, (diferencia de superficie de 1996 y 2015); signos negativos pérdidas, signos positivos ganancias.

Los cultivos de riego y humedad aportaron con el 31% del cambio total de la zona de estudio, siendo la categoría con mayor pérdida de superficie en la zona (cambio neto); el 67% de su superficie de cambio absoluto fue a favor de la expansión de coberturas urbanas; específicamente al continuo urbano de Zamora-Jacona con 582 ha y otros asentamientos humanos con 271 ha; y a las coberturas propensas a convertirse en urbanas: los lotes baldíos con 442 ha y los pastizales con 262 ha.

La dinámica de cambio observada en cultivos de riego y humedad posiciona a la zona en un caso atípico, pues de acuerdo con diversos investigadores (Turner, 1989; Mas *et al.*, 2004; Sánchez-Colón *et al.*, 2009 en: Cuevas *et al.*, 2010), regularmente la expansión de este tipo de cobertura se considera como la principal causa de los cambios de cobertura y uso del suelo en el mundo, lo cual supondría una ganancia de superficie en vez de una pérdida; siendo aún más drástico por la especialización agrícola fresera que se tiene en la zona metropolitana.



El cambio dado sobre la selva baja caducifolia representa aproximadamente el 23% del cambio total, contribuyendo principalmente a la expansión de matorral (710 ha) y lotes baldíos (313 ha), lo cual representa el 72% de su superficie de cambio absoluto. Mientras la expansión de matorrales sobre la selva baja se dio de manera preferente al este del área de estudio, la proliferación de lotes baldíos se manifiesta en los alrededores y principalmente en las áreas adyacentes a los otros asentamientos humanos.

Por otro lado, el matorral representa el 16% del cambio total, lo cual ha contribuido en mayor medida a la expansión de selva baja caducifolia (599 ha), a cultivos de riego y humedad (126 ha) y a lotes baldíos (120 ha), lo cual representa el 84% de su superficie de cambio absoluto.

De acuerdo con la dinámica de cambio anteriormente descrita, es evidente la proliferación de coberturas urbanas o propensas a la urbanización, principalmente a partir de las coberturas de cultivos de riego y humedad. Este tipo de cambio es la característica más frecuente del crecimiento urbano, donde la incontrolada expansión de las ciudades tiende a invadir el suelo rural destinado a la agricultura (Morello et al., 2000; López et al., 2001; Fujihara et al., 2005; Hara et al., 2005; Rayburn y Schule, 2009).

La dinámica de cambio sobre las diferentes coberturas y usos de suelo involucra pérdidas y ganancias de superficie por y sobre otras categorías, resguardando implícitamente las influencias y presiones bajo las cuales se han visto sujetas; su magnitud se ve reflejada en el grado de recuperación que llegan a presentar algunas coberturas sobre otras; es decir, si el cambio neto se torna positivo o negativo.

A pesar de su dinámica de cambio, la superficie de matorral se incrementó al final del periodo, principalmente sobre selva baja caducifolia, cultivos de temporal y cultivos de riego, principalmente al sur y este del área de estudio (Cuadro 4, Figura 4 y Figura 5). En cambio, los cultivos de riego y humedad es la categoría que perdió mayor superficie, con un cambio de 1,928 ha y una recuperación de sólo 326 ha sobre otras coberturas, lo cual representa un cambio neto negativo de 1,602 ha; es decir, una pérdida media anual de 84 ha (0.5%). La selva baja caducifolia también presenta pérdidas, aunque con menor magnitud, con una tasa de deforestación media anual de 15.4 ha (0.13%) gracias a su alto grado de recuperación.



Así mismo, si se suma la pérdida de superficie boscosa al proceso de deforestación, se puede decir que existe una tasa de deforestación media anual de 23.4 ha (0.18%) en la zona, lo cual es menor a la tasa media nacional y estatal reportada por la UNAM (0.57%) para el período 1993-2000 y CONAFORT-SEMARNAT (1.14%) para 1990-2000, respectivamente (SEMARNAT, 2006).

Con base a la matriz de transición, el 67% de la pérdida de cultivos de riego y humedad es atribuido a la expansión de los diferentes asentamientos humanos (Urbanos y rurales), incluyendo lotes baldíos; estas categorías adquieren las mayores ganancias de cobertura en la zona, tal y como sucede en diversos estudios de cambio de cobertura y uso del suelo.

Al parecer, este caso de estudio no ha quedado exento a la tendencia de urbanización que regularmente se da sobre extensas tierras de alto valor agrícola; incluso puede observarse una importante proliferación de lotes baldíos sobre dichos cultivos, los cuales son indicadores de una futura urbanización a corto o mediano plazo.

La proliferación y distribución de lotes baldíos sobre cultivos de riego puede atribuirse a las reformas sobre el Artículo 27 de la Constitución y a la Ley Agraria impulsada en 1992, cuyo objetivo era aumentar la productividad del campo; no obstante, que los ejidatarios localizados en las periferias de los diferentes asentamientos humanos han preferido incorporar sus parcelas al crecimiento urbano (SEDESOL *et al.*, 2012). Esto se puede observar en los Mapas 2 y 3, donde los lotes baldíos tenían una extensión de 486 ha en 1996, incrementando su superficie 176% (856 ha) en 2015, principalmente a través de cultivos de riego.

Bajo la razón de que la fuerza modeladora del cambio general sobre los ecosistemas terrestres se desprende de la relación que existe entre los procesos socioeconómicos y el medio ambiente (Lambin, 1997); la presente investigación analiza con mayor detalle dichas categorías urbanas; pues es bien reconocido que los diversos asentamientos humanos en el mundo a pesar de cubrir sólo el 2% de la superficie terrestre, son los principales modeladores del contexto geográfico (Pascual Aguilar *et al.*, 2006; UNFPA 2007; Catalán *et al.*, 2008; Batisani & Yarnal, 2009).

Figura 4: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.

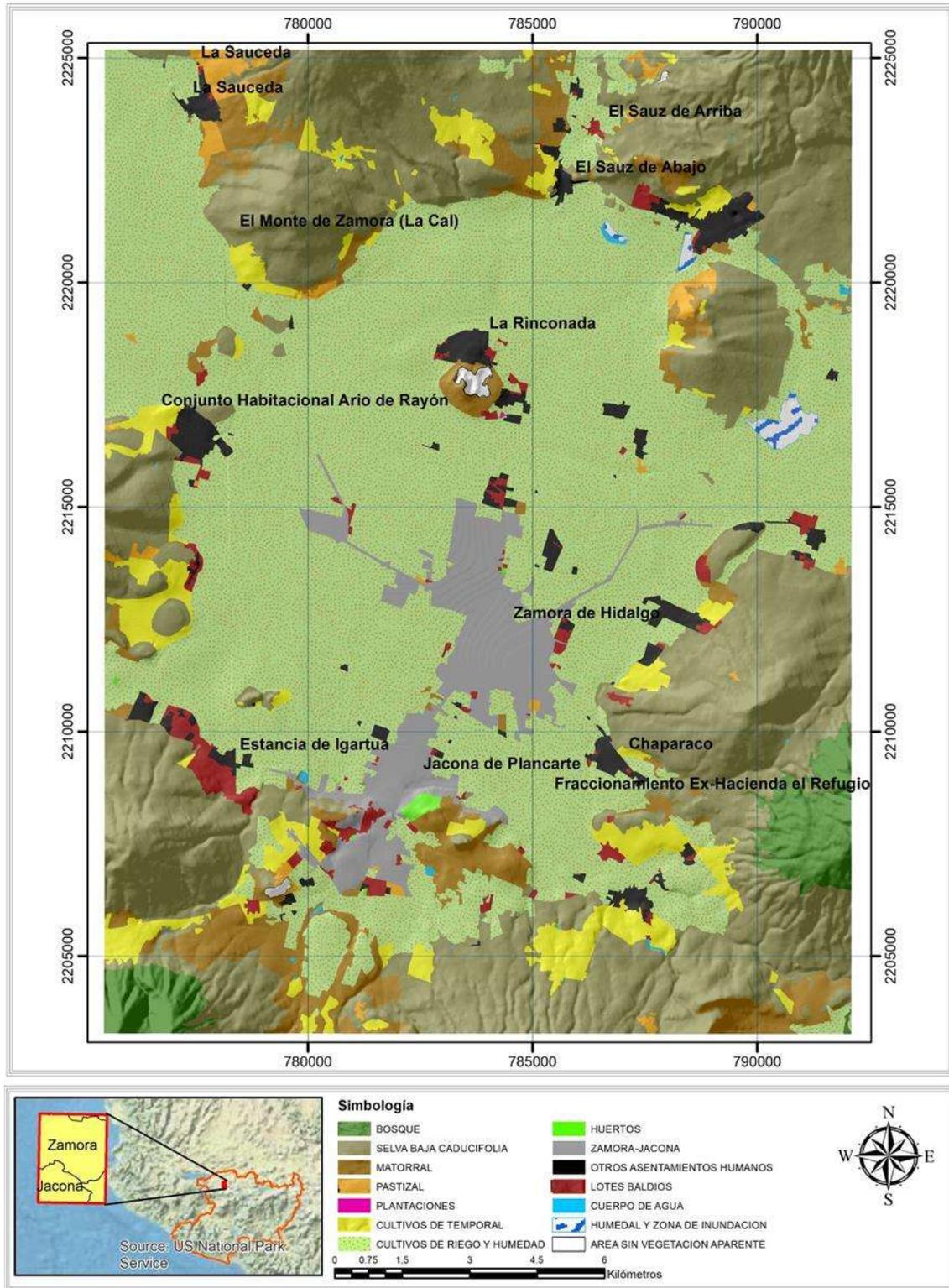
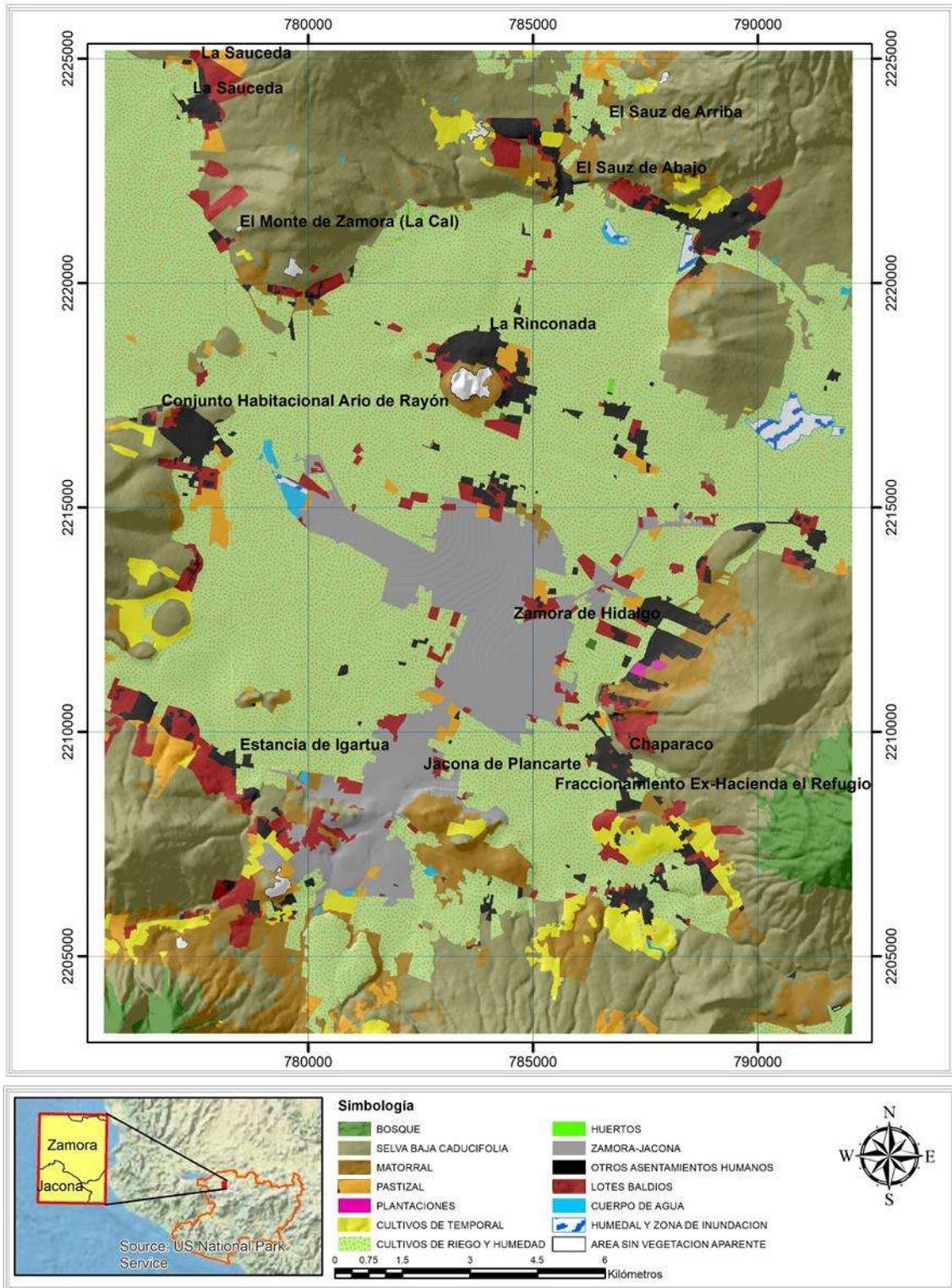


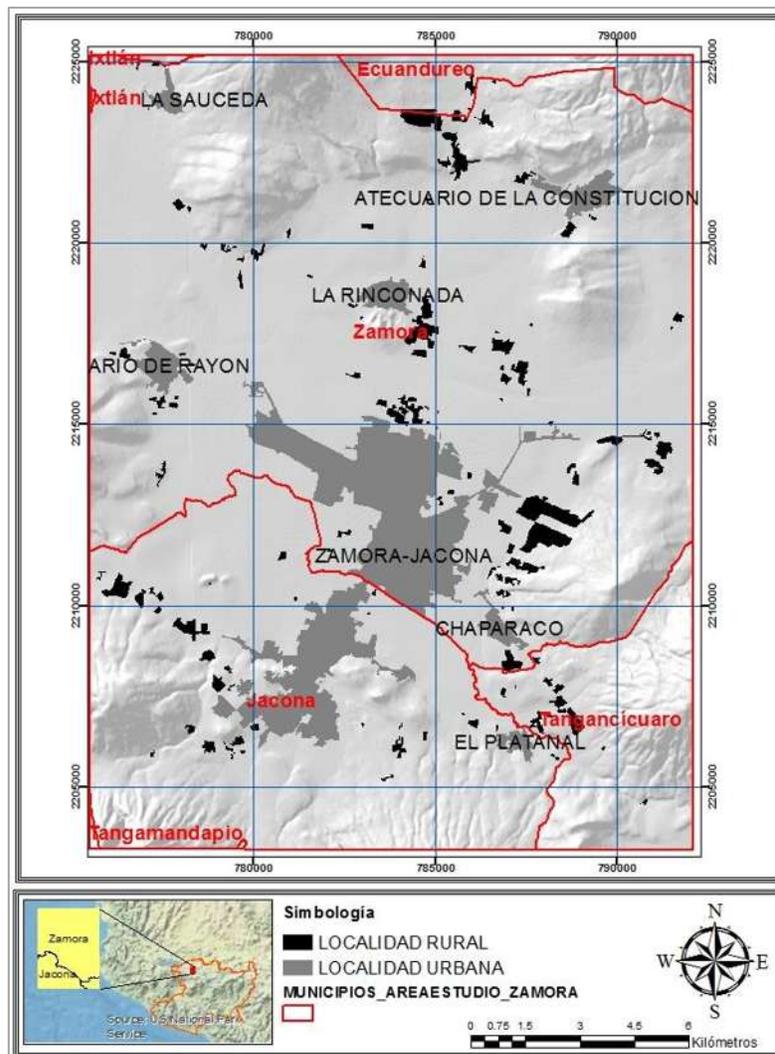
Figura 5: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.



Análisis del crecimiento urbano

Con base al primer Censo de Población y Vivienda de INEGI (1995), en el área de estudio se localizaban 105 localidades rurales y seis urbanas, entre ellas Zamora – Jacona; en el año 2010 incrementaron a 112 rurales y ocho urbanas (INEGI, 2010) y de acuerdo con estimaciones de CONAPO para 2015, sólo siete localidades urbanas permanecen para dicho año: Zamora-Jacona, Ario de Rayón, La Rinconada, Atecuario de la Constitución, El Platanal, La Sauceda y Chaparaco (Figura 6); todas ellas distribuidas entre los municipios de Zamora y Jacona, donde se encuentra el 95% del conjunto de asentamientos de toda la zona de estudio.

Figura 6: Localidades urbanas y rurales 2015.





Cabe señalar que el número de localidades anteriormente mencionadas no coinciden en su totalidad con las localidades cartografiadas que permitieron llevar a cabo el análisis espacial por dos principales razones: la primera, debido a la escala de interpretación y por ende al área mínima cartografiable (0.25 ha) utilizada en este trabajo; segundo, a que INEGI considera como localidades únicamente aquellos asentamientos con presencia de población, mientras la presente investigación considera y cuantifica cada asentamiento cartografiable a manera de continuo urbano. Sin embargo, el número de localidades reportado por INEGI es de gran utilidad para analizar los cambios demográficos.

De acuerdo con el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo entre 1996 y 2015 el número de asentamientos humanos cartografiados (continuos urbanos y rurales) se duplicó 106%, pasando de 67 a 138 polígonos mientras la expansión conjunta de los mismos fue de 1,317 ha (54%); originando un sistema de asentamientos humanos cada vez más fragmentado.

El 30% (397 ha) de la expansión total de asentamientos humanos es atribuido a localidades rurales, principalmente por asentamientos de nueva creación (290 ha); y el 70% (919 ha) a localidades urbanas, donde tan sólo el continuo urbano de Zamora – Jacona cubre con el 60% al haber expandido su límite urbano 793 ha (50%) (Cuadro 6). A pesar de que la mayor expansión en términos absolutos fue sobre el ámbito urbano, el crecimiento de localidades rurales fue porcentualmente mayor (85%), lo cual hasta cierto punto es contradictorio con la persistencia de un 90% de la población radicando en zonas urbanas al final del período (Figura 7).

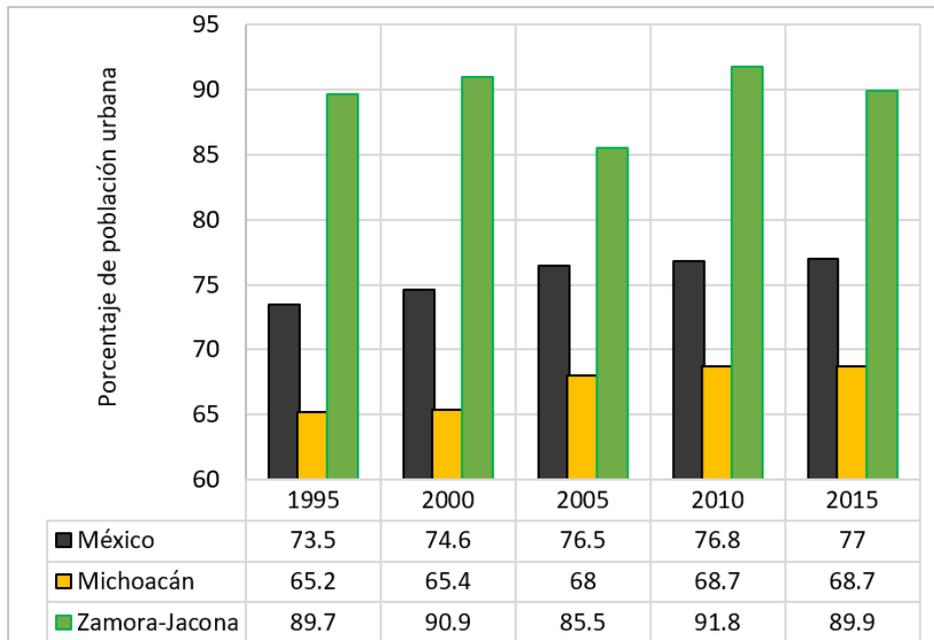
Cuadro 6: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad, 1996-2015.

Nivel de desagregación	Superficie ha		Expansión (1996-2015)		Población		Crecimiento demográfico (1995-2015)	
	1996	2015	ha	%	1995	2015	Población	%
Zamora-Jacona	1,578.1	2,370.6	792.5	50.2	170,228	208,350	38,122	22.4
Otras localidades urbanas	381.5	508.3	126.8	33.2	21,238	26,089	4,851	22.8
Total de localidades urbanas₁	1,959.6	2,878.9	919.3	46.0	191,466	234,439	42,973	22.4
Localidades rurales	466.7	864.1	397.4	85.0	22,103	26,346	4,243	19.2
Urbano + rural	2,426.3	3,743.0	1,316.7	54.3	213,569	260,785	47,216	22.1

*Fuente: Datos de población y crecimiento demográfico obtenido a partir de INEGI (1995), CONAPO (2015) y regresiones lineales para localidades rurales 2015.
₁ el total de localidades urbanas incluye a Zamora-Jacona y otras localidades. urbanas.*

No obstante, un análisis de la tendencia demográfica por quinquenio permitió identificar un par de declives sobre el porcentaje de población urbana en la zona (Figura 7); el primero y de mayor magnitud en el periodo 2000-2005 y el segundo de 2010 a 2015. En el primer periodo el grado de urbanización disminuyó seis puntos porcentuales, por lo que la población rural llegó a representar el 14.5%; mientras tanto, a nivel nacional y estatal se daba el mayor aumento de residentes urbanos, alcanzando el 76.5% y 68% respectivamente. Posteriormente tras una recuperación del porcentaje de pobladores urbanos en la región para el año 2010, en 2015 la población urbana vuelve a decaer, aunque con menor magnitud. Estos cambios demográficos justifican el incremento de asentamientos rurales en la región, cuyo emplazamiento permanece a pesar del retorno de la población a las zonas urbanas en ciertos intervalos de tiempo; colocando a la población de la región en una tendencia de urbanización discontinua y diferente a la media estatal y nacional donde el incremento de población urbana se ha dado ininterrumpidamente a pesar de su desaceleración en los últimos años.

Figura 7: Población urbana nacional, estatal y en la zona de estudio por quinquenio.



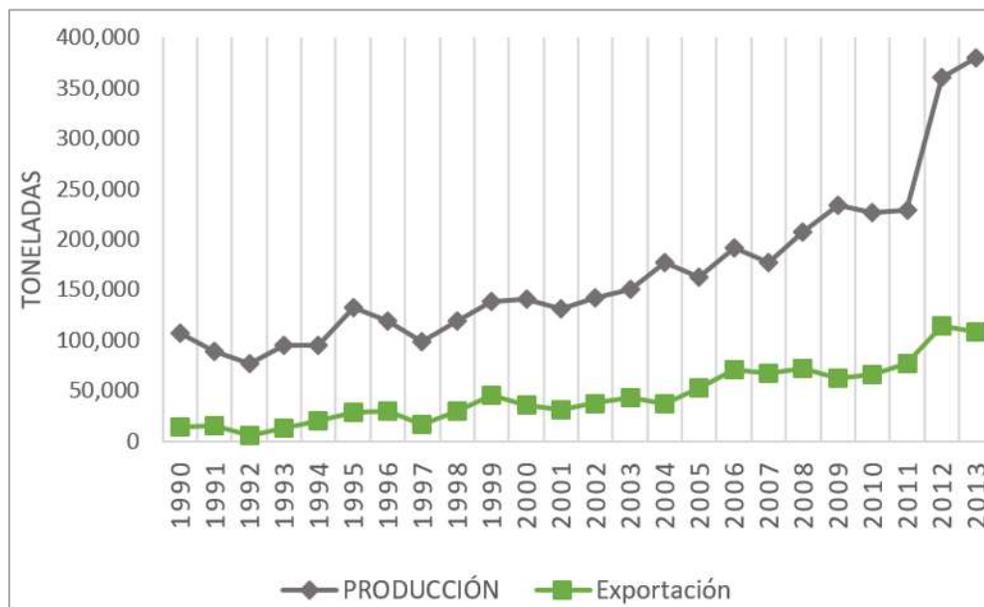
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. (1995,2000, 2005, 2010 Y 2015). Los valores de Zamora-Jacona hacen alusión al área de estudio específicamente.



La dinámica demográfica y la configuración urbana anteriormente citadas están relacionadas con las acciones de modernización llevadas a cabo sobre el campo agrícola nacional y de manera específica sobre el Valle de Zamora, Michoacán, principalmente para la producción de fresa; lo cual surge con el objeto de fomentar una mayor y mejor producción con mayores niveles de inocuidad que permitan incrementar la exportación de la frutilla, lo cual no sólo incita el intercambio demográfico urbano-rural en algunos periodos debido a la demanda de mano de obra, también fomentan una configuración urbana con mayor interrelación socioeconómica urbano-rural.

Con base a datos de FAOSTAT, entre 1990 y 2013 la producción nacional de fresa incrementó 272,552 ton (255%) mientras el número de exportaciones aumentó 93,302 ton (645%); esto significa que a diferencia del 13% de exportaciones de fresa en 1990, en 2013 incrementaron al 28% con un ingreso de 209 millones de dólares (Figura 8).

Figura 8: Producción y exportación de fresa en México 1990-2013.

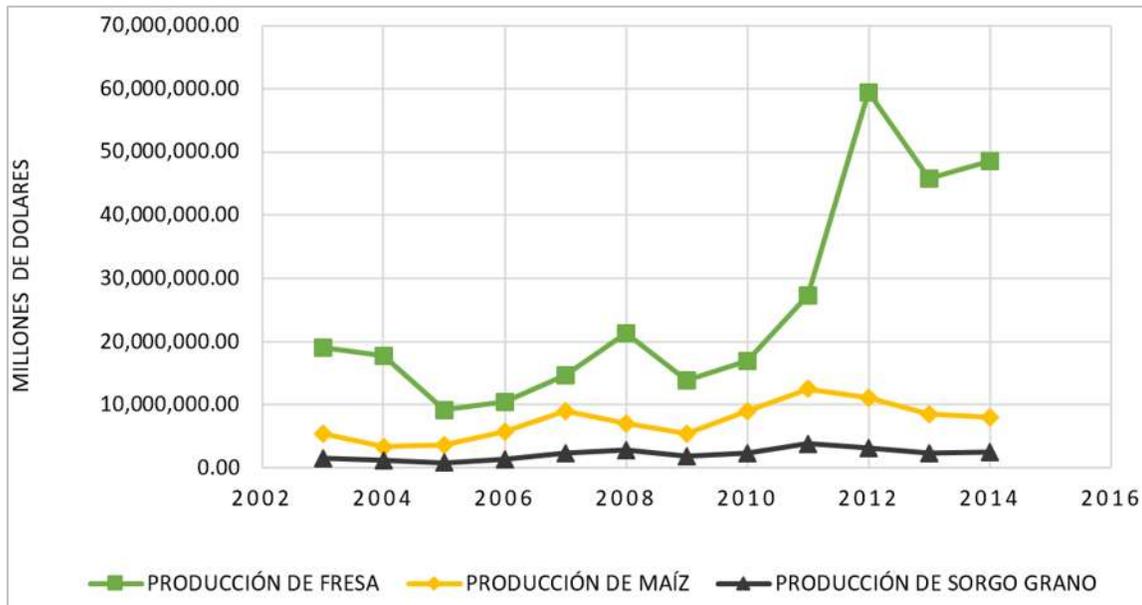


Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (1990-2013).

La importancia de invertir en la producción de fresa se encuentra relacionada con el incremento en los rendimientos e ingresos en comparación con otros cultivos. Por ejemplo, en el municipio de Zamora pese a tener una mayor superficie cosechada de maíz (5,700 ha) y sorgo (1,900 ha) en el año 2014, su rendimiento en la producción fue menor, 41,500 ton y 14,500 ton, respectivamente; mientras que la producción de fresa alcanzó 72,800 ton en una superficie de

tan sólo 1,300 ha; y el valor de esta última rebasó entre cuatro y cinco veces el valor de la producción del maíz y sorgo (Figura 9).

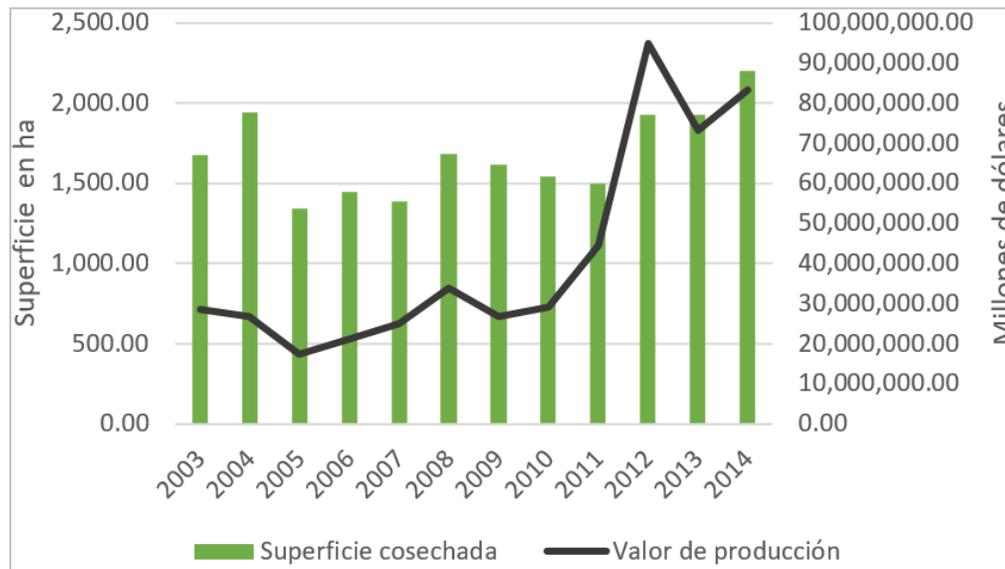
Figura 9: Valor de cultivos seleccionados en el municipio de Zamora.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

De acuerdo con los datos del SIAP (2014), cerca del 50% de la producción de fresa en el país es atribuida a los nueve municipios que conforman el distrito de Zamora, principalmente a través de Zamora, Jacona y Tangancicuaro (municipios representantes del área de estudio), cuya producción alcanza el 37% del país y el 65% del estado. Esta aportación se debe a dos principales razones: al incremento de superficie cosechada y, principalmente a la alta tecnificación lograda por un número considerable de productores (riego por goteo, acolchados y macrotúneles), en mayor medida a partir del año 2005 (Lundy, 2007; Pimentel, 2008); esta última razón mejoró el rendimiento de la superficie sembrada hasta un 75% para el 2014, la calidad del producto, y por ende elevó a más del 370% el valor de su producción de una manera casi continua pese a los incrementos y decrementos de superficie cosechada en los diferentes años (Figura 10).

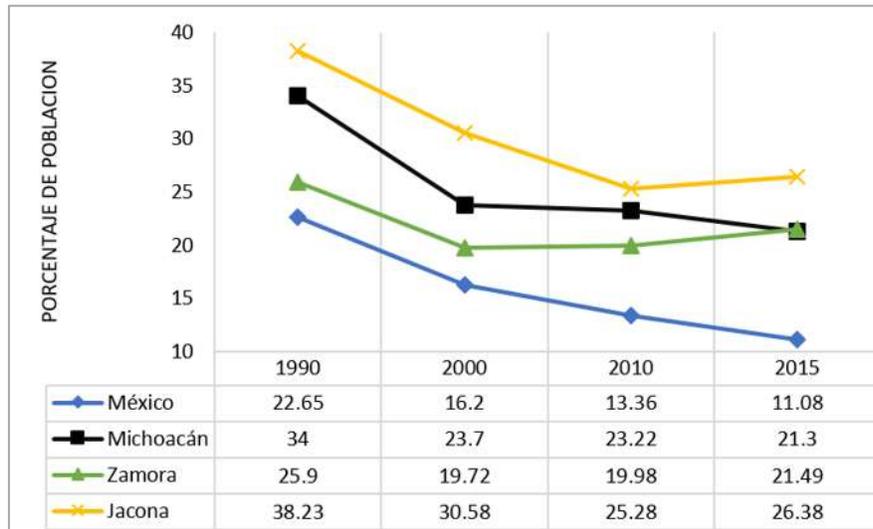
Figura 10: Superficie cosechada y valor de la producción de fresa en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración a partir de datos del SIAP, incluye información conjunta de los municipios de Zamora y Jacona.

La tecnificación en la producción de fresa ha generado una importante y diversa fuente de empleos en la región, directos e indirectos, permanentes y temporales; por ello, el porcentaje de población ocupada en el sector primario dentro de los municipios de Zamora y Jacona tiende a recuperarse a partir del año 2000 y 2005, respectivamente; caso contrario sucede a nivel estado y nacional donde la tendencia a la tercerización continúa (Figura 11). Por esta razón, y con la finalidad de estar cerca de la fuente de empleo, al final del período se observa un mayor crecimiento porcentual de asentamientos humanos rurales, donde observamos la creación y distribución de 70 asentamientos de nueva creación de manera dispersa que articulan la zona de estudio (Figura 12).

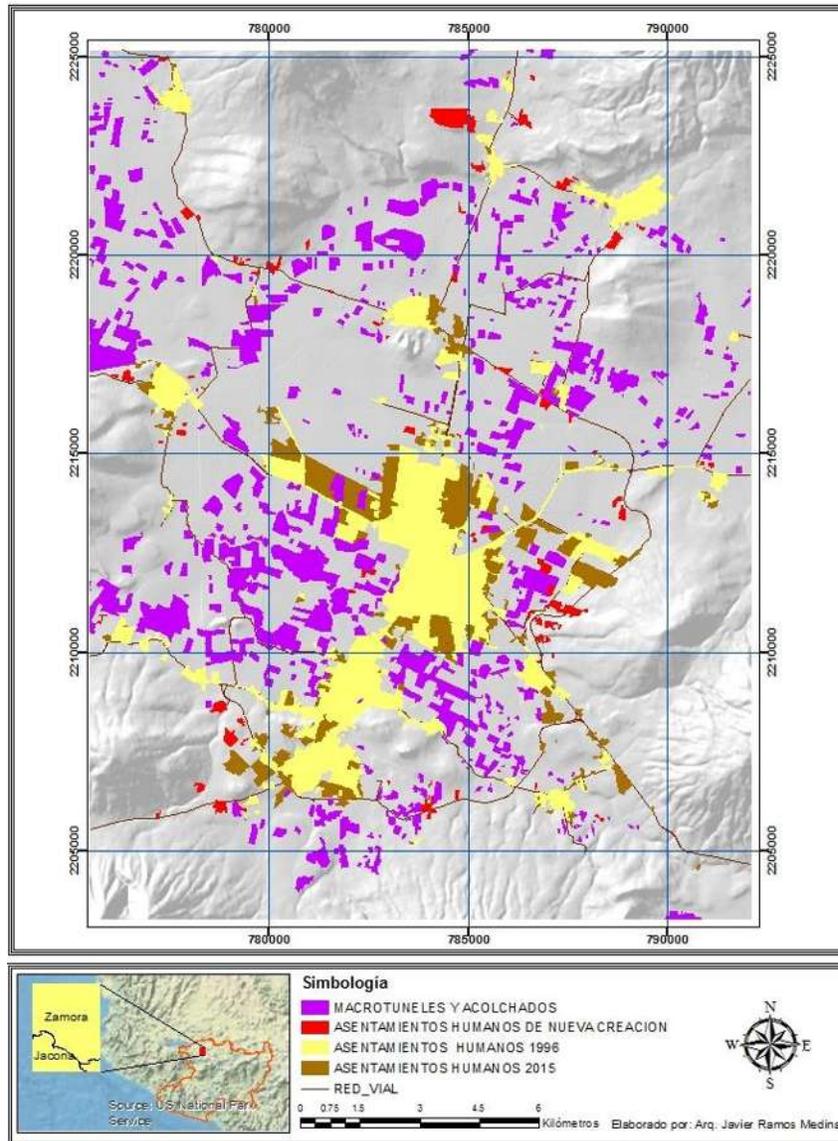
Figura 11: Porcentaje de ocupación en el sector primario.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (1990, 2000, 2010, 2015).

De acuerdo con Pedro Luis Benítez Vélez, delegado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Michoacán cuenta con una superficie tecnificada de 3,500 ha; en donde se tiene una demanda anual de 4 millones 600 mil jornales, lo que representa 17 mil 759 empleos permanentes por ciclo en el campo, adicionando 3 mil 955 empleos generados en la agroindustria; 368 empleos en la proveeduría de maquinaria y equipos, 60 prestadores de servicios y 226 empleos en el transporte, además de 6 mil 074 empleos indirectos a lo largo y ancho de las actividades de esta cadena productiva (SAGARPA, 2014). Bajo este contexto, y a pesar de que en 1996 la categoría de macrotúneles y acolchados era inexistente, es posible decir que en 2015 más del 70% de la superficie con alta tecnificación (acolchados más macrotúnel) se encuentra en la zona bajo estudio de esta investigación, con un total de 2,751 ha; además de 213 ha con media tecnificación (acolchados) (Figura 12).

Figura 12: Distribución de asentamientos humanos, acolchados y macrotúneles 1996 y 2015.



Nota: La categoría de macrotúneles y acolchados no existía en 1996.

Existe una relación espacial entre la distribución de superficie tecnificada y los asentamientos humanos de nueva creación; ambos se localizan en mayor medida dentro del municipio de Zamora. Esto se debe principalmente a la extensión de dicho municipio cuya superficie de ricas tierras para la agricultura no es comparable con la de Jacona; originando una mayor superficie tecnificada sobre el primero y, por lo tanto, mayores oportunidades de trabajo para la población. En consecuencia, el 65% de la expansión del conjunto de asentamientos

humanos se dio sobre cultivos de riego y humedad; el Área Metropolitana de Zamora-Jacona el 73% y el resto de los asentamientos humanos el 47% (Cuadro 7).

Cuadro 7: Coberturas sobre las cuales se expandieron los asentamientos humanos.

Categoría	Coberturas sobre las que crecieron	Superficie absorbida	
		Ha	%
Zamora-Jacona	Selva baja caducifolia	2	0.3
	Matorral	12	1.5
	Pastizal	15	1.9
	Cultivos de temporal	37	4.7
	Cultivos de riego y humedad	582	73.4
	Huertos	1	0.1
	Otros asentamientos humanos	51	6.4
	Lotes baldíos	93	11.7
	Total	793	100.0
Otros asentamientos humanos	Selva baja caducifolia	96	16.7
	Matorral	18	3.1
	Pastizal	7	1.2
	Cultivos de temporal	65	11.3
	Cultivos de riego y humedad	271	47.0
	Lotes baldíos	119	20.7
	Total	576	100.0

Por otra parte, de acuerdo con los usos de suelo sobre la categoría “otros asentamientos humanos” el porcentaje de espacio construido y vacío urbano es de 99.3% y 0.7%, respectivamente en los dos años de estudio, siendo el uso de suelo habitacional comercial el de mayor crecimiento (56.9%), seguido de los conjuntos habitacionales (19.8%) (Cuadro 8). En conjunto estos dos usos de suelo representan el 86.9% de la superficie construida y el 86.3% de la superficie total de la categoría otros asentamientos humanos en el 2015. Cabe mencionar que en 1996 no existían conjuntos habitacionales en esta categoría y los existentes en 2015 son considerados como localidades rurales, los cuales se encuentran a una distancia no mayor de 3.5 kilómetros del continuo urbano de Zamora-Jacona.

De manera adicional, en otros asentamientos humanos se observa un crecimiento porcentual importante (20%) a través de escuelas, grandes comercios e industrias; las escuelas principalmente en las cercanías de las localidades urbanas y la mayor parte de grandes comercios e industrias junto a la carretera que comunica al AM Zamora – Jacona con la localidad de La Rinconada. Es por ello, que la Rinconada es localidad urbana, después de Zamora-Jacona, con la mayor expansión.

Cuadro 8: Expansión de otros asentamientos humanos por categoría de uso de suelo.

EXPANSION Y USO DE SUELO EN OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS												
Uso de suelo			1996			2015			Crecimiento 1995-2015			
Clasificación 1	Clasificación 2	Clasificación 3	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	% crecimiento
Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales	0.0	0.0	0.0	102.8	7.6	7.5	102.8	19.8	19.7	-
		Zona habitacional comercial	781.1	92.7	92.1	1,080.1	79.3	78.8	299.0	57.6	57.3	38.3
		Escuelas	7.0	0.8	0.8	24.3	1.8	1.8	17.4	3.3	3.3	249.4
		Grandes comercios	2.9	0.3	0.3	54.5	4.0	4.0	51.6	9.9	9.9	1754.1
		Deshuesaderos	1.8	0.2	0.2	7.7	0.6	0.6	5.9	1.1	1.1	-
	Zona Industrial	Industrias	42.3	5.0	5.0	76.2	5.6	5.6	33.8	6.5	6.5	79.9
	Areas verdes y recreación	Areas verdes y recreación	5.7	0.7	0.7	10.9	0.8	0.8	5.1	1.0	1.0	90.0
	Cementerio	Cementerio	1.7	0.2	0.2	5.1	0.4	0.4	3.4	0.6	0.6	199.4
Total superficie construida			842.5	100.0	99.3	1,361.5	100.0	99.3	519.0	100.0	99.4	61.6
Vacío urbano	Lotes baldíos	Lotes baldíos	5.7	100.0	0.7	8.9	100.0	0.7	3.2	100.0	0.6	55.4
Total vacío urbano			5.7	100.0	0.7	8.9	100.0	0.7	3.2	100.0	0.6	55.4
Total absoluto			848.3	-	34.9	1,370.4	-	36.6	522.2	-	39.8	61.6

En fila texturizadas, los usos de suelo con mayor crecimiento.

Para el continuo urbano de Zamora – Jacona la expansión fue de 793 ha (50.2%), en mayor medida dentro del municipio de Zamora (585 ha) con una orientación preferencial al norte y noroeste; en lo correspondiente a Jacona, el crecimiento fue de 208 ha, principalmente al sur. En 1996, las proporciones de superficie construida y vacío urbano en la ciudad era de 93.8% - 6.2%, y de 86.8% - 13.2% en 2015; el decremento de siete puntos porcentuales sobre la superficie construida para este último año se debe a la absorción de 214 ha de nuevos vacíos urbanos, entre ellos: lotes baldíos, acolchados, cultivos de riego y humedad, huertos, macrotúneles y pastizales, lo cual representa el 27% de su crecimiento (Cuadro 9, Figura 14 y Figura 15). Si sumamos a estas cifras las 51 ha que corresponden a la absorción de otros asentamientos humanos (Cuadro 7), se deduce que la expansión neta (espacio construido) de la ciudad de Zamora-Jacona fue de 528 ha (33.4%).

Bajo este contexto, al comparar la expansión de la ciudad de Zamora-Jacona con el resto de los asentamientos humanos sin sus respectivos vacíos urbanos, podemos ver que estos últimos tienen menor crecimiento únicamente por 9 ha de diferencia; esto significa que la expansión urbana sobre el AM y el resto de los asentamientos humanos de 1996 a 2015 fue relativamente equilibrada; debido principalmente a la creación de nuevos asentamientos de uso industrial y comercial, con una residencia de población mayormente flotante.

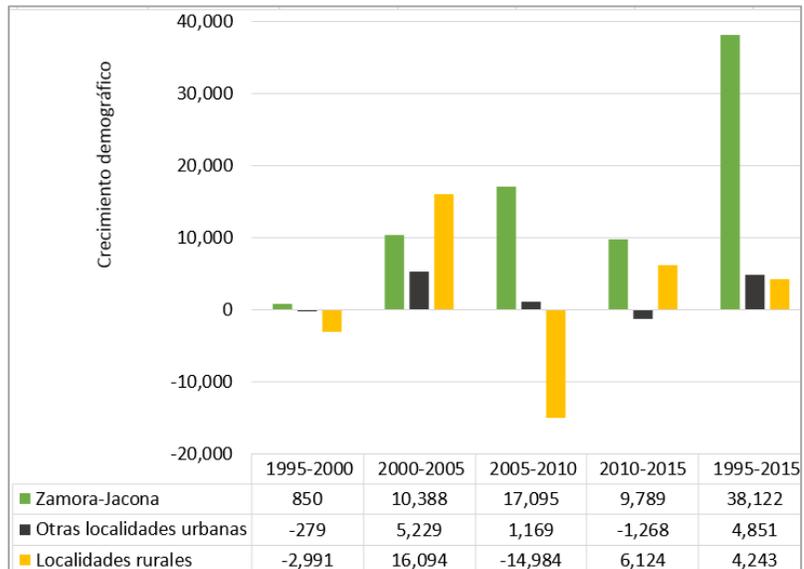
Por lo tanto, el crecimiento demográfico no ha tenido la misma tendencia en el Área metropolitana que el resto de los asentamientos humanos. Pese que al final del período analizado ambos presentan un incremento porcentual similar, 22.4% y 21% respectivamente, el crecimiento demográfico absoluto sobre el AM fue mucho mayor (Cuadro 6); lo cual se debe a un mayor crecimiento de superficie construida de uso habitacional comercial y de conjuntos habitacionales que sobre el resto de asentamientos humanos (Cuadro 8 y Cuadro 9); además el grado de ocupación sobre dichos usos es mayor en el continuo urbano, donde existe un menor número de viviendas deshabitadas y de uso temporal. No obstante, datos demográficos por quinquenio muestran que el crecimiento no siempre benefició al AM, siendo el lustro 2000-2005 (Figura 13) el de mayor beneficio para los otros asentamientos humanos, siendo las localidades rurales las de mayor crecimiento demográfico en este periodo.

Cuadro 9: Expansión del continuo urbano de Zamora-Jacona por categoría de uso de suelo.

EXPANSION Y USO DE SUELO EN CONTINUO URBANO ZAMORA-JACONA												
Uso de suelo			1996			2015			Crecimiento 1995-2015			
Clasificación 1	Clasificación 2	Clasificación 3	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% clasificación 1	% Total absoluto	% crecimiento
Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales	51.9	3.5	3.3	209.7	10.2	8.8	157.8	27.3	19.9	304.1
		Zona habitacional comercial	1233.3	83.4	78.1	1569.9	76.3	66.2	336.6	58.2	42.5	27.3
		Escuelas	46.1	3.1	2.9	66.4	3.2	2.8	20.3	3.5	2.6	44.1
		Grandes centros comerciales	8.9	0.6	0.6	8.9	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
		Grandes comercios	33.1	2.2	2.1	51.3	2.5	2.2	18.2	3.1	2.3	54.9
		Deshuesaderos	0.0	0.0	0.0	2.4	0.1	0.1	2.4	0.4	0.3	-
	Zona Industrial	Industrias	54.4	3.7	3.4	79.2	3.8	3.3	24.8	4.3	3.1	45.6
	Areas verdes y recreación	Areas verdes y recreación	47.8	3.2	3.0	64.1	3.1	2.7	16.3	2.8	2.1	34.0
	Cementerio	Cementerio	4.1	0.3	0.3	6.6	0.3	0.3	2.5	0.4	0.3	61.2
	Total superficie construida			1479.7	100	93.8	2058.5	100.0	86.8	578.8	100.0	73.0
Vacío urbano	Lotes baldíos	Lotes baldíos	53.7	54.5	3.4	117.3	37.5	4.9	63.7	29.7	8.0	118.6
	otros usos	Acolchados	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4	0.0	1.1	0.5	0.1	-
		Cultivos de riego y humedad	14.7	14.9	0.9	89.5	28.6	3.8	74.8	34.9	9.4	508.1
		Huertos	0.0	0.0	0.0	1.4	0.5	0.1	1.4	0.7	0.2	-
		Macrotuneles	0.0	0.0	0.0	29.1	9.3	1.2	29.1	13.6	3.7	-
		Pastizal	30.2	30.6	1.9	74.1	23.7	3.1	44.0	20.5	5.5	145.8
Total vacío urbano			98.5	100.0	6.2	312.6	100.0	13.2	214.0	100.0	27.0	217.2
Total absoluto			1578.2	-	100.0	2371.0	-	100.0	792.8	-	100.0	50.2

En fila texturizadas, los usos de suelo con mayor crecimiento.

Figura 13: Crecimiento demográfico por quinquenio en localidades urbanas y rurales en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. (1995 – 2010) y proyecciones de CONAP 2015.

Figura 14: Distribución de los usos de suelo en el continuo urbano de Zamora-Jacona (1996).

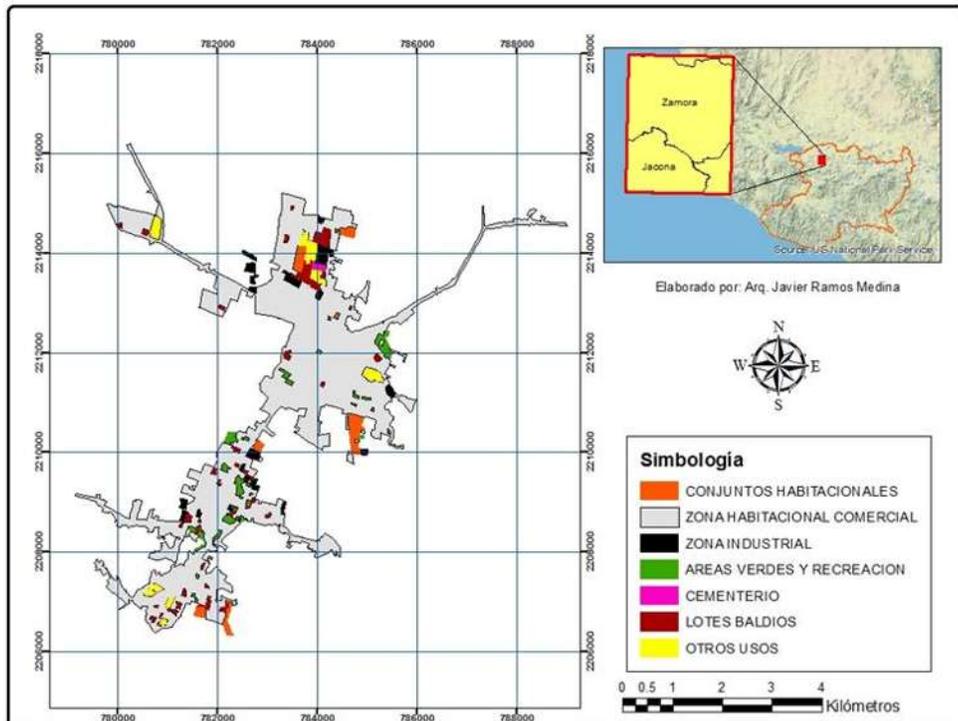
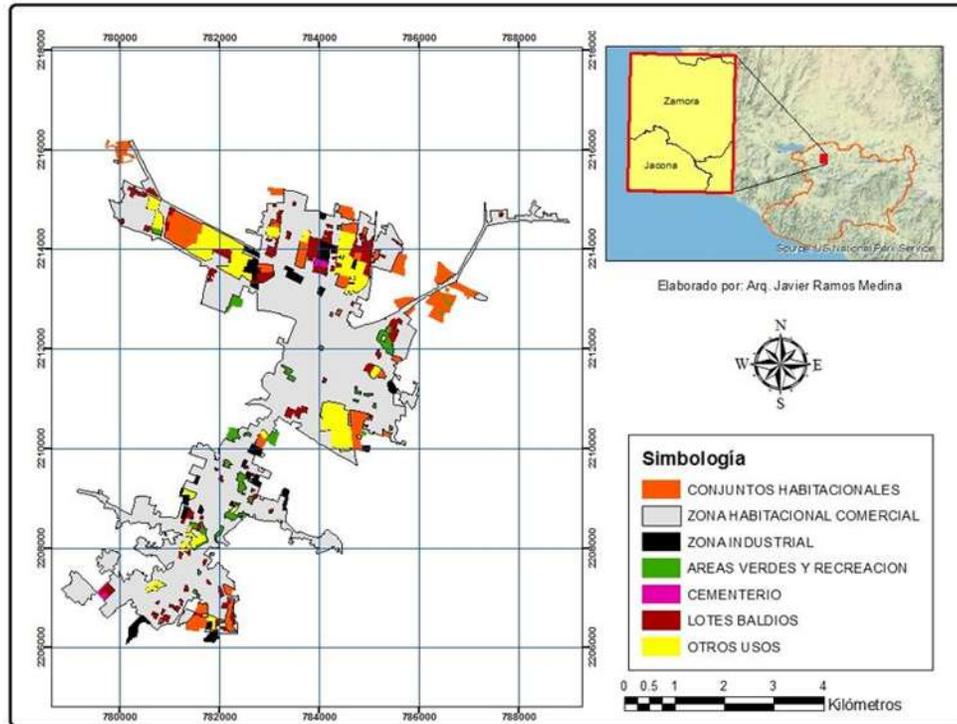


Figura 15: Distribución de los usos de suelo en el continuo urbano de Zamora-Jacona (2015).



Por otro lado, un análisis de superficie construida en el cual se clasificó el grado de densificación urbana como: superficie densificada, superficie semi-densificada, superficie poco densificada y vacíos urbanos (Cuadro 2)¹; muestra como el continuo urbano de Zamora - Jacona tiene un porcentaje de superficie densificada alrededor de 70% en los respectivos años de estudio, mientras la categoría de otros asentamientos humanos tiene apenas alrededor del 10% (Figura 16 y Figura 17).

Bajo este panorama urbano es justificada la evidente primacía de crecimiento poblacional sobre la ciudad de Zamora-Jacona, a pesar de la relativa similitud en expansión con el conjunto de otros asentamientos.

¹ Superficie densificada, cuando el porcentaje de ocupación del suelo por construcciones representan más del 75%; Superficie semi-densificada, cuando el porcentaje de ocupación radica entre el 50% y 75%; Superficie poco densificada, cuando el porcentaje de ocupación es menor al 50% pero mayor al 25%; y en los casos donde el grado de ocupación es menor al 25% son considerados como lotes baldíos o vacíos urbanos.

Figura 16: Densidad de construcción en el continuo urbano de Zamora-Jacona.

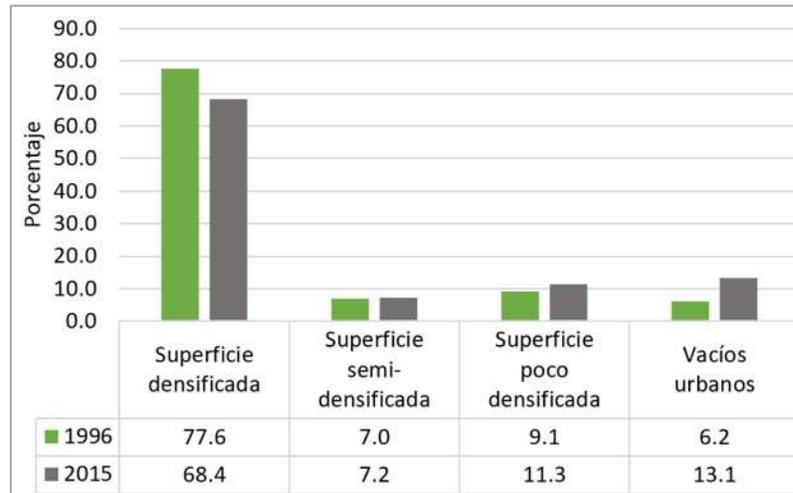
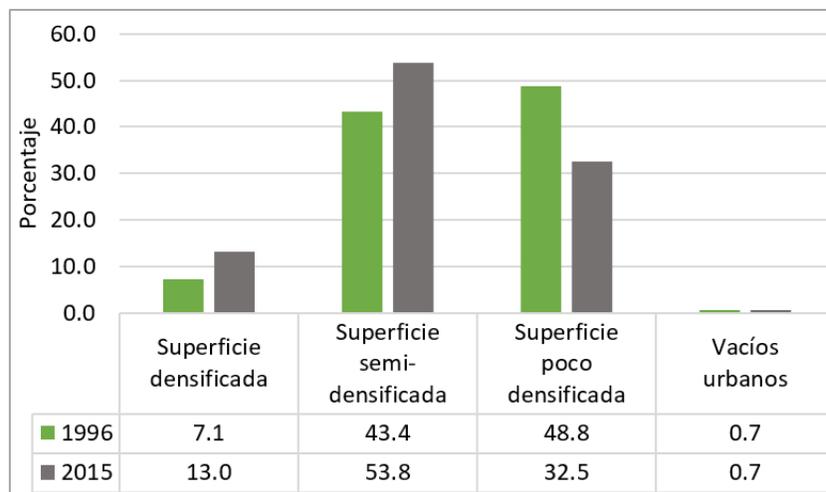


Figura 17: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.



Análisis de los cambios sobre las coberturas naturales

Diversas investigaciones de cambio de cobertura y uso de suelo señalan a las coberturas naturales como las más afectadas, principalmente por la expansión de la agricultura y de la urbanización (Ramírez- Ramírez 2001, Velázquez et al. 2003, Gómez – Mendoza et al. 2006); en cambio, en torno a la ciudad de Zamora-Jacona la dinámica de cambio más importante se ha dado sobre cultivos de riego y humedad, la cual a pesar de la importancia regional para la producción agrícola, resulta ser la más afectada al transformarse en categoría urbana por la expansión y surgimiento de nuevos asentamientos humanos.

Por consiguiente, al final del periodo analizado puede verse una recuperación importante sobre las coberturas naturales, con excepción del bosque. La selva baja caducifolia que por su extensión es la más representativa de la región, y a pesar de perder 1,413 ha, tiene una recuperación general de 1,121 ha (ganancias), principalmente sobre áreas que estuvieron cubiertas por matorrales y cultivos de temporal (77%), lo cual se refleja como un cambio neto negativo de únicamente 292 ha (Cuadro 5). Adicionalmente, el matorral tuvo una ganancia de 1,299 ha principalmente a través de selva baja caducifolia y cultivos de temporal, los cuales contribuyen con el 80.4% de su incremento; esto significa que las coberturas naturales se están recuperando principalmente a través cultivos de temporal que posiblemente hayan sido abandonados con el bum fresero, ya que no representan competencia para dichos productores dueños de tierras altamente fértiles. De acuerdo con la clasificación específica de las coberturas vegetales (Cuadro 10, Figura 18 y Figura 19), estas dinámicas de cambio se han manifestado favorablemente sobre las coberturas de Selva baja caducifolia y matorral, incrementando su superficie cerrada.

Cabe destacar que el grado de recuperación de dichas coberturas sobre cultivos de temporal puede estar relacionado con el abandono de dichos campos, los cuales no representan competencia alguna con los campos fértiles de riego y humedad y mucho menos con las tierras sometidas a la tecnificación.

Cuadro 10: Ganancias y pérdidas de superficie en coberturas naturales.

CATEGORÍA	1996 (ha)	2015 (ha)	Ganancias y pérdidas	
			ha	%
Bosque cerrado	836.3	683.3	-153.0	-18.3
Selva baja caducifolia cerrada	8262.7	8415.6	152.9	1.9
Selva baja caducifolia semi-abierta	1832.9	1880.3	47.4	2.6
Selva baja caducifolia abierta	1709.5	1218.4	-491.1	-28.7
Matorral cerrado	116.2	1333.8	1217.6	1047.8
Matorral semi-abierto	931.8	1004.2	72.4	7.8
Pastizal	327.5	600.5	273.0	83.4

Figura 18: Escenario de las coberturas naturales en 1996.

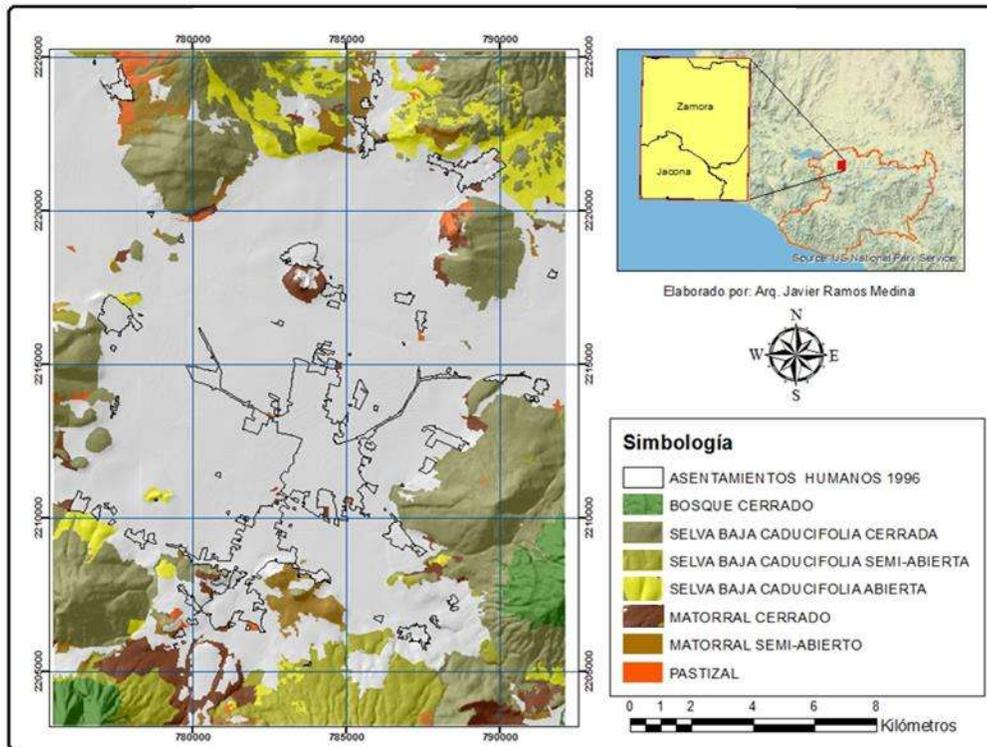
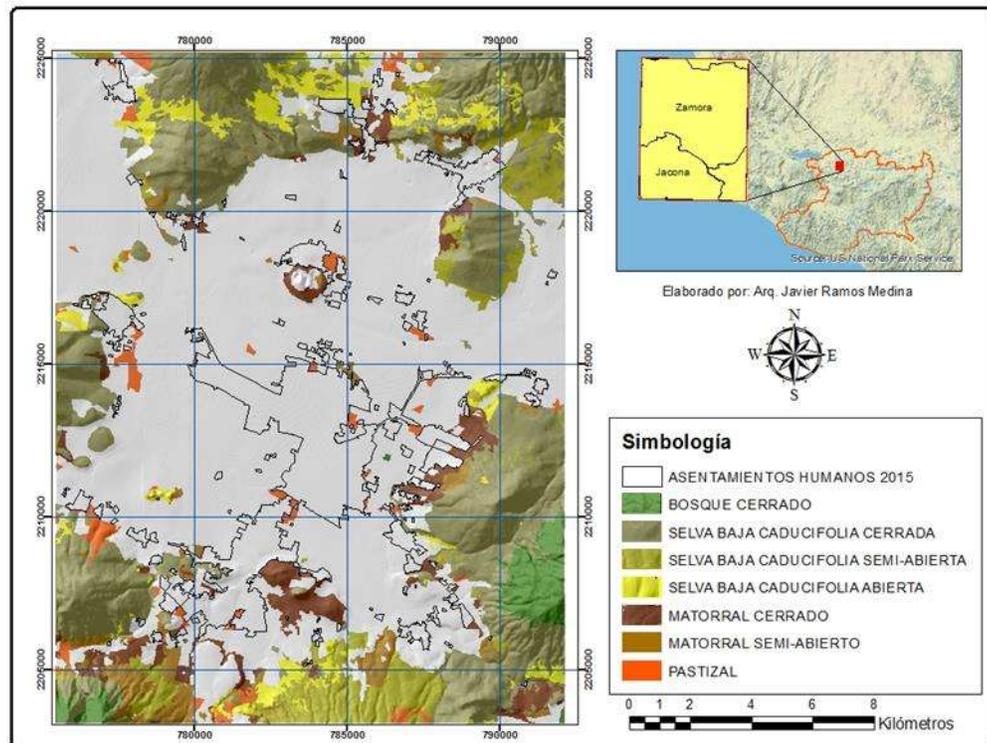


Figura 19: Escenario de las coberturas naturales en 2015.





Conclusiones

La clasificación visual de cobertura y uso de suelo a través de ortofotos e imágenes satelitales para los respectivos años de estudio permitió identificar con un alto grado de confiabilidad (96%) a los cultivos de riego y humedad como la categoría con mayor cambio en términos absolutos, seguido de la selva baja caducifolia, el matorral y los cultivos de temporal, representando el 31.2%, 22.9%, 16.3% y 15.9% del cambio total de la zona, respectivamente; siendo estas mismas coberturas las que mostraron mayor pérdida de superficie (cambio neto negativo), con excepción del matorral, cuya dinámica de cambio le ha permitido recuperar e incrementar su superficie inicial a través de otras coberturas (cambio neto positivo).

De las coberturas con mayor pérdida de superficie, los cultivos de riego y humedad fueron principalmente absorbidos por el crecimiento urbano, tanto de la ciudad de Zamora-Jacona como de otros asentamientos humanos y lotes baldíos; en el caso de los cultivos de temporal, su cambio benefició principalmente al matorral, a la selva baja caducifolia, a lotes baldíos y a cultivos de riego y humedad; y en el caso de la selva baja caducifolia, su cambio principal fue a favor del matorral, seguido de lotes baldíos, pastizal y otros asentamientos humanos.

Bajo este panorama y gracias a su relación con los factores socioeconómicos identificados, se puede concluir que la fuerza modeladora del paisaje ha sido la reconversión del agro orientada a las exportaciones. La fuerza modeladora, ha promovido la expansión y configuración urbana de manera fragmentada debido a la fuerza laboral que demanda la especialización y tecnificación en el campo para la producción y exportación de fresa a través de cadenas productivas. Lo anterior, por un lado, fomenta el crecimiento de población urbana discontinuo, diferenciado de los procesos más generalizados de crecimiento urbano nacional y estatal, convirtiendo grandes extensiones de cultivos en zonas habitacional comercial, grandes comercios y fraccionamientos entre otros usos de suelo urbano. Por otro lado, la especialización en la producción de la frutilla ha fomentado el abandono de cultivos de temporal, lo cual ha dado pauta para la recuperación de la selva baja caducifolia y a la matorralización; aunque la matorralización no queda exenta a un posible proceso de especulación para futura urbanización.

En términos generales los asentamientos humanos ha sido la cobertura con mayor ganancia de superficie en la zona, con un crecimiento de 1,316 ha (54.3%), del cual el 65% se dio sobre cultivos de riego y humedad. En el caso de la ciudad de Zamora-Jacona el crecimiento fue de



50.2%, del cual el 73% fue sobre cultivos de riego y humedad, y en el caso de otros asentamientos, el crecimiento fue de 38.2%, del cual el 52% se dio a costa de cultivos de riego y humedad. No obstante, la expansión de la ciudad involucra una importante extensión de vacíos urbanos y la absorción de otros asentamientos humanos, que de no ser cuantificada se diferencia del crecimiento del resto de asentamientos por sólo 13 ha.



9.2 Uruapan: Expansión urbana y la transformación del territorio bajo un modelo económico agroexportador

Resumen

En este trabajo se describen los patrones del crecimiento urbano y de los cambios territoriales en torno a la ciudad de Uruapan, Michoacán, a través de un análisis multiescalar de cambio de cobertura y uso de suelo y su relación con los procesos socioeconómicos de la región para un periodo de 19 años (1996 – 2015). Su análisis partió de la interpretación sobre ortofotos digitales e imágenes satelitales a través de sistemas de información geográfica (SIG) y percepción remota, generando una matriz de transición que permitió cuantificar en un área de 55,000 hectáreas un cambio general del 24%, donde las coberturas con mayor afectación por pérdidas de superficie fueron el bosque, cultivos de temporal y cultivos de riego y humedad; mientras los huertos, el matorral y la ciudad de Uruapan mostraron el mayor crecimiento, preferentemente sobre dichas categorías. Esta dinámica de cambio responde principalmente a un modelo económico basado en la producción y exportación de aguacate, impactando negativamente sobre áreas forestales con todas las implicaciones que esto conlleva, sustituyendo otro tipo de productos, como el maíz; y orientando a la ciudad a expandirse sobre huertos y cultivos de riego y humedad principalmente.

Introducción

A través de siglos de historia, México fue un país primordialmente dedicado al sector agropecuario con una población mayormente rural, incluso en 1900 el 77.1% de su población continuaba viviendo en el campo (INEGI, 1994), pero en el transcurso del siglo XX, al igual que diversos países latinoamericanos sufrió los estragos de un proceso acelerado de urbanización, posicionando al subcontinente como la región en desarrollo con el mayor porcentaje de pobladores urbanos (80% aproximadamente). Este fenómeno de urbanización está directamente relacionado con los cambios estructurales en la economía nacional, lo cual ha propiciado el abandono cada vez mayor del sector primario a favor de la industria y los servicios que de ella emanan; de tal manera que, la participación actual del sector agropecuario en el PIB nacional es de tan sólo el 3.5%.

Diversos investigadores coinciden con al menos dos grandes etapas que caracterizan la urbanización en México (Sobrino, 2011; Almanza, 2016); primero con tendencia centralizada y posteriormente descentralizada: la primera de 1940 a 1980, donde a través de un modelo



sustitutivo de importaciones basado en la industrialización manufacturera se fomentó la expansión de las grandes ciudades y zonas metropolitanas; la segunda, a partir 1980, debido a la propia decadencia del modelo sustitutivo de importaciones, así como los cambios dados en la economía global, se adoptó un modelo económico de apertura comercial, el cual fue incorporando a través de la industrialización maquiladora a diversas ciudades medias. De tal manera, hoy en día, ocho de cada diez mexicanos viven en zonas urbanas y alrededor del 35% en ciudades medias (100 – 1 millón de habitantes) (INEGI, 2010) donde la población económicamente activa se ocupa principalmente en el sector secundario (25%) y terciario (62%); de tal manera que únicamente el 11% de la población del país continúa trabajando en el sector primario (INEGI, 2015).

No obstante, existen algunas ciudades medias que han mantenido su actividad económica directamente con el agro, ya sea como actividad primaria (agricultura), como actividad secundaria (agroindustria) o terciaria (comercio y servicios orientados a la agricultura y/o la agroindustria) (Canales y Canales, 2013); tal es el caso de las ciudades de Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán pertenecientes al estado de Michoacán. En estas ciudades, el centro económico y productivo no está en la ciudad misma, sino en territorio agrario. Por consiguiente, su crecimiento urbano depende de la reconversión productiva del campo, y de su inserción en la economía global; lo cual ha originado la expansión de diversas localidades urbanas y rurales relacionadas entre sí por la agroexportación. Por otro lado, los principales cambios en el contexto geográfico se deben a la actividad agrícola en lugar de la expansión urbana como sucede normalmente en ciudades medianas y grandes.

La región de Uruapan es una de las principales zonas agrícolas del estado de Michoacán gracias a su ubicación geográfica y condiciones climáticas. Actualmente el monocultivo de aguacate representa su base económica, ocupando como municipio el primer lugar en su producción, seguido de los municipios de Tancítaro, Peribán, Tacámbaro, Ario y Salvador Escalante, con los cuales aporta el 78% de la producción estatal y el 69% del país (SIAP, 2007). Uruapan es uno de los primeros cuatro municipios que comenzaron a exportar aguacate a Estados Unidos a partir de 1997 gracias a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) de 1994 y al apoyo de la SAGARPA, a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal y el Gobierno del estado de Michoacán. Desde entonces el mercado estadounidense es el principal destino de las exportaciones, no sólo de la región, sino de todo el estado. Cabe mencionar que durante los primeros cuatro años en que se abrieron las



fronteras con el país vecino, el volumen exportado de dicha fruta pasó del 12% al 34% (De la Tejera *et al.*, 2013).

A pesar del beneficio económico que representa la producción de aguacate para la población, la expansión de sus huertos no ha sido únicamente a costa de cultivos tradicionales como granos básicos, forrajes y cultivos industriales como ha sucedido con diversos cultivos frutícolas (Bárceñas y De la Tejera, 2016), sino también de pérdida de cubierta forestal con todos los problemas que esto implica. Un estudio de cambio de uso de suelo en la meseta Purépecha en el período 1976-2005 mostró una pérdida del 23% del bosque que había en 1976 y un aumento de superficie agrícola casi de la misma magnitud (Garibay y Bocco, 2007) lo que significa que la mayor superficie de crecimiento de huertos de aguacate se ha dado sobre coberturas boscosas.

Por otro lado, Morales y Cuevas (2011) identificaron una relación directa entre la expansión de la superficie cultivada de aguacate con el incremento de corrientes de agua con algún grado de acumulación potencial de contaminación por uso de agroquímicos, donde la cuenca de Cupatitzio ocupa el primer lugar en el estado, relacionada con las áreas aguacateras de Uruapan, San Juan Parangaricutiro y Ario de Rosales.

La deforestación con fines agrícolas, en este caso, por huertas de aguacate beneficia a los productores a corto plazo, pero se trata de un modelo económico insostenible y dependiente. Por un lado, depende del agua para su riego, cuyo suministro utiliza el 80% del agua subterránea, mientras el 85% del agua de manantiales es para consumo humano (CNA 2002); sin embargo, dicho suministro está propenso a la escasez, ya que su adecuada recarga depende de la cobertura forestal. Por otro lado, al tratarse de un modelo económico de exportación dependiente del mercado estadounidense, es vulnerable a los cambios económicos internacionales; en este caso, principalmente por la renegociación de México en el TLCAN o su posible cancelación, lo cual podría repercutir social y económicamente en la región, obligando a los productores de aguacate a buscar nuevas fronteras para su exportación, implicando mayores costos de traslado y por ende un decremento de los ingresos, lo cual puede fomentar una estrategia para mejorar los rendimientos en la producción a costa de una mayor degradación ambiental.

Es indispensable realizar estudios que permitan acercarnos de manera integrada a la situación actual en la que se encuentran nuestras ciudades y al impacto de su especialización



económica en el contexto geográfico, de tal manera, que permitan identificar tendencias y/o manejos inapropiados tanto de la expansión urbana como el uso y aprovechamiento de los recursos naturales que la sustentan.

Cada vez existe mayor interés por entender el crecimiento de las ciudades y las transformaciones del territorio y así identificar y corregir inadecuadas tendencias que puedan exponer el bienestar de la población y la degradación ecosistémica; no obstante, diversos estudios se han abordado de manera independiente y desarticulados del aspecto socioeconómico; por consiguiente, no se ha podido comprender de una manera integrada dichos procesos. En el caso del crecimiento urbano, diversos investigadores han limitado su estudio ya sea a nivel ciudad o a nivel asentamientos humanos, bajo un enfoque teórico sin involucrar la cuantificación de su expansión y de los diferentes componentes de ésta, lo cual dificulta estimar la magnitud de dicho fenómeno. Por otro lado, las investigaciones en el cambio territorial se han realizado principalmente a través de análisis del cambio de cobertura y uso de suelo con un enfoque principalmente ambiental, de tal manera que dirigen su estudio preferentemente en medir y entender la deforestación, cuantificando al crecimiento urbano sólo como una cobertura más; además la mayoría de dichos estudios son abordados bajo escalas regionales, estatales o nacionales; lo cual imposibilita el reconocimiento de tendencias locales.

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar el crecimiento urbano de la ciudad de Uruapan y los cambios territoriales en su contexto inmediato a través de un análisis integrado de cambio de cobertura/uso de suelo y procesos socioeconómicos para el periodo de 1996 - 2015.

Área de estudio

Uruapan del Progreso es la segunda ciudad más grande del estado de Michoacán en términos demográficos, en ella radican 280,817 habitantes de acuerdo con las proyecciones de CONAPO (2015), lo cual representa el 6.1% de la población Michoacana y el 83.9% de la población del municipio de Uruapan según lo reportado por el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2015). Esta ciudad se localiza en la región Purépecha al centro occidente del estado (Seplade, 2005), dentro de la provincia fisiográfica del Cinturón Volcánico Transversal. Por su ubicación, la ciudad es altamente reconocida por su producción agrícola gracias a características biofísicas de la región. En el transcurso de su historia, Uruapan ha sido



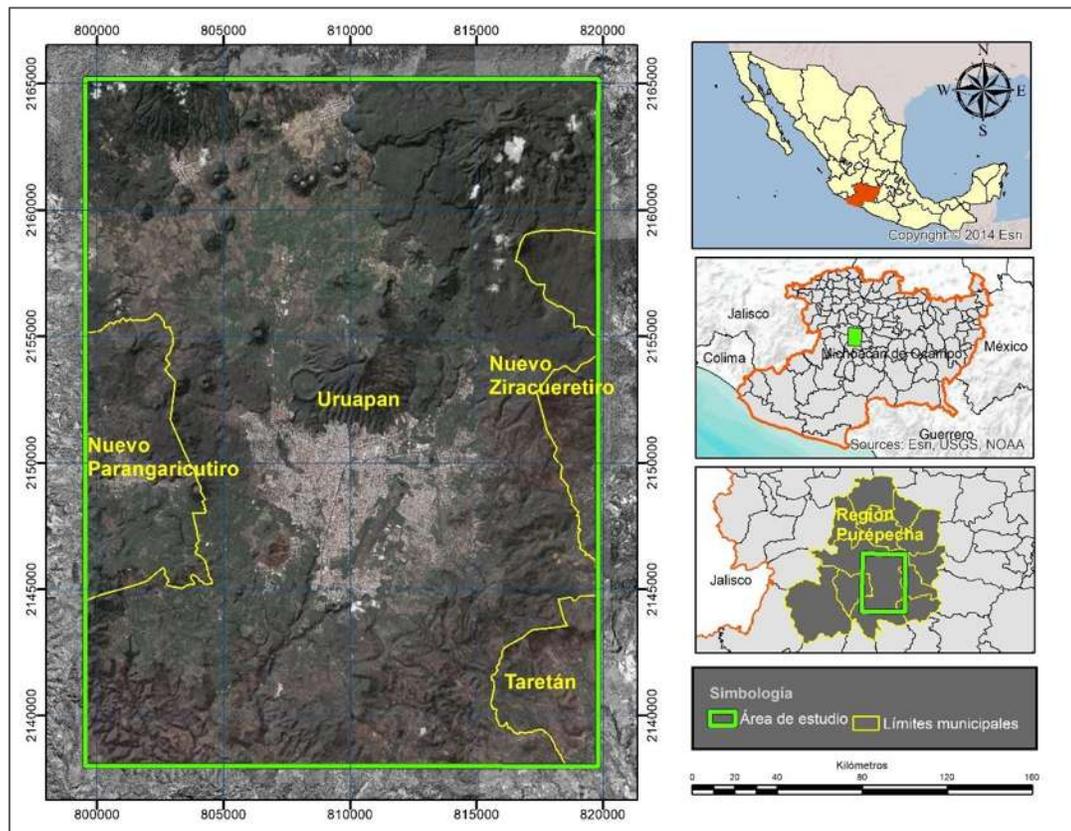
productor de Café, algodón y actualmente se ha especializado en la producción de aguacate, siendo uno de los cuatro municipios pioneros en la exportación de esta fruta a EUA en 1997, junto a Peribán, Tancítaro y Salvador Escalante (De la Tejera, 2013). Uruapan ocupa el primer lugar entre los 42 municipios productores de aguacate en el estado, muy seguido del municipio de Tancítaro (SIAP, 2007).

La delimitación del área de estudio parte de la reflexión de Jan Bazant (2010), quien señala que: *“Una ciudad está inserta dentro de una región o territorio con determinadas características ambientales y en donde hay otras ciudades de mayor o menor tamaño entre las cuales se ha tejido una estrecha interdependencia social, económica y funcional a lo largo de décadas y siglos de historia”* y, por ende, su expansión e influencia sobre el contexto geográfico no reconoce límites administrativos. El área de estudio está conformada por porciones de cuatro municipios: 46.6% del municipio de Uruapan, 17.8% del municipio de Nuevo Parangaricutiro, 10.7% de Taretán y 12.9% de Ziracuaretiro, con una extensión conjunta de 55,100 ha aproximadamente (Cuadro 1 y Figura 1), la cual se enmarca entre las coordenadas UTM mínimas X: 799,514 m, Y: 2,138,001 m y coordenadas máximas X: 819,820 m, Y: 2,165,184 m; de tal manera que engloba al continuo urbano de la ciudad de Uruapan del Progreso así como cinco localidades urbanas del propio municipio, también incluye la localidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro del municipio de Nuevo Parangaricutiro y Zirimícuaro del municipio de Nuevo Ziracuaretiro, las cuales se encuentran aproximadamente a 8-9 km y 6-7 km de la ciudad, respectivamente; que de llegar a la conurbación con la ciudad de Uruapan del Progreso se convertirá en una nueva zona metropolitana para el Sistema Urbano Nacional.

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.

Caso de estudio	Municipios	Área total de cada municipio ha	Área y porcentaje del municipio dentro de la zona de estudio		Porcentaje que representa cada municipio dentro de la zona de estudio
			ha	%	
Uruapan	Uruapan	100,699	46,972	46.6	85.2
	Nuevo Parangaricutiro	23,363	4,151	17.8	7.5
	Taretán	18,406	1,965	10.7	3.6
	Ziracuaretiro	15,904	2,056	12.9	3.7
	Total	158,372	55,144	-	100

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.



Metodología

Por tratarse de un estudio espacial semi-detallado de cobertura y uso de suelo, fue requerido el manejo de sistemas de información geográfica (SIG) así como técnicas de percepción remota, específicamente fotointerpretación en pantalla para dos fechas, lo que permite monitorear en forma retrospectiva los cambios sobre la superficie terrestre. En este estudio se utilizaron un mosaico de ortofotos digitales del año 1996 elaboradas por INEGI con una resolución espacial de 2 m e imágenes satelitales Spot6 del 2015, con una resolución de hasta 1.5 m por pixel. Además, se incluyó información socioeconómica (demografía, ocupación de la población, producción agrícola y su exportación) a través de: INEGI (1995, 2000, 2005, 2010 y 2015), CONAPO (2015), SAGARPA, SIAP (2002 – 2014) y FAOSTAT (1990 – 2013), entre otras fuentes bibliográficas de estudios de caso e información empírica, para entender tanto el proceso de urbanización como los cambios sobre su contexto geográfico.



Primeramente, se prepararon las imágenes satelitales a través de SIG, combinando las bandas 1,2 y 3 para lograr un compuesto color natural (banda multiespectral), el cual se fusionó con la banda pancromática y así aprovechar su resolución (Chuvieco & Salinero, 2002); posteriormente esta composición fue recortada por el área de estudio y georreferenciada con alrededor de 30 puntos de control homogéneamente distribuidos, tomando como base las ortofotos cuya corrección ha sido elaborada previamente por INEGI; obteniendo un error medio cuadrático de 1.7 metros, equivalente a un 85% de pixel de la base de georreferenciación (ortofotos).

Posteriormente se realizó la cartografía correspondiente de cobertura y uso de suelo para los correspondientes años de análisis. Las imágenes se desplegaron a escala 1:10,000 en un monitor de computadora y se cartografiaron objetos con un área mínima de 0.25 ha, bajo una clasificación previa de 47 categorías: 21 a nivel zona (Cuadro 2) y 26 a nivel asentamientos humanos (Cuadro 3).

La validación de la fotointerpretación se realizó a través de una matriz de confusión $n \times n$, donde n representa el número de categorías. Esta evaluación consiste en comparar al menos el 10% de polígonos por cada categoría con la realidad observada en visitas de campo en un arreglo de filas (realidad) y columnas (interpretación) (Bocco *et al.*, 2000), donde la diagonal principal de la matriz expresa el número de coincidencias (aciertos), y los valores fuera de ella, representan errores de asignación; los residuales en las filas son categorías que fueron atribuidas erróneamente a otra categoría (error de comisión) y los residuales en columnas muestran las categorías omitidas de su clase verdadera (error de omisión).

Una vez validados los datos, se realizó una sobreposición en SIG de los mapas de cobertura y uso de suelo para construir una matriz de transición, la cual permitió analizar las dinámicas de cambio. Esta matriz es una tabla con arreglos simétricos, donde los valores de las filas representan el tipo de cobertura y uso de suelo en el primer año, mientras las columnas representan las mismas categorías en el segundo año. De tal manera, cada una de las celdas de la diagonal principal de la matriz representa la superficie de permanencia (no cambio) para cada categoría, y la suma de los valores de esta diagonal dividida entre el área de estudio muestra el total de permanencia; el resto de las celdas estiman las transiciones entre categorías. Además, sobre esta matriz pudo calcularse la superficie que representa cada categoría en la zona de estudio por cada año de análisis (suma en filas indica la superficie



total de 1996 y suma en columnas indica la superficie de 2015); la permanencia total (suma de diagonal principal dividida entre el área total de la zona); el cambio total o cambio absoluto (pérdidas de superficie) por categoría (superficie total del primer año menos la permanencia); el cambio absoluto de la zona de estudio (suma de los cambios absolutos por categoría); las ganancias de superficie por categoría (superficie total del tiempo 2 menos la permanencia) y; finalmente, el cambio neto (diferencia de superficie entre ganancias y pérdidas), el cual representa un incremento o decremento de superficie inicial al final del periodo analizado.

Por otra parte, se calculó la tasa de cambio media anual en algunas categorías, principalmente en coberturas forestales, a partir de la ecuación utilizada por la FAO (1996).

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

Donde:

δn = tasa de cambio (para expresar en %, hay que multiplicar por 100),

S_1 = superficie de la categoría en el tiempo 1,

S_2 = superficie de la categoría en el tiempo 2,

n = número de años (periodo de análisis).

Finalmente, la dinámica de cambio observada se relacionó con los procesos socioeconómicos para reconocer las directrices responsables de los principales cambios de cobertura y uso del suelo en la zona.



UMSNH

Cuadro 2: Leyenda generalizada y específica de cobertura y uso de suelo a nivel zona utilizada en el área de estudio.

CLASIFICACIÓN GENERALIZADA		CLASIFICACIÓN ESPECÍFICA	
Categorías	Descripción	Categorías	Descripción
Bosque	Superficies cubiertas de vegetación arborea (pino, encino pino-encino y encino-pino).	Bosque cerrado	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación.
		Bosque semi-abierto	Superficie cubierta por vegetación mayor al 50% y menor a 75%.
		Bosque abierto	Superficie cubierta por vegetación mayor al 25% y menor a 50%.
Matorral	Superficies con vegetación arbustiva, la cual presenta ramificaciones desde la base del tallo.	Matorral cerrado Matorral semi-abierto	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación arbustiva. Superficie cubierta por vegetación arbustiva mayor al 50% y menor a 75%.
Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; pueden establecerse en áreas agrícolas abandonadas.	Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; incluye las áreas con matorral donde la vegetación arbustiva cubre menos del 25%.
Cultivos de temporal	Superficies destinadas a la agricultura, por lo general en suelos poco desarrollados en zonas con pendiente; dependen de la lluvia para su producción.	Cultivos de temporal	Incluye todas las zonas cultivo de temporal independientemente del tipo de producción.
Cultivos de riego y humedad	Superficies destinadas a la agricultura, aprovechando la humedad del suelo en zonas planas independientemente del ciclo de las lluvias, aún en época de seca conservan humedad.	Cultivos de riego y humedad	Incluye todas las zonas cultivo de riego y humedad independientemente del tipo de producción.
Huertos	Superficie con agricultura perenne (arborea); en este caso por la producción de aguacate.	Huertos	Incluye todos los huertos independientemente del tipo de producción.
Uruapan	Superficie continua de la mancha urbana de la ciudad de Uruapan; incluye superficie construida (edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Superficies al interior del continuo urbano sin construcción.
Otros asentamientos humanos	Otros continuos urbanos; incluye superficie construida (edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Toda área al interior del continuo urbano sin construcción.
Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.	Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.
Cuerpos de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales.	Cuerpo de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales
Área sin vegetación aparente	Superficies sin vegetación alguna, a excepción de los asentamientos humanos.	Banco de material	Lugar explotado para la obtención de material para la construcción (roca, arcilla, grava, arena, etc).
		Área sin vegetación aparente	Toda superficie con suelo desnudo o roca desnuda.

Cuadro 3: Leyenda general y específica por usos de suelo al interior de los asentamientos humanos.

GENERAL	SEMI-GENERAL	ESPECIFICA POR USOS GENERALES	ESPECIFICA POR USOS PARTICULARES
CIUDAD DE URUAPAN	Superficie construida	Zona habitacional - comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas Centros comerciales Grandes comercios Deshuesaderos
		Zona Industrial	Zona Industrial
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación
		Aeropuerto	Aeropuerto
		Cementerios	Cementerios
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos
		Otros usos	Bosque Cuerpo de agua Cultivos de riego y humedad Huertos Pastizal
		Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas
		Zona industrial	Industrias
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación
OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS	Superficie construida	Cementerios	Cementerios
		Basurero	Basurero
		Lotes baldíos	Lotes baldíos
		Otros usos	Cultivos de riego y humedad Huertos
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos
		Otros usos	Cultivos de riego y humedad Huertos

Resultados y discusión

En la primera fase de este apartado se da a conocer el grado de fiabilidad global y por categoría en la fotointerpretación; la segunda fase del estudio parte de un análisis general del cambio de cobertura y uso de suelo en la zona a través de una matriz de transición, la cual engloba a 21 categorías específicas en 11 generalizadas, considerando a la ciudad de Uruapan como



una categoría independiente del resto de asentamientos humanos (cuadro 2). De esta manera se identifican cuáles han sido y donde han ocurrido los principales cambios de cobertura y uso de suelo, así como el crecimiento particular de la ciudad y del sistema de asentamientos humanos. La segunda fase incluye un análisis específico de las coberturas que mostraron mayor crecimiento al final del periodo analizado, profundizando su estudio con algunos procesos socioeconómicos, con el supuesto de que, el entender la dinámica de cambio sobre dichas coberturas permitirá entender de manera integrada la situación actual y las tendencias de la expansión urbana, así como el impacto de la especialización económica en su contexto inmediato. Finalmente, se realiza un análisis sobre la degradación de las coberturas naturales a través de su clasificación específica.

Calidad de la base de datos

La matriz de confusión indicó que todas las categorías se encuentran por arriba del valor mínimo de exactitud (80%) (Anderson *et al.*, 1976; Bocco y Valenzuela, 1988; Bocco *et al.*, 2000), donde únicamente cuatro categorías presentaron algún grado de confusión en la interpretación: El bosque (2 polígonos), que fue clasificado como huertos ya que se trataba de una zona de huertos con árboles frondosos; el matorral (1 polígono), que se etiquetó como lotes baldíos; pastizal (2 polígonos), confundido con cultivos de temporal y con lotes baldíos; por último, lotes baldíos (1 polígono), lo cuales se clasificaron como matorral. De tal manera el grado de fiabilidad global de la interpretación fue del 96% (Cuadro 4).



UMSNH

Cuadro 4: Matriz de confusión.

	Bosque	Matorral	Pastizal	Cultivos de temporal	Cultivos de riego y humedad	Huertos	Uruapan	Otros asentamientos humanos	Lotes baldíos	Cuerpo de agua	Área sin vegetación aparente	Total	Error de Comisión	Exactitud
Bosque	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	20	10.0	90.0
Matorral	0	27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	28	3.6	96.4
Pastizal	0	0	16	1	0	0	0	0	1	0	0	19	15.8	84.2
Cultivos de temporal	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0.0	100.0
Cultivos de riego y humedad	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6	0.0	100.0
Huertos	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	33	0.0	100.0
Uruapan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.0	100.0
Otros asentamientos humanos	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	19	0.0	100.0
Lotes baldíos	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	7	14.3	85.7
Cuerpo de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0.0	100.0
Área sin vegetación aparente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0.0	100.0
Total	18	27	16	19	6	35	1	19	8	4	6	161		
Error de omisión	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	5.7	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0			
Exactitud	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0	94.3	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0			

Fiabilidad global = $(18+27+16+18+6+33+1+19+6+4+6)/161 = 0.96$

Nota: error de comisión = categorías atribuidas erróneamente a otra clase: error de omisión = categorías omitidas de su clase verdadera.



Panorama general de los cambios de cobertura y uso del suelo

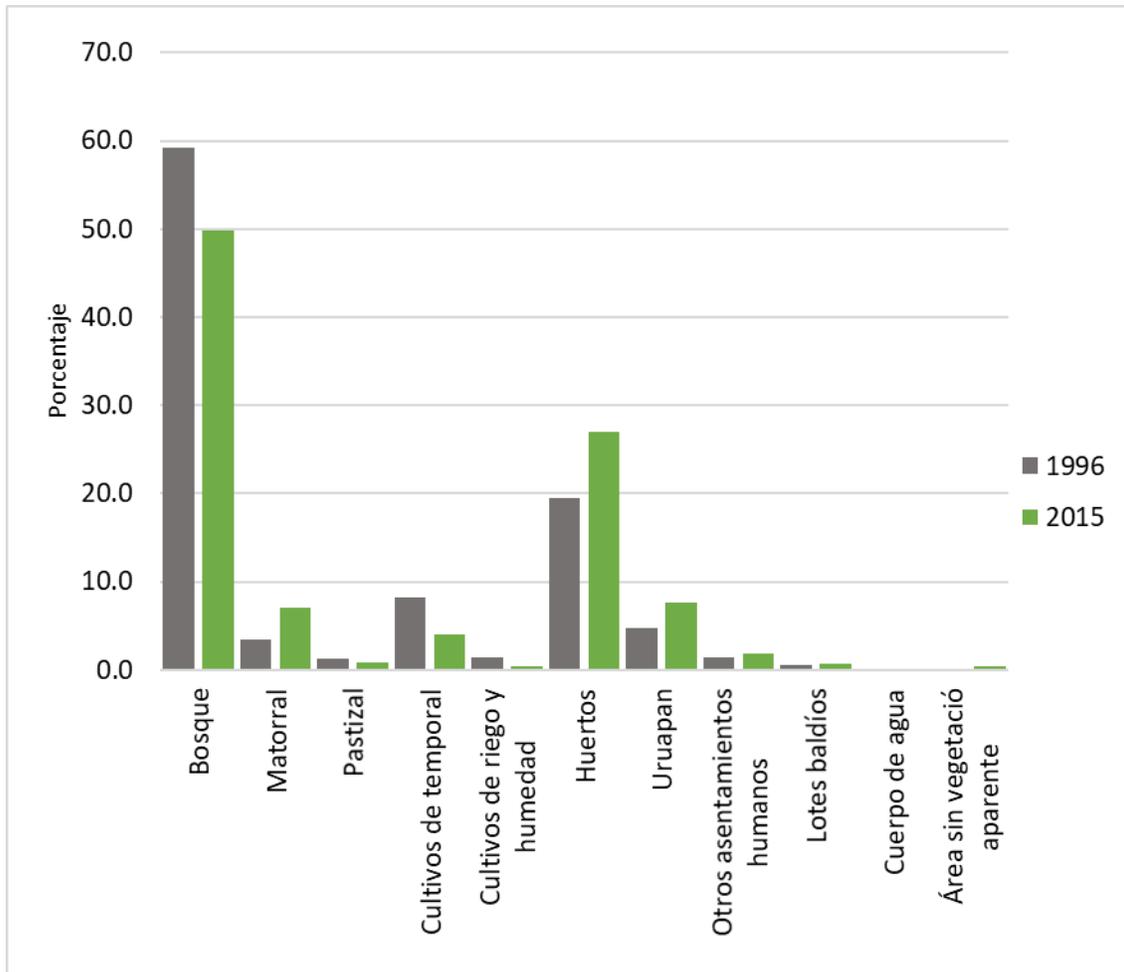
De 1996 al 2015 las coberturas predominantes fueron: el bosque, huertos, cultivos de temporal, la ciudad de Uruapan y el matorral, abarcando alrededor del 95% de la superficie del área de estudio en los respectivos años (Figura 2 y Cuadro 5). A pesar de su constante representación dentro de la zona, estas categorías han sufrido los mayores cambios en términos absolutos; representando el 86% (11,346 ha) del cambio total (13,146 ha) dentro del periodo analizado, con excepción de la ciudad de Uruapan, que por carácter de clase atractora únicamente incrementa su superficie.

No obstante, existen categorías que, a pesar de los importantes cambios mostrados, llegan a recuperar su extensión sobre otras categorías, e incluso incrementar su superficie inicial (cambio neto positivo); un claro ejemplo de este proceso sucede con: el matorral y los huertos, lo cuales incrementaron su área 106% y 39%, respectivamente.

Por consiguiente, al final del período las únicas coberturas que reportaron pérdidas fueron: el bosque, cultivos de temporal, cultivos de riego y humedad y el pastizal; esto significa que tuvieron mayor superficie de pérdida que de ganancias, mostrando una tasa de cambio media anual de 273 ha (0.83%), 120 ha (2.66%), 30 ha (3.64%) y 10 ha (1.47%), respectivamente. Esta dinámica las posiciona como las coberturas con mayor afectación en la zona, pues es a través de ellas que el resto de las categorías directa o indirectamente han incrementado su superficie. Al conjunto de este tipo de coberturas se les denominará “coberturas caducas” en el presente artículo para un manejo práctico, debido a que se trata de categorías que, de continuar con las tendencias observadas, tienen mayor posibilidad de desaparecer.

Cabe mencionar que de acuerdo con la tasa de cambio media anual (0.83%) sobre la cobertura forestal (bosque), la zona de estudio se encuentra por arriba de la tasa media anual de deforestación a nivel nacional reportada por la UNAM (0.57%) para el periodo 1993-2000 y por debajo de la media estatal reportada por CONAFORT-SEMARNAT (1.14%) para 1990-2000 (SEMARNAT, 2006).

Figura 2: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.





Cuadro 5: Coberturas y usos de suelo (1996 y 2015), permanencias y cambios.

Categoría	Superficie 1996	Superficie 2015	Permanencia		Cambio absoluto		Cambio neto	
	Ha	Ha	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bosque	32,625	27,439	26,463	81.1	6,162	18.9	-5,186	-15.9
Matorral	1,902	3,912	508	26.7	1,394	73.3	2,010	105.7
Pastizal	681	493	104	15.3	577	84.7	-188	-27.6
Cultivos de temporal	4,502	2,205	1,944	43.2	2,558	56.8	-2,297	-51.0
Cultivos de riego y humedad	823	239	204	24.8	619	75.2	-584	-71.0
Huertos	10,719	14,907	9,487	88.5	1,232	11.5	4,188	39.1
Uruapan	2,636	4,235	2,636	100.0	0	0.0	1,599	60.7
Otros asentamientos humanos	768	1,006	495	64.5	273	35.5	238	31.0
Lotes baldíos	349	433	24	6.9	325	93.1	84	24.1
Cuerpo de agua	27	40	24	88.9	3	11.1	13	48.1
Área sin vegetación aparente	111	234	108	97.3	3	2.7	123	110.8
Total	55,143	55,143	41,997	76.2	13,146	23.8	-	-

Filas sombreadas = categorías que representan mayores cambios en la zona.

Filas texturizadas = categorías con mayor incremento de superficie.

Cambio absoluto = Superficie de 1996 menos la permanencia.

Cambio neto = tendencia de ganar o perder superficie al final del período, (diferencia de superficie de 1996 y 2015); signos negativos pérdidas, signos positivos ganancias.

Las categorías que ganaron mayor superficie en el periodo analizado fueron tres: los huertos, el matorral y la ciudad de Uruapan (Cuadro 5), las cuales incrementaron su extensión principalmente a costa de las coberturas caducas. En el caso de los huertos, su mayor crecimiento fue a través del bosque, de cultivos de temporal y del matorral, quienes aportaron con el 45%, 63.2% y 47% de su cambio, respectivamente (Cuadro 6); en el caso del matorral su expansión fue principalmente sobre coberturas boscosas y de cultivos de temporal y; la expansión de la ciudad de Uruapan se dio principalmente sobre huertos, cultivos de riego y humedad, lotes baldíos y otros asentamientos humanos.

Cuadro 6: Porcentaje de Intercambio entre categorías con respecto al cambio absoluto.

2015 \ 1996	Bosque	Matorral	Pastizal	Cultivos de temporal	Cultivos de riego y humedad	Huertos	Uruapan	Otros asentamientos humanos	Lotes baldíos	Cuerpo de agua	Área sin vegetación aparente	Cambio absoluto (ha)
Bosque	-	45.0	2.5	1.9	0.0	45.2	0.8	1.3	1.5	0.1	1.7	6,162
Matorral	33.7	-	4.4	4.4	-	47.0	3.4	1.5	5.3	-	0.3	1,394
Pastizal	17.2	31.4	-	1.0	-	40.0	4.7	1.2	4.2	0.2	0.2	577
Cultivos de temporal	9.1	13.1	5.5	-	0.5	63.2	0.3	5.5	2.3	-	0.5	2,558
Cultivos de riego y humedad	1.8	0.6	0.3	0.3	-	21.0	55.4	0.3	20.2	-	-	619
Huertos	13.3	8.8	2.5	6.2	1.6	-	46.1	17.8	2.8	0.6	0.2	1,232
Uruapan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Otros asentamientos humanos	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	273
Lotes baldíos	-	-	-	-	-	-	87.1	12.9	-	-	-	325
Cuerpo de agua	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	3
Área sin vegetación aparente	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3

** En color amarillo los intercambios más importantes.*

Comparando las coberturas y usos de suelo bajo su clasificación más generalizada en los respectivos años de análisis (Figura 3 y Figura 4), podemos observar que la expansión de los huertos se ha promovido en mayor medida al norte y noroeste de la zona, dentro de los municipios de Uruapan y Nuevo Parangaricutiro; los matorrales principalmente al sureste y suroeste de la zona entre los municipios de Uruapan y Taretán, y el continuo urbano de Uruapan se ha expandido preferentemente al este y sur.

Figura 3: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.

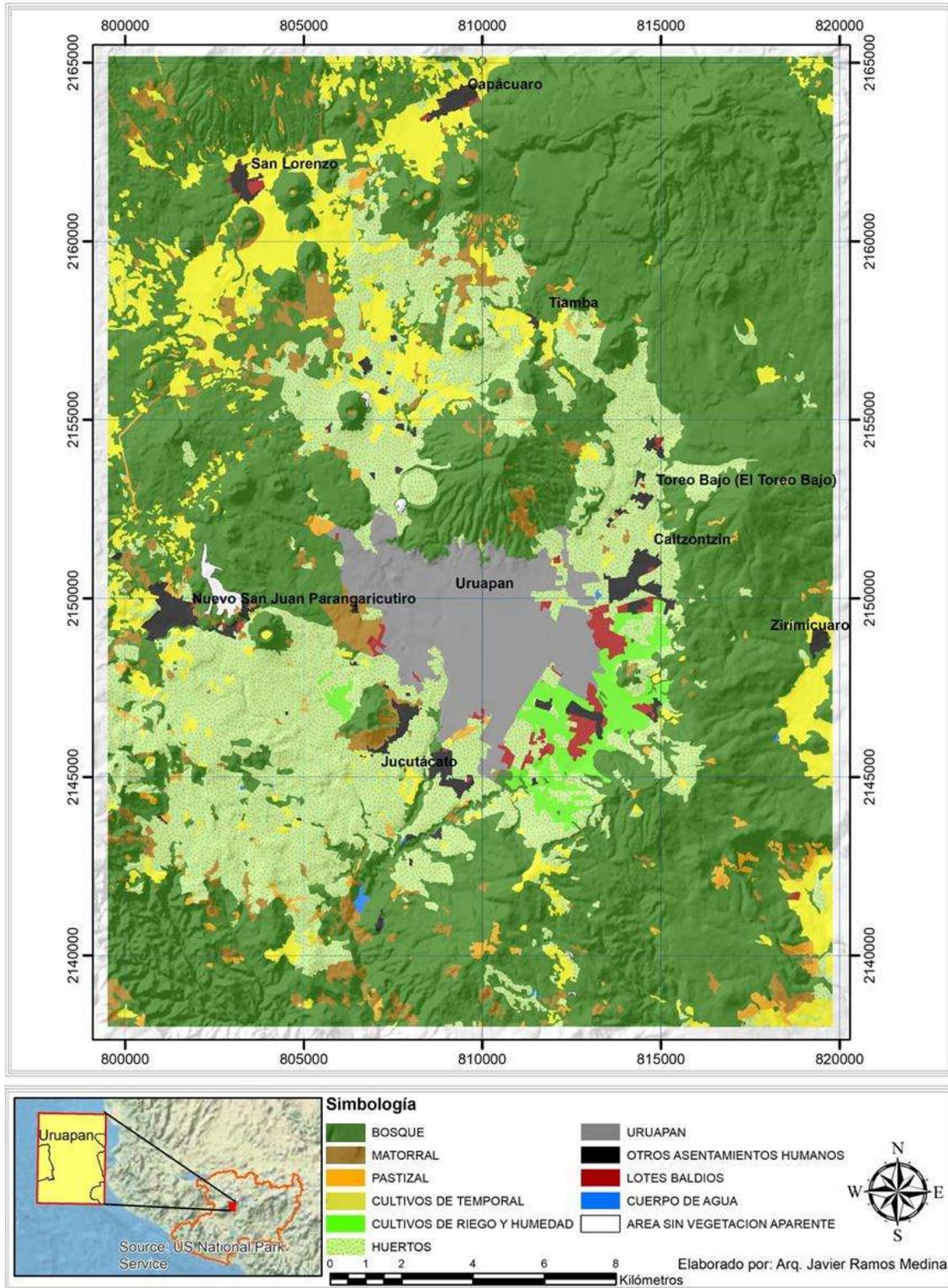
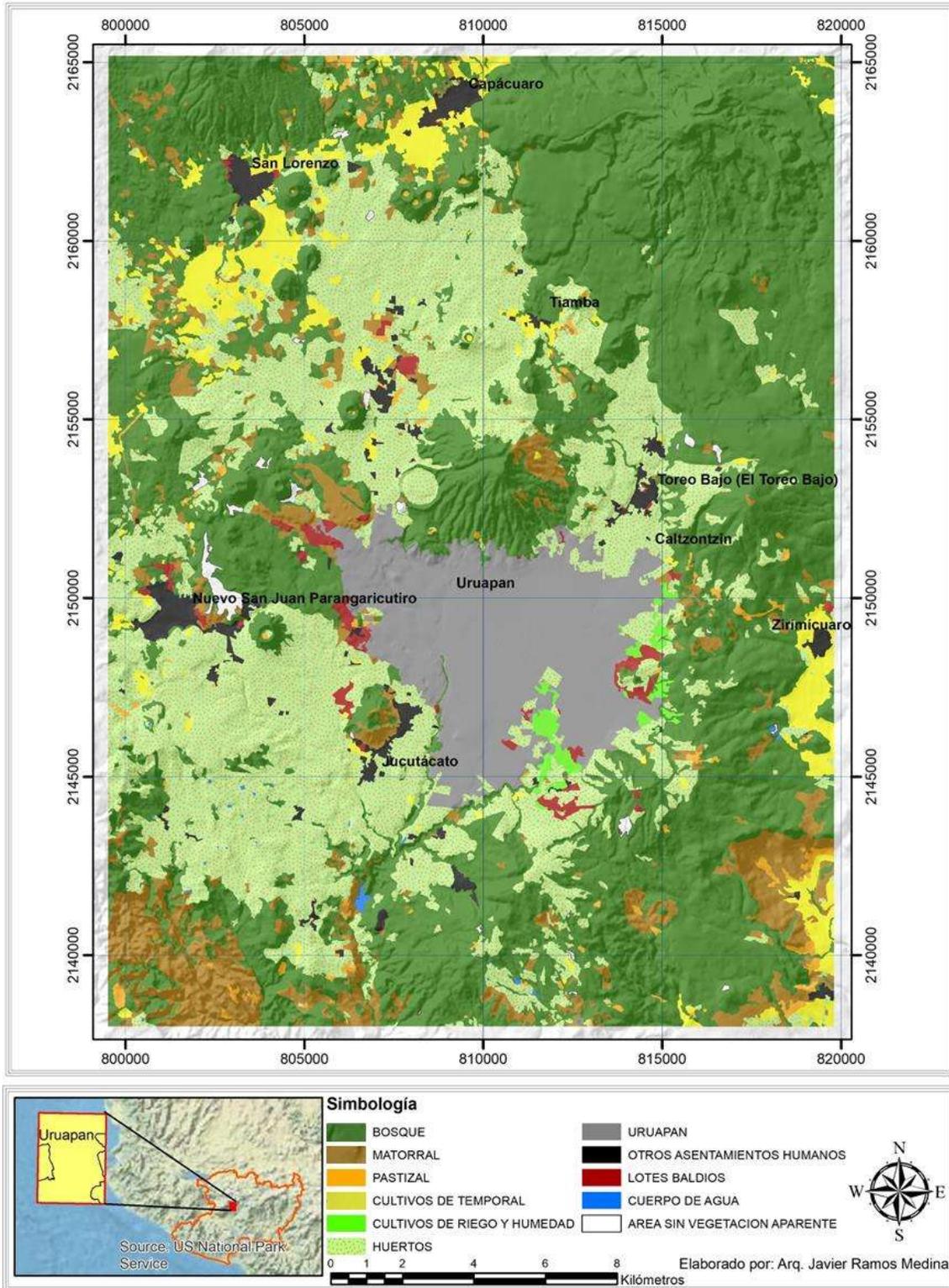


Figura 4: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.

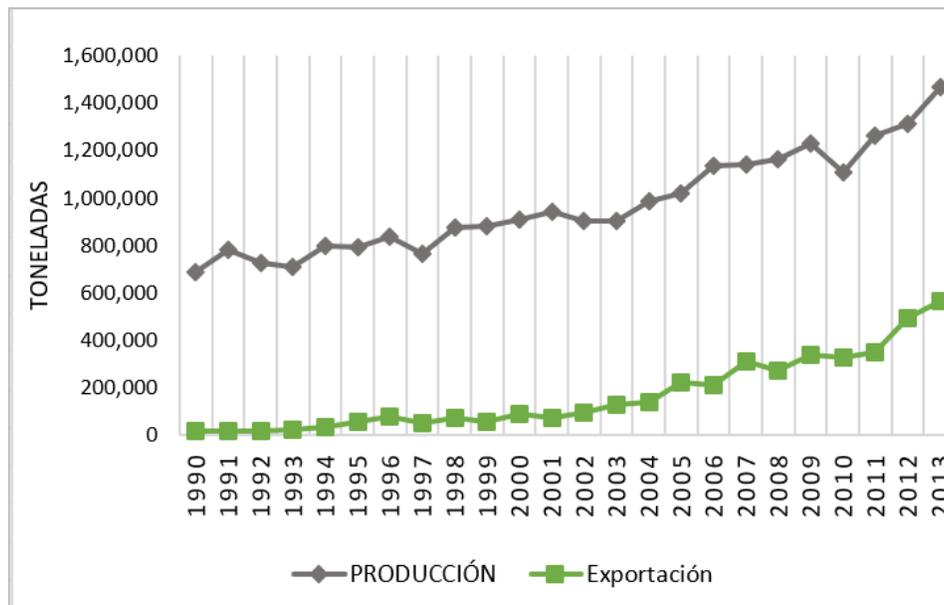


Con base en los cambios más importantes en la zona y una vez identificado las categorías con mayor grado de apropiación de superficie, se procede a explicar las dinámicas de cambio más importantes de manera específica sobre dichas categorías utilizando datos socioeconómicos.

Expansión de huertos

Como se ha mencionado, la producción de aguacate representa la base económica de la región de Uruapan, así como en la meseta Purépecha; en el transcurso de 19 años (1996-2015) la superficie destinada a este cultivo incrementó 39%, cambiando de 10,719 ha a 14,915 ha, llegando a representar en 2015 el 27% de la superficie total de la zona. Este incremento al igual que lo reportado por Morales y cuevas (2011) para la región Purépecha en 2007, se debe al crecimiento de las exportaciones, principalmente posterior a la apertura comercial con EUA mediante el TLCAN, pues a partir de 1997 el grado de exportaciones en México ha ido en incremento exponencial (Figura 5).

Figura 5: Producción y exportación de aguacate en México 1990-2013.



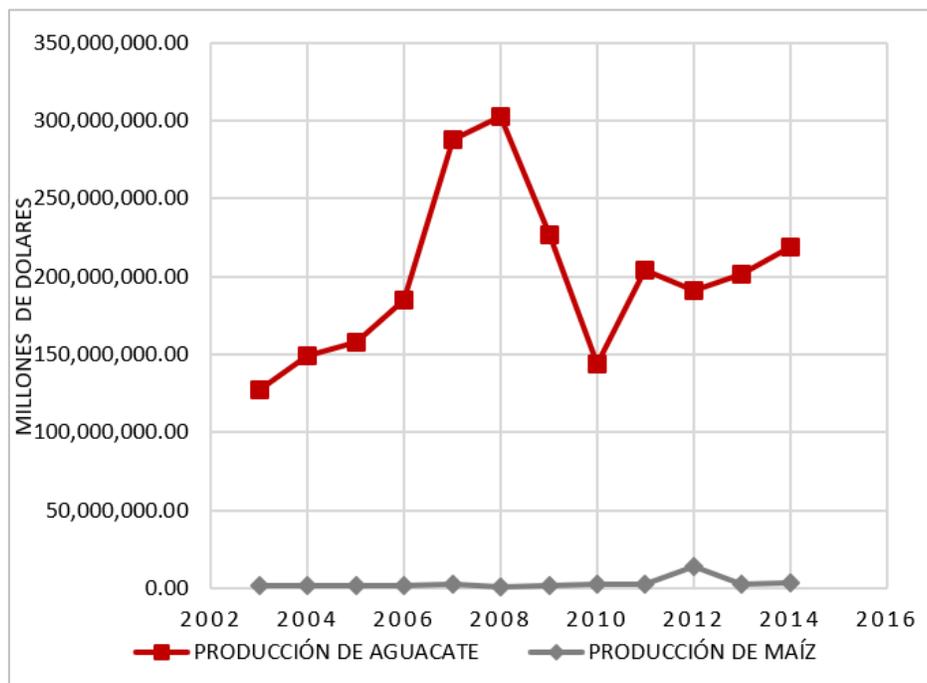
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (1990-2013).

De acuerdo con la FAOSTAT, en 1990 la exportación de aguacate a nivel nacional era únicamente del 2.5% de su producción, para 1997 incrementó a 6.5% y para el 2013 alcanzó un 38% (Figura 5); es decir, el crecimiento de las exportaciones de aguacate 1997-2013 fue

del 1,030% aproximadamente. Por otro lado, la producción creció el 92%, incrementando de 762,336 ton en 1997 a 1,467,837 ton en 2013. La demanda del fruto en el comercio internacional es precisamente el detonador de dicho cambio.

Por consiguiente, la expansión de huertos ha originado los mayores cambios de cobertura y uso de suelo en el área de estudio, contribuyendo con el 41% del cambio general; siendo la principal causa de la degradación forestal, mostrando una expansión de 2,787 ha sobre bosques; es decir, absorbió el 45% de la superficie de cambio del bosque. En segundo lugar, el huerto se ha expandido sobre cultivos de temporal con una extensión de 1,617 ha que seguramente antes del boom aguacatero eran destinados para la producción de maíz. Sin embargo, debido a las ganancias que brinda el cultivo de esta fruta en comparación con otros productos tradicionales (Figura 6), los campesinos han optado por su producción ya que les brinda mejores oportunidades de mercado y por consiguiente mayor valor monetario.

Figura 6: Valor de cultivos seleccionados en el municipio de Uruapan.



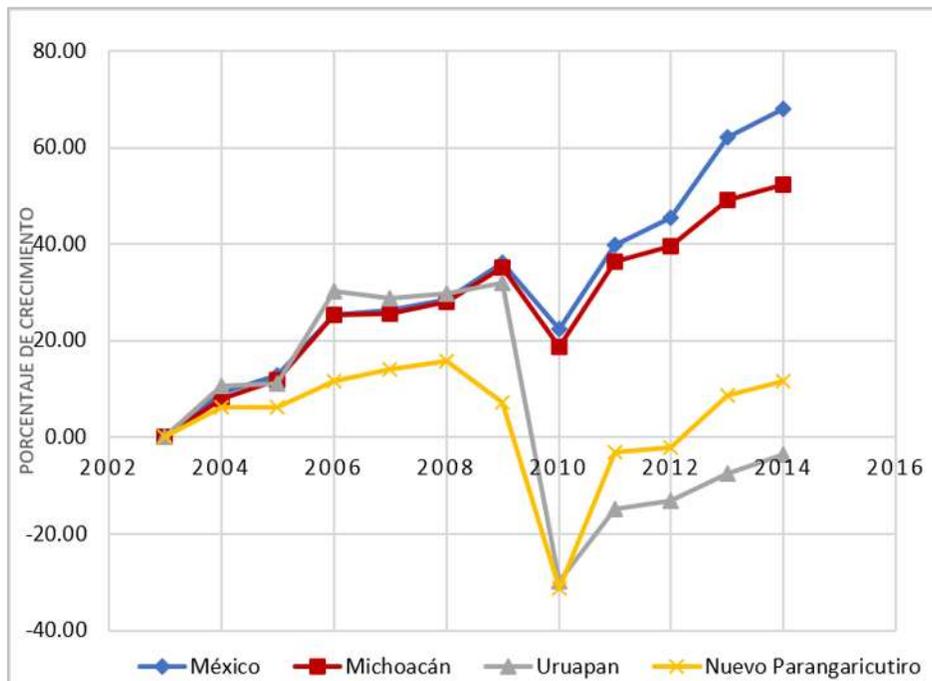
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

Incluso de acuerdo con datos del SIAP, entre los años 2006-2008 el municipio de Uruapan presentaba una tasa de crecimiento en la producción de aguacate mayor que a nivel estatal y nacional (Figura 7). Esto se debe en gran medida al apoyo para la industria aguacatera por

parte de SAGARPA a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal y el Gobierno del estado de Michoacán; logrando un incremento importante en el volumen de exportación de aguacate por parte del estado de Michoacán a los E.U.A; mientras en 2001 se enviaron 10,221 ton de aguacate, para el 2005 fueron 112,221 ton, y para 2006 superaron las 200,000 ton (SAGARPA, 2006).

Por consiguiente, puede apreciarse al noroeste del área de estudio correspondiente al municipio de Uruapan y al oeste correspondiente al municipio de Nuevo Parangaricutiro, las zonas con mayor cambio a huertos, principalmente en superficie que anteriormente pertenecían a cultivos de temporal y bosque.

Figura 7: Tendencia de crecimiento de producción de aguacate en términos relativos.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

Cada punto representa el porcentaje de crecimiento de la producción en toneladas con respecto al año 2003.

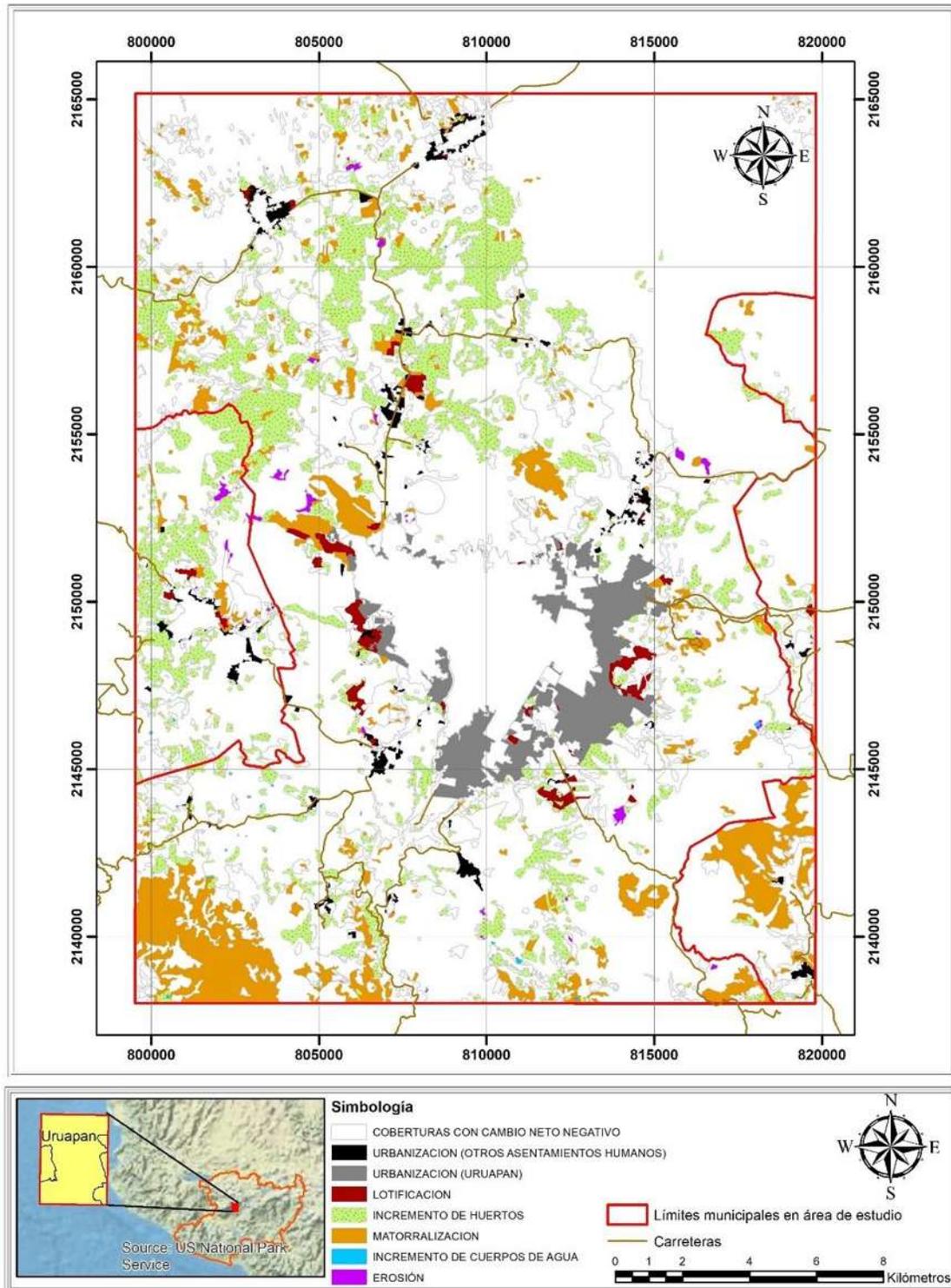
Expansión de matorrales

Por otro lado, la proliferación de matorrales se ha mantenido a pesar de ser la tercera cobertura con mayor cambio absoluto en la zona. De la superficie de matorrales existente en 1996, el 34% se convirtieron a huertos y el 25% a bosque; lo cual, de acuerdo con su superficie de



cambio, representan el 47 y 34%, respectivamente (Cuadro 6). Por otro lado, su proliferación se ha dado de manera dispersa sobre toda el área de estudio (Figura 8), ocupando anteriores campos de cultivos de temporal y principalmente al sureste y suroeste sobre superficie forestales; incluso su expansión ha invadido áreas naturales protegidas, tal es el caso del Cerro de la Cruz justo al norte de la ciudad de Uruapan, donde incluso es notorio el crecimiento de huertas de aguacate. Su cambio de uso de suelo se debe a que en las nuevas legislaciones no aparece como Zona Protegida, aunque exista un decreto presidencial que data de 1937 por el entonces presidente de la República, Lázaro Cárdenas, donde se le considera como tal. El no mantener actualizada la reglamentación del medio ambiente, propicia que se den situaciones lamentables como esta (Luna, 2016).

Figura 8: Expansión en coberturas y usos de suelo con cambio neto positivo.



Análisis del crecimiento urbano

De acuerdo con el área mínima cartografiada empleado en esta investigación se identificaron 45 polígonos de asentamientos humanos para 1996, de los cuales 40 son rurales y cinco urbanos, entre ellos el continuo urbano de la ciudad de Uruapan, sumando una extensión de 3,404 ha aproximadamente. De acuerdo con esto, la ciudad representaba el 77% de la superficie del sistema de asentamientos humanos, el resto de las localidades urbanas el 11% y las rurales el 12% (Cuadro 7 y Figura 9).

Cuadro 7: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad 1996-2015.

Tipo de asentamiento	Localidades	Superficie (ha)		Expansión (1996-2015)		Población		Crecimiento demográfico (1995-2015)	
		1996	2015	ha	%	1995	2015	Población	%
Asentamientos urbanos	Uruapan	2,636	4,235	1,599	60.7	215,449	291,133	75,684	35.1
	Caltzontzin ¹	123	0	-	-	3,866	-	-	-
	Capácuaro	65	122	57	87.7	5,658	6,893	1,235	21.8
	Toreo Bajo ²	0	73	73	-	-	4,720	-	-
	San Lorenzo	49	105	56	114.3	2,804	4,159	1,355	48.3
	Nuevo San Juan Parangaricutiro	133	202	69	51.9	11,299	15,903	4,604	40.7
	Total urbano	3,006	4,737	1,731	57.6	239,076	322,808	83,732	35.0
Asentamientos rurales	Total rural	397.7	504.3	106.6	26.8	18,988	9,985	-9,003	-47.4
Urbano + rural		3,404	5,241	1,838	54.0	258,064	332,793	74,729	29

Fuente: Datos de población y crecimiento demográfico obtenido a partir de INEGI (1995), CONAPO (2015) y regresiones lineales para localidades rurales 2015.

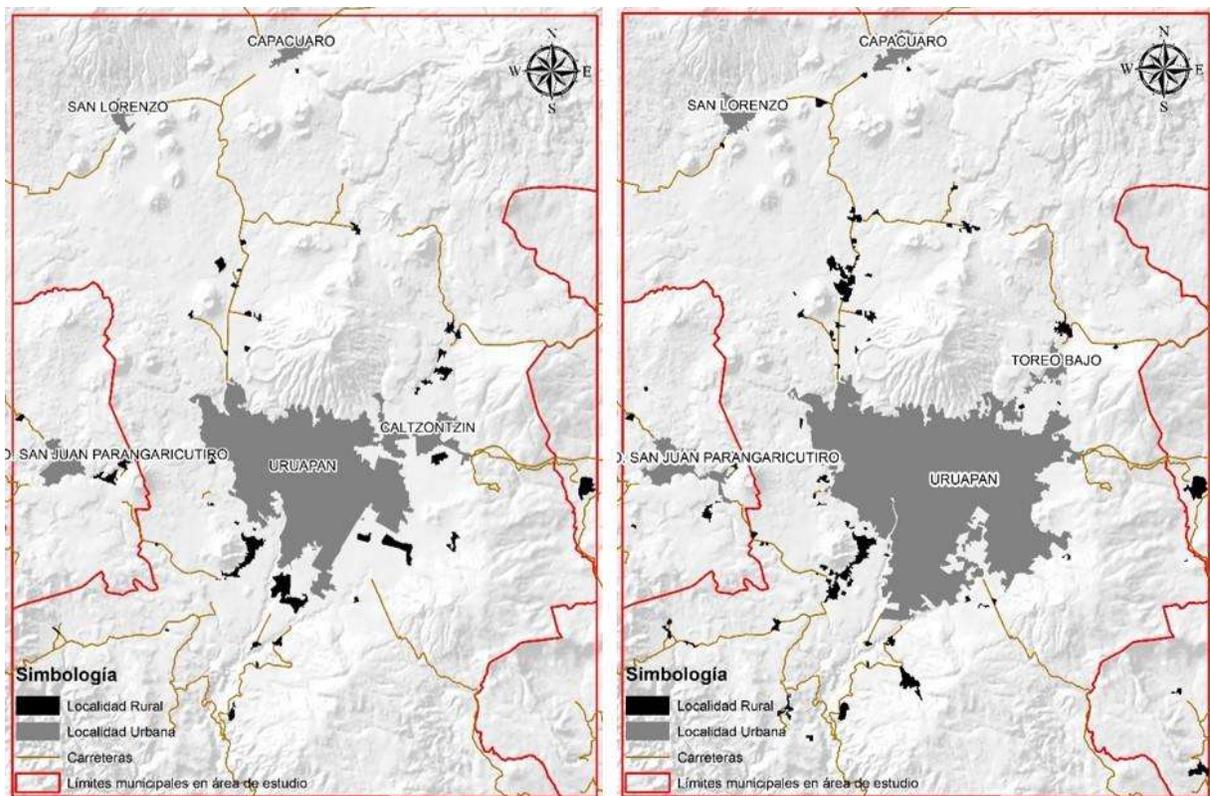
¹ La localidad de Caltzontzin no aparece en los valores 2015 ya que fue absorbida por la expansión de la ciudad de Uruapan.

² Toreo Bajo en 1996 estaba clasificada como localidad rural por su talla demográfica menor a 2,500 habitantes.

En el año 2015 el número de localidades urbanas se mantuvo, aunque la localidad urbana de Caltzontzin fue absorbida por la expansión de la ciudad de Uruapan y Toreo Bajo alcanzó el rango de localidad urbana con un total de 4,720 habitantes. En este año la ciudad de Uruapan había crecido alrededor del 61%, representando el 81% del sistema de asentamientos humanos, mientras la expansión conjunta de otras localidades urbanas fue de 135%, donde San Lorenzo tuvo el mayor crecimiento relativo (114%); a pesar de este crecimiento, la superficie que ocupan estas localidades urbanas representa únicamente el 9% del sistema de asentamientos.

En el caso rural, su incremento fue de 33 localidades, aclarando que al igual que Caltzontzin, 6 Polígonos de localidades rurales fueron absorbidos por la expansión de la ciudad de Uruapan; de tal manera que en 2015 los asentamientos rurales cubrieron una superficie de 504 ha; es decir, su crecimiento fue del 27%, lo cual es menor que la expansión conjunta de localidades urbanas en términos relativos (135%), incluso mayor que la ciudad de Uruapan del Progreso (61%); de tal manera su aportación a la superficie ocupada por el sistema de asentamientos humanos pasó del 12% al 10%.

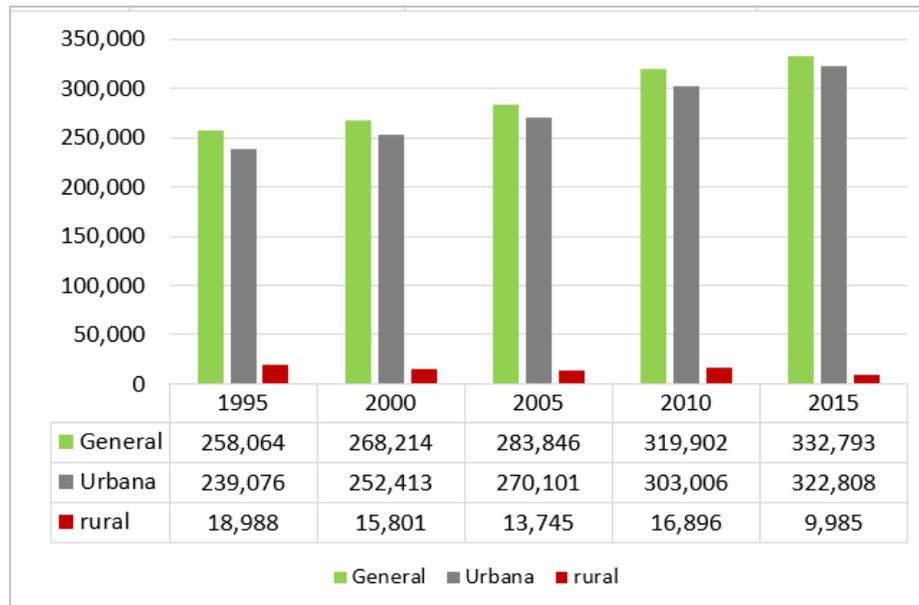
Figura 9: Expansión de asentamientos humanos (urbanos y rurales) 1996-2015.



Uruapan se ha caracterizado como uno de los municipios con mayor talla demográfica en el estado, y a pesar de que su economía está basada principalmente en la producción agrícola, lo cual demanda un importante número de empleos en el campo; más del 90% de su población continúa radicando en localidades urbanas, principalmente en la ciudad de Uruapan, la cual alberga a un 84% de la población del municipio de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010). Incluso en el área de estudio se observa un crecimiento continuo

de población urbana, principalmente en el periodo 2000-2010 mientras la población rural se encuentra en continua decadencia (Figura 10).

Figura 10: Dinámica demográfica por quinquenio en área de estudio.



Datos 1995, 2000, 2005 y 2010 obtenidos a través de INEGI.

Datos 2015 obtenidos a partir de CONAPO y regresiones lineales tomando como base datos de INEGI 1995,2000,2005 Y 2010.

En términos generales la población incrementó 29% mientras que la expansión de los diversos asentamientos humanos fue de 54%; la población urbana creció 35% mientras sus asentamientos lo hicieron un 58% y en el caso de la población rural se tuvo una pérdida de población del 47% mientras la expansión de sus asentamientos fue positivamente de 27% (Cuadro 7).

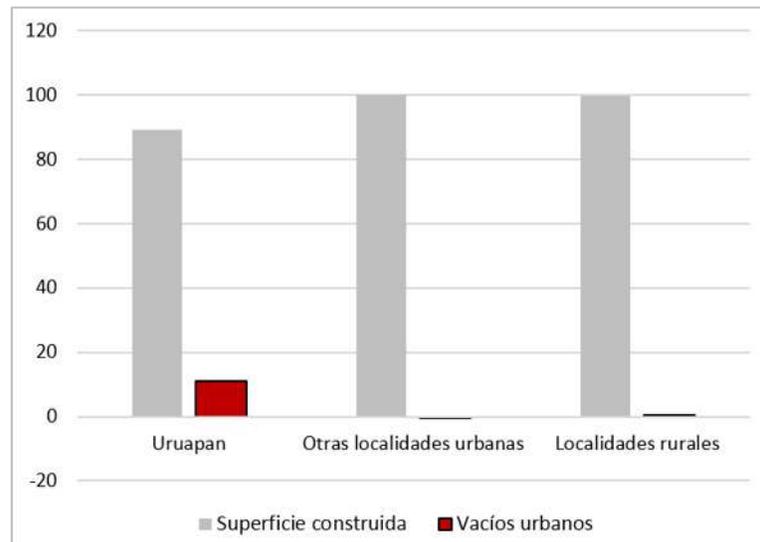
En el caso exclusivo de la ciudad de Uruapan el crecimiento demográfico fue de 35%, mientras la expansión de su mancha urbana fue e 61%; es decir, tuvo una tasa de crecimiento media anual (TCMA) en términos demográficos de 3,983 personas y una TCMA en superficie de 84 ha. De continuar con esta tendencia, en 2030 (35 años después de 1995) la ciudad podría tener un crecimiento demográfico del 65% y una expansión de 111%. Bajo este contexto y comparado con el pronóstico del UNFPA (2007) donde se prevé que las ciudades con más de

100 mil personas podrían incrementar su población un 72% y la mancha urbana un 175%; la ciudad de Uruapan se encuentra por debajo de esas cifras.

En síntesis, la expansión urbana sobre los diferentes asentamientos humanos ha sido alrededor de dos veces mayor que el crecimiento demográfico. Esto se debe básicamente a tres razones: 1) a que al interior de los continuos urbanos permanecen algunos vacíos urbanos, los cuales pueden o no tener fines urbanos (Cuadro 3); 2) que los usos de suelo por los cuales han incrementado su superficie no siempre son de uso habitacional y; 3) a que la densidad de construcción ha ido disminuyendo.

Bajo este contexto, puede apreciarse en la Figura 11 que la expansión general de asentamientos fue a través de usos urbanos (superficie construida), principalmente, donde la ciudad de Uruapan es el único continuo urbano que tuvo un porcentaje de crecimiento significativo (11%) a través de vacíos urbanos; entre ellos: huertos, pastizal, lotes baldíos, cuerpo de agua y cultivos de riego y humedad, los cuales quedaron al interior de la ciudad debido a su expansión. En el caso del pastizal y lotes baldíos seguramente se trata de proceso especulativo del suelo.

Figura 11: Expansión urbana 1996-2015 por superficie construida y vacíos urbanos por tipo de localidad.

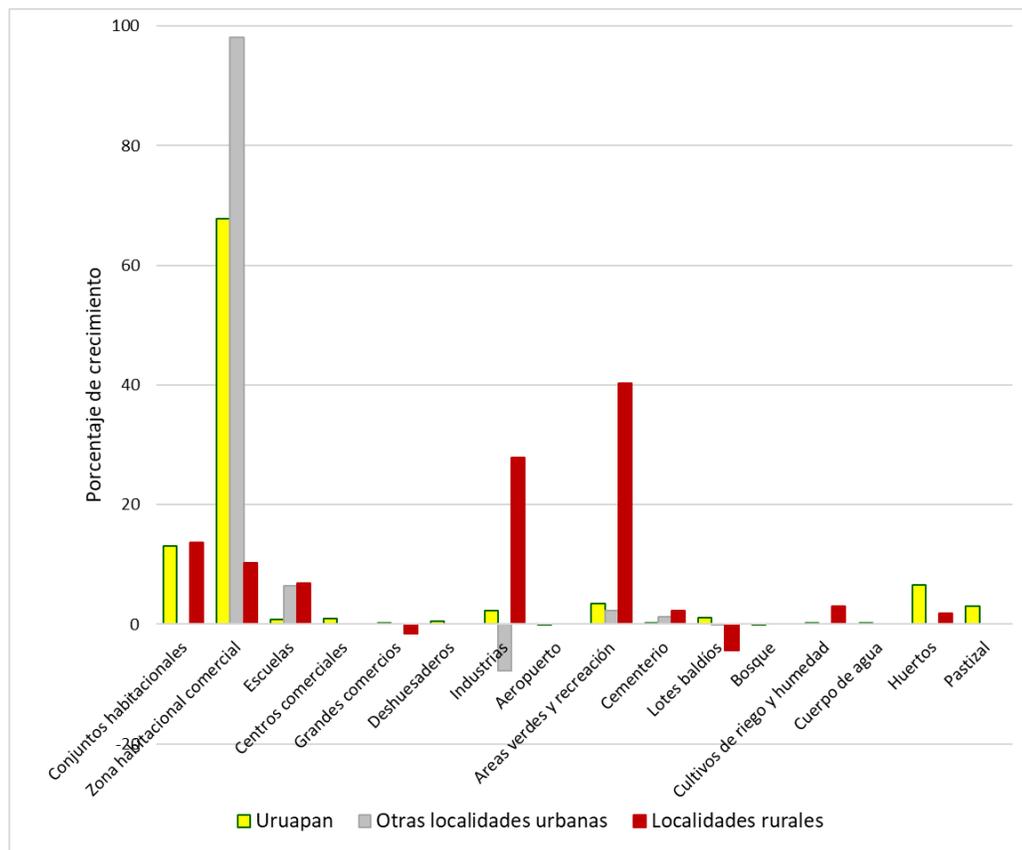


Por otra parte, los usos de suelo bajo los cuales se dio la expansión urbana en mayor medida fueron: zona habitacional comercial y conjuntos habitacionales para la ciudad de Uruapan; zona habitacional comercial para el resto de las localidades urbanas; y en localidades rurales

la expansión fue principalmente por nuevas áreas verdes y recreación, así como industrias (Figura 12). Cabe mencionar que el incremento de superficie en zonas rurales por áreas verdes y recreación en gran medida es atribuido a espacios deportivos, así como dos parques ecológicos decretados como áreas naturales protegidas: el Parque Ecológico de Capácuaro a partir de 1995 y el Parque ecológico “Lic. Salvador Bernal Murguía” en junio del 2006.

Estas cifras justifican la expansión de localidades rurales a pesar de su pérdida de población. En gran medida, esta pérdida de población se atribuye a las localidades rurales que pasaron a formar parte del continuo de la ciudad de Uruapan; y a que las localidades de nueva creación en su mayoría no son de uso habitacional (Figura 12).

Figura 12: Expansión urbana 1996-2015 por tipo de localidad por categoría de usos de suelo.



Los valores negativos representan los usos de suelo que fueron absorbidos por la expansión de la ciudad de Uruapan.

Por otra parte, la densidad de construcción en otros asentamientos humanos es mucho menor que en el continuo urbano de Uruapan (Figura 13 y Figura 14). En 1996 la proporción de

densidad de construcción en la ciudad era 48.3% de superficie densificada, 13.6% semi-densificada, 32.6% poco densificada y 5.5% de vacíos urbanos (lotes baldíos, bosque, cultivos de riego y humedad, huertos, cuerpo de agua y pastizal); mientras en otros asentamientos el 3.8% era de superficie densificada, 26.6% de semi-densificada, 68.6% de poco densificada y sólo el 1% de vacíos urbanos (lotes baldíos, cultivos de riego y humedad y huertos). Para el 2015, la proporción en la ciudad era de 55.6% de superficie densificada, 14.5% semi-densificada, 22.3% poco densificada y 7.6% de vacíos urbanos, mientras en otros asentamientos el 21.6% era superficie densificada, 30.1% semi-densificada, 47.6% poco densificada y 0.7% de vacíos urbanos.

Figura 13: Densidad de construcción en el continuo urbano de Uruapan.

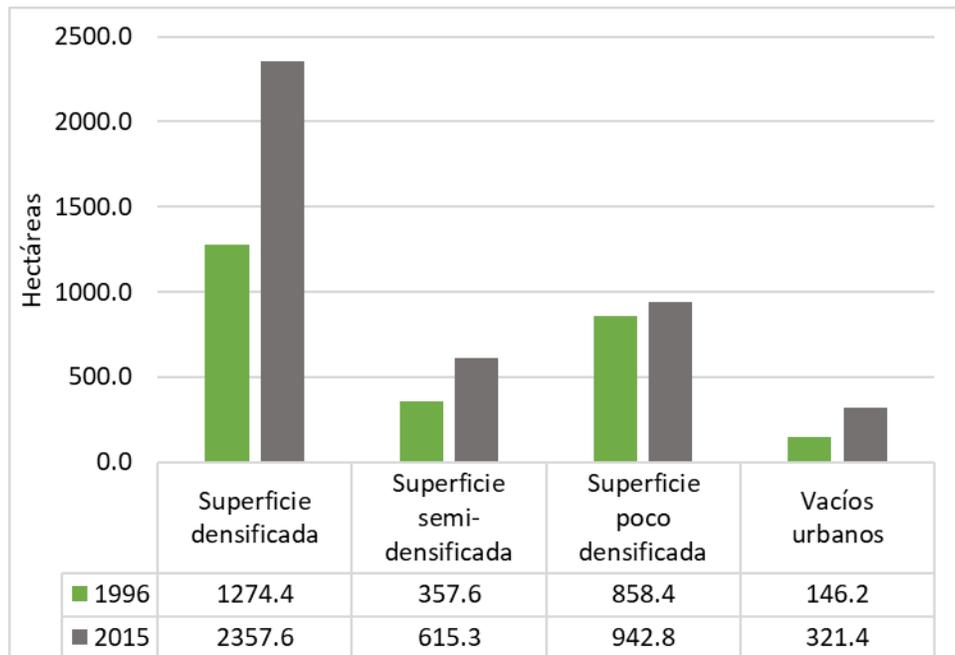
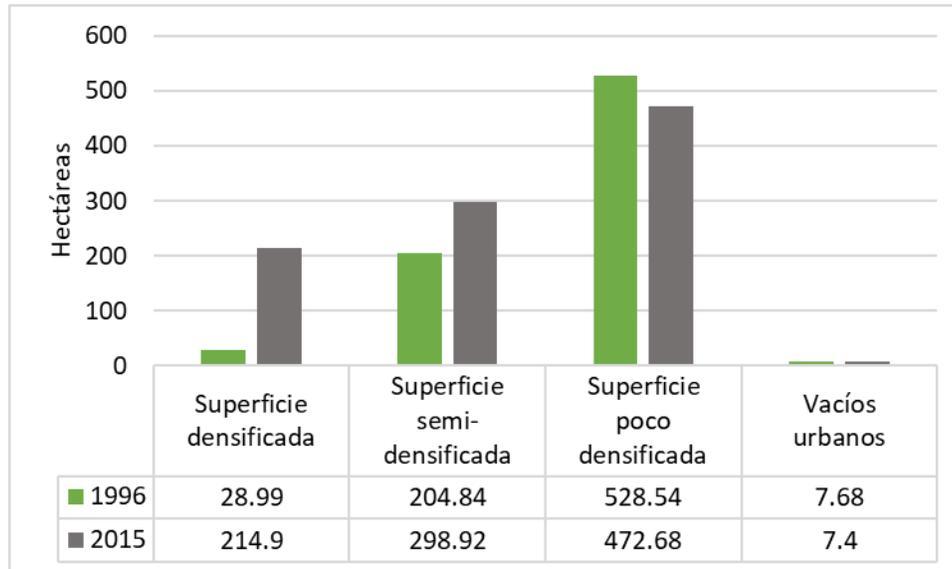


Figura 14: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.



Análisis de los cambios sobre las coberturas naturales

Como se mencionó en los apartados anteriores, el bosque es la cobertura con mayor pérdida de superficie (18.9%) en la zona de estudio, aportando con el 46.8% de su cambio total, beneficiando con el 90% de su superficie de cambio a la expansión de huertos y de matorrales. En las Figuras 15 y 16 puede visualizarse que los principales cambios sobre los bosques fue en aquellas zonas que presentaban un grado de degradación (bosque semi-abierto y bosque abierto); lo cual es preocupante al ver que para 2015 además de perderse el 21% de bosque cerrado, se ha incrementado el área de bosque semi-abierto y bosque abierto, 24.6% y 19.3% de manera respectiva, dejando propensas nuevas áreas para la proliferación de huertos de aguacate o de matorralización; en este último caso también con alta probabilidad de convertirse en huertos si continúa con la misma tendencia, además de las extensas superficies de matorral cerrado como de matorral semi-abierto ya existentes, principalmente al suroeste y sureste de la zona de estudio como al noroeste del continuo urbano de Uruapan y al norte del cerrito de la Cruz.

Cuadro 8: Ganancias y pérdidas de superficie en cobertura naturales.

CATEGORÍA	1996 (ha)	2015 (ha)	Ganancias y pérdidas	
			ha	%
Bosque cerrado	28,469.3	22,391.1	-6,078.2	-21.3
Bosque semi-abierto	1,717.2	2,140.0	422.8	24.6
Bosque abierto	2,439.5	2,910.2	470.8	19.3
Matorral cerrado	1,331.0	3,078.9	1,747.9	131.3
Matorral semi-abierto	569.7	834.3	264.6	46.5
Pastizal	682.2	492.1	-190.1	-27.9

Figura 15: Escenario de las coberturas naturales en 1996.

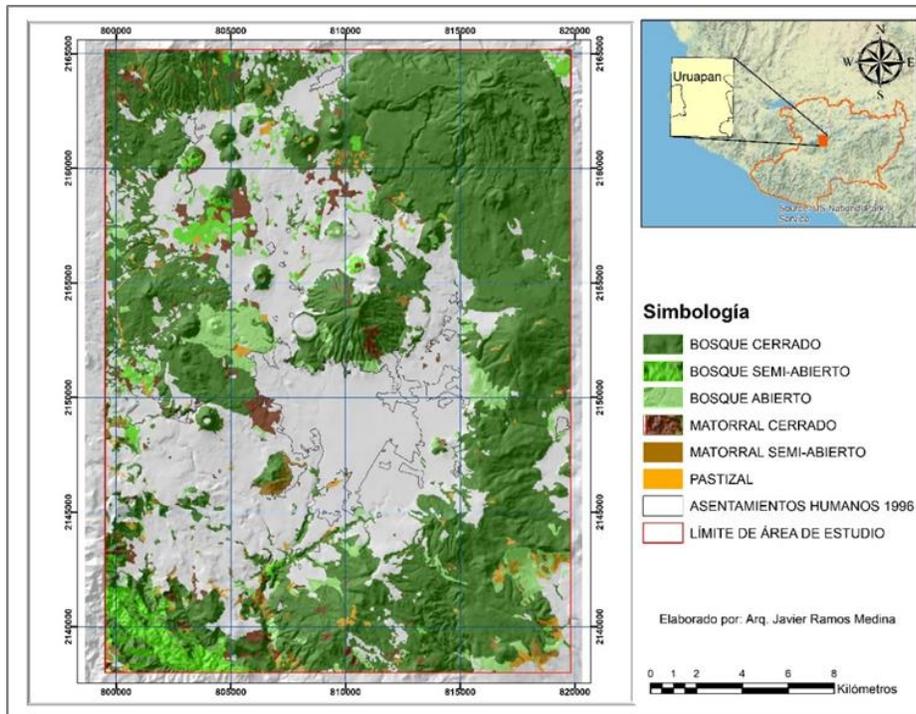
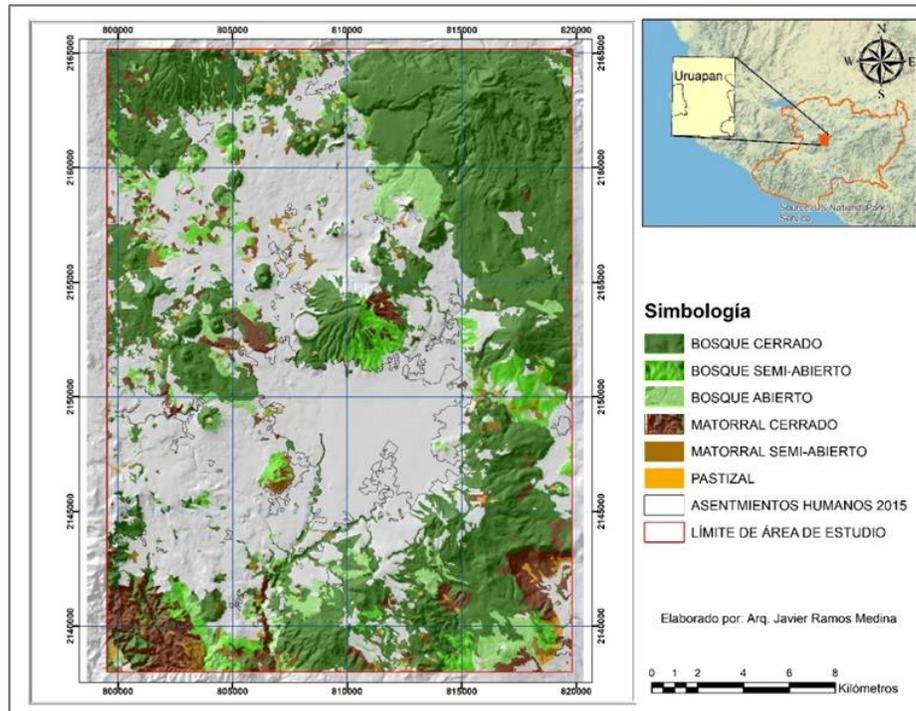


Figura 16: Escenario de las coberturas naturales en 2015.



Conclusiones

La interpretación y clasificación visual de cobertura y uso de suelo a través de ortofotos e imágenes satelitales para los respectivos años de estudio permitió identificar con un alto grado de fiabilidad (96%) un cambio general de 13,171 ha (23.9%); donde las categorías que incrementaron su superficie fueron: huertos, matorral, la ciudad de Uruapan, otros asentamientos humanos, área sin vegetación aparente, lotes baldíos y cuerpos de agua; mientras que las coberturas que perdieron superficie a través de las coberturas ya mencionadas fueron: bosque, cultivos de temporal, cultivos de riego y humedad y pastizal.

En el transcurso de 19 años los principales cambios se dieron en cuatro categorías que aportaron con el 86% del cambio total de la zona: bosque, cultivos de temporal, matorral y huertos. Sin embargo, estas dos últimas categorías no sólo lograron recuperar e incrementar su superficie inicial (principalmente a través del bosque y de cultivos de temporal), además se posicionaron como las coberturas de mayor expansión al igual que la ciudad de Uruapan, con un crecimiento de 2,012 ha (105.8%), 4,196 ha (39.1%) y 1,599 ha (60.7%), respectivamente.



De las coberturas con mayor pérdida de superficie, el 90% de la superficie de cambio del bosque benefició la expansión de huertos y matorrales, 45,2% y 44.97%, respectivamente, lo cual significa que el 90% de la tasa de deforestación en la zona se originó para la producción de aguacate con una tasa de crecimiento media anual de 147 ha, y con una tasa media anual de 146 ha para la expansión del matorral. En el caso de los cultivos de temporal, el 63% de su cambio benefició a la expansión de huertos, lo cual revela un cambio en la producción de cultivos tradicionales como el maíz de demanda nacional por uno de demanda externa, en este caso E.U.A.

Bajo este panorama y gracias a su relación con los factores socioeconómicos identificados, se puede concluir que la fuerza modeladora del paisaje ha sido la producción de aguacate para su exportación. Por un lado, tan sólo los cambios que cedieron a la expansión de huertos de aguacate representan el 32% del cambio de cobertura en la zona, sin mencionar los cambios que posiblemente representan futuros campos de huertos si continúan con la misma tendencia; y por otro, la forma de cultivo ha configurado indirectamente el crecimiento urbano sobre el conjunto de asentamientos humanos de la región.

En términos generales, la expansión del conjunto de asentamientos humanos fue de 1,824 ha (53.6%), 1,599 ha (60.7%) en la ciudad y 225 ha (29.3%) en otros asentamientos; es decir, con una diferencia de 710% a favor de la ciudad de Uruapan. Por ende, el crecimiento de población urbana ha sido positivo, pasando del 92% de residentes urbanos en 1996 a 97% en 2015, en cambio, la población rural se ha visto en decadencia, con una pérdida del 47.4%; por un lado, debido a la absorción de otros asentamientos humanos (35%) por la expansión del continuo urbano, y por otro, a que el tipo de producción no hace indispensable la incorporación de nuevos asentamientos humanos entre los huertos para su cuidado; es por ello por lo que alrededor del 70% de la expansión en localidades rurales fue a través de los usos de suelo áreas verdes y recreación e industrias y no de uso habitacional-comercial como en el caso de la ciudad de Uruapan y de otras localidades urbanas, así como de conjuntos habitacionales en el caso de la ciudad.



9.3 Crecimiento urbano y cambios de cobertura y uso de suelo en torno a la ciudad de Apatzingán

Resumen

Este trabajo intenta mejorar la comprensión de la dinámica de cambio de cobertura y uso de suelo, así como el proceso de urbanización a nivel local, bajo un análisis multiescalar de los cambios ocurridos dentro y fuera de los asentamientos humanos en torno a la ciudad de Apatzingán para el periodo de 1996 - 2015, relacionando la dinámica de cambio con los principales factores socioeconómicos de la región. Su análisis partió de la fotointerpretación sobre ortofotos digitales e imágenes satelitales en sistemas de información geográfica (SIG), generando una matriz de Markov que permitió cuantificar en un área de 57,000 hectáreas un cambio general del 39%, donde las coberturas con mayor afectación por pérdidas de superficie fueron los cultivos de riego y humedad y la selva baja caducifolia; mientras los huertos, el matorral, la ciudad de Apatzingán y otros asentamientos humanos mostraron el mayor crecimiento. Esta dinámica de cambio es la materialización de la organización de una sociedad frente a un modelo económico sustentado principalmente por la producción de limón para el mercado nacional.

Introducción

Desde las primeras civilizaciones, la fundación de una ciudad respondía a una serie de propósitos que determinaban su estructura y forma; ya fuese con intenciones defensivas, comerciales, coloniales, religiosos, entre otros, pero inevitablemente la interacción de diferentes factores (avances tecnológicos, cambios económicos y transformaciones sociales) ha reconfigurado su estructura y el sistema urbano en general a través del tiempo (Güell, 2006), incrementando su expansión, dinamismo y complejidad; al grado de albergar en 2010 a más de la mitad de la población mundial en zonas urbanas (51%) (BID, 2011). De tal manera, la capacidad de planificar y ordenar el territorio de manera eficaz ha sido rebasada, ocasionando un descontrol en el crecimiento de diversas ciudades del mundo y en el aprovechamiento racional de los recursos naturales que las sustentan; ocasionando la pérdida de diversidad biológica, cambios en el ciclo hidrológico, y la contaminación de la tierra, aire y agua. Todos estos cambios derivados de la acción del hombre se manifiestan como cambios de cobertura y uso del suelo mucho más allá de los límites de las ciudades ocasionando el desequilibrio en el funcionamiento general de los ecosistemas; lo cual repercute como problemáticas económicas, sociales y ambientales en sus propios asentamientos. Por lo tanto,



para resolver dichos desequilibrios y de esta manera fomentar al desarrollo urbano sostenible, es fundamental entender cómo funcionan realmente las ciudades (BID, 2011) y como impactan sobre su entorno natural.

De acuerdo con diversos investigadores (Gesist *et al.*, 2006; Paruelo *et al.*, 2006; Verburg *et al.*, 2006; Hersperger y Bürgi, 2007; Mertens *et al.*, 2004; Kirby *et al.*, 2006; Müller *et al.*, 2010), los cambios de cobertura y uso de suelo pueden estar en función de cinco grandes factores que repercuten de manera diferenciada a nivel local: 1) factores biofísicos, 2) factores socioculturales, 3) factores económicos, 4) factores políticos y 5) factores tecnológicos.

En países en desarrollo se han identificado a los procesos socioeconómicos ligados a la globalización como el principal detonador de los cambios en el uso del suelo (Geist y Lambin, 2006; Nepstad *et al.*, 2006; Von Braun, 2009; Rulli *et al.*, 2013), sustituyendo cada vez más la influencia de los factores y demandas internas.

Bajo este contexto, se encuentra la ciudad de Apatzingán de la Constitución, en Michoacán, México, cuya región (Valle de Apatzingán) se ha caracterizado por impulsar la agricultura de exportación desde principios del siglo XX; representando un claro ejemplo de una región económica basada en la agricultura de exportación con un auge a partir de la década de 1970 a través del modelo económico sustitutivo de importaciones adoptado en México a partir de 1940 y revitalizado con su entrada al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Sin embargo, de acuerdo con Sánchez (2017), actualmente la práctica de agricultura de exportación se ha transformado en un modelo productivo insostenible en términos medioambientales; caracterizado especialmente por el uso intensivo de suelo y agua, así como la contaminación y degradación de los ecosistemas de que forman parte. Por otro lado, al tratarse de un modelo económico de exportación, se encuentra sometido y manipulado por los cambios económicos internacionales, principalmente al TLCAN.

El presente artículo tiene como objetivo caracterizar el crecimiento urbano y los cambios de cobertura y uso de suelo en el contexto geográfico inmediato a la ciudad de Apatzingán a través de un estudio cuantitativo y cualitativo, basado en un análisis del cambio de cobertura/uso del suelo y su relación con procesos socioeconómicos para el periodo 1996-2015.



Área de estudio

La ciudad de Apatzingán de la Constitución se localiza al centro occidente del estado de Michoacán en el municipio de Apatzingán, dentro de la región de Tepalcatepec (Seplade, 2005); entre las provincias Depresión de Tepalcatepec y el Cinturón Volcánico Transversal. De acuerdo con su talla demográfica (101,715 hab.) estimada por CONAPO para 2015, esta ciudad se encuentra en el rango de ciudad media, ocupando el cuarto lugar en el estado, sólo después de Morelia, Uruapan del Progreso y Zamora-Jacona.

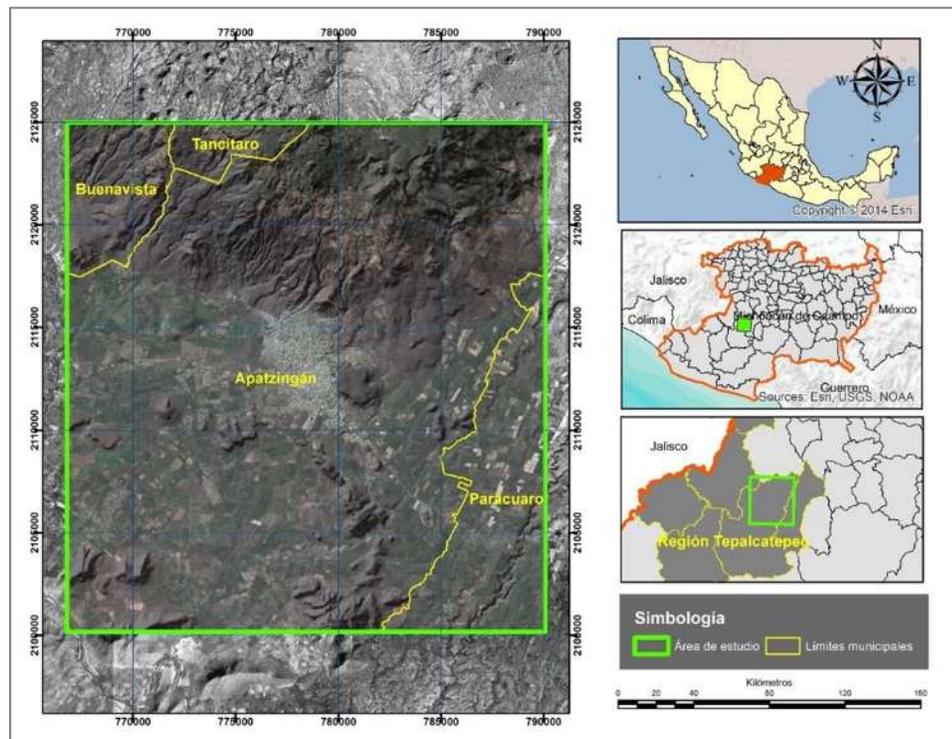
Las características biofísicas de la región han colocado al municipio y a todo el Valle de Apatzingán en una de las zonas más importantes para la producción agrícola del estado, siendo la región que más cambios ha sufrido tanto en su estructura agraria como en el patrón de producción agrícola (Sánchez, 2017). En el transcurso de la segunda mitad del siglo XX, esta región ha recibido un importante financiamiento para la producción de frutas y hortalizas de alta demanda externa, convirtiéndose en una de las regiones de exportación más importantes del estado, manteniendo una economía estrechamente vinculada al mercado exterior, particularmente al de Estados Unidos (Sánchez, 2017).

La delimitación del área de estudio encuadra una superficie de 46,500 ha aproximadamente, entre las coordenadas UTM mínimas X: 766,772 m, Y: 2,100,174 m y coordenadas máximas X: 790,073 m Y: 2,124,981 m. Dicha zona está conformada por porciones de cuatro municipios; la mayor superficie pertenece a Apatzingán, seguido de Parácuaro, Buenavista y Tancítaro (Cuadro 1 y Figura 1), involucrando a la ciudad de Apatzingán de la Constitución, diversas localidades rurales y un contexto geográfico representante de la región.

Cuadro 1: Superficie de los municipios que conforman el área de estudio.

Municipios	Área total de cada municipio ha	Área del municipio dentro de la zona de estudio		Porcentaje que representa cada municipio dentro de la zona de estudio
		ha	%	
Apatzingán	163,281	46,524	28.5	80.5
Parácuaro	50,092	6,827	13.6	11.8
Buenavista	91,752	3,198	3.5	5.5
Tancítaro	71,027	1,254	1.8	2.2

Figura 1: Localización y delimitación del área de estudio.



Metodología

El presente artículo se basa en la comparación de la superficie terrestre en dos fechas con un lapso de 19 años (1996-2015) a través de un análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo. Se trabajó con fotointerpretación en un mosaico de ortofotos con una resolución espacial de 2 m por pixel elaboradas por INEGI para el primer año y una subescena de imagen satelital Spot 6 con una resolución espacial de hasta 1.5 m por pixel para el segundo.

Antes de realizar la cartografía de cobertura/uso de suelo, fue necesario preparar las imágenes satelitales, combinando las bandas 1, 2 y 3 para lograr un compuesto color natural (banda multiespectral), la cual se fusionó con la banda pancromática, aprovechando así el color de la banda multiespectral y la resolución de la pancromática (Chuvieco & Salinero, 2002); posteriormente la imagen resultante de la fusión fue recortada por el área de estudio y georreferenciada con alrededor de 30 puntos de control homogéneamente distribuidos, tomando como base las ortofotos cuya corrección ha sido elaborada previamente por INEGI.



se obtuvo un error medio cuadrático de 1.8 metros; es decir, menor al tamaño de un pixel de ortofoto.

La elaboración de la cartografía de cobertura/uso de suelo se realizó sobre las respectivas imágenes, las cuales se desplegaron a escala 1: 10,000 en un monitor de computadora a través de un Sistema de Información Geográfica; en este caso, ArcGis 10.3, se digitalizaron objetos con un área mínima de 0.25 ha, realizando a través de percepción remota su clasificación de manera visual bajo una leyenda de hasta cinco niveles de jerarquía (Cuadro 2 y Cuadro 3).

La interpretación realizada implica su validación, normalmente esta evaluación se realiza comparando por lo menos el 10% de polígonos fotointerpretados por categoría con la realidad observada en visitas de campo, y con dichos datos realizar una matriz de confusión $n \times n$ (n indica el número de categorías) que compara las categorías reales (filas) con las categorías interpretadas en pantalla (columnas) (Bocco *et al.*, 2000). Sin embargo, debido a la inseguridad que ha acontecido a la región de Apatzingán en los últimos años, no pudieron realizarse visitas de campo; No obstante, la validación se realizó verificando al menos el 10% de los polígonos interpretados a través de imágenes de alta resolución (Google earth). Se realizó la matriz de confusión, donde la diagonal principal expresa el número de polígonos interpretados que coinciden con la realidad, mientras los datos que se encuentra fuera de ella indican errores de asignación. Los residuales en las filas son categorías que fueron etiquetadas erróneamente (error de comisión) y los residuales en columnas con categorías omitidas de su clase verdades (error de omisión)

Posteriormente se realizó una sobreposición de los mapas de cobertura y uso de suelo en el SIG para generar una matriz de transición y así cuantificar y analizar la dinámica de cambio a través de cinco principales procesos: 1) la superficie que representa cada categoría en la zona de estudio por cada año analizado, la cual se identifica como el total del tiempo 1 (suma de filas) para 1996 y como el total del tiempo 2 (suma de columnas) para el 2015; 2) la permanencia (no cambio) de cada categoría (identificada en las celdas que conforman la diagonal principal) y la permanencia total del área de estudio (la suma de las permanencias dividida entre la superficie total de la zona de estudio); 3) el intercambio de superficie entre categorías (celdas fuera de la diagonal principal), el cambio total o cambio absoluto (pérdidas) por categoría (total del tiempo 1 menos la permanencia) y la superficie de cambio total en la



zona de estudio (suma de las pérdidas); 4) las ganancias de superficie por categoría sobre otras (total del tiempo 2 menos la permanencia); y 5) el cambio neto (diferencia de superficie entre ganancias y pérdidas), el cual indica un incremento o decremento de superficie al final del periodo analizado para cada cobertura y uso de suelo.

Por otra parte, se calculó la tasa de cambio media anual en algunas categorías, principalmente en coberturas forestales, a partir de la ecuación utilizada por la FAO (1996).

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

Donde:

δn = tasa de cambio (para expresar en %, hay que multiplicar por 100),

S_1 = superficie de la categoría en el tiempo 1,

S_2 = superficie de la categoría en el tiempo 2,

n = número de años (periodo de análisis).

Los procesos de cambio simultáneamente son relacionados con información socioeconómica (crecimiento demográfico, ocupación de la población, producción agrícola y exportación) recabada a través de: INEGI (1995, 2000, 2005, 2010 y 2015), CONAPO (2015), SAGARPA, SIAP (2002 – 2014) y FAOSTAT (1990 – 2013), entre otras fuentes bibliográficas de estudios de caso e información empírica, para entender tanto el proceso de urbanización como los cambios sobre su contexto geográfico.



UMSNH

Cuadro 2: Leyenda general y específica de la cobertura y uso de suelo a nivel zona utilizada en el área de estudio.

CLASIFICACIÓN GENERALIZADA		CLASIFICACIÓN ESPECÍFICA	
Categorías	Descripción	Categorías	Descripción
Bosque	Superficies cubiertas de vegetación arborea (pino, encino pino-encino y encino-pino).	Bosque cerrado	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación.
		Bosque semi-abierto	Superficie cubierta por vegetación mayor al 50% y menor a 75%.
		Bosque abierto	Superficie cubierta por vegetación mayor al 25% y menor a 50%.
Selva baja caducifolia	Superficies cubiertas de vegetación arborea de baja altura, normalmente de 4 a 10 m; entre las especies comunes: Bursera simaruba, Bursera sp. y Lysiloma.	Selva baja caducifolia cerrada	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación.
		Selva baja semi-abierta	Superficie cubierta por vegetación mayor al 50% y menor a 75%.
		Selva baja caducifolia abierta	Superficie cubierta por vegetación mayor al 25% y menor a 50%.
Matorral	Superficies con vegetación arbustiva, la cual presenta ramificaciones desde la base del tallo.	Matorral cerrado	Superficie con más del 75% cubierta por vegetación arbustiva.
		Matorral semi-abierto	Superficie cubierta por vegetación arbustiva mayor al 50% y menor a 75%.
Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; pueden establecerse en áreas agrícolas abandonadas.	Pastizal	Superficies con vegetación herbácea de origen natural o inducido; incluye las áreas con matorral donde la vegetación arbustiva cubre menos del 25%.
Plantaciones	Superficies conformadas con especies arbóreas, producto de actividades de reforestación.	Plantaciones	Superficies conformadas con especies arbóreas, producto de actividades de reforestación.
Vegetación riparia	Vegetación que se encuentra junto al cauce de un río o arroyo	Vegetación riparia	Vegetación que se encuentra junto al cauce de un río o arroyo
Cultivos de temporal	Superficies destinadas a la agricultura, por lo general en suelos poco desarrollados en zonas con pendiente; dependen de la lluvia para su producción.	Cultivos de temporal	Incluye todas las zonas cultivo de temporal independientemente del tipo de producción.
Cultivos de riego y humedad	Superficies destinadas a la agricultura, aprovechando la humedad del suelo en zonas planas independientemente del ciclo de las lluvias, aún en época de seca conservan humedad.	Cultivos de riego y humedad	Incluye todas las zonas cultivo de riego y humedad independientemente del tipo de producción.
Huertos	Superficie con agricultura perenne (arborea); en este caso por la producción de aguacate.	Huertos	Incluye todos los huertos independientemente del tipo de producción.
Apatzingán	Superficie continua de la mancha urbana de la ciudad de Apatzingán; incluye superficie construida (edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Superficies al interior del continuo urbano sin construcción.
Otros asentamientos humanos	Otros continuos urbanos; incluye superficie construida(edificaciones) y no construida (vacíos que quedan al interior de la mancha urbana).	Superficie construida densificada	Área urbana con más del 70% cubierta por construcciones.
		Superficie construida semi-densificada	Área urbana con más del 50% cubierta por construcciones y menos de 75%.
		Superficie construida poco densificada	Área urbana con más del 25% cubierta por construcciones y menos de 50%.
		Vacíos urbanos	Toda área al interior del continuo urbano sin construcción.
Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.	Lotes baldíos	Superficies lotificadas para la construcción de asentamientos humanos.
Cuerpos de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales.	Cuerpo de agua	Toda extensión de agua sin diferenciar si son naturales o artificiales
Área sin vegetación aparente	Superficies sin vegetación alguna, a excepción de los asentamientos humanos.	Banco de material	Lugar explotado para la obtención de material para la construcción (roca, arcilla, grava, arena, etc).
		Área sin vegetación aparente	Toda superficie con suelo desnudo o roca desnuda.

Cuadro 3: Leyenda generalizada y específica nivel asentamientos humanos.

GENERAL	SEMI-GENERAL	ESPECIFICA POR USOS GENERALES	ESPECIFICA POR USOS PARTICULARES
CIUDAD DE APATZINGAN	Superficie construida	Zona habitacional - comercial	Conjuntos habitacionales Zona habitacional comercial Escuelas Grandes comercios Deshuesaderos
		Zona Industrial	Zona Industrial
		Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación
	Vacíos urbanos	Lotes baldíos	Lotes baldíos
		Otros usos	Matorral
	OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS	Superficie construida	Zona habitacional comercial
Áreas verdes y recreación			Áreas verdes y recreación
Aeropuerto			Aeropuerto
Cementerios			Cementerios
Basurero			Basurero

Resultados y discusión

Calidad de la base de datos

La matriz de confusión indicó que todas las categorías se encuentran por arriba del valor mínimo de exactitud (80%) (Anderson *et al.*, 1976; Bocco y Valenzuela, 1988; Bocco *et al.*, 2000), donde únicamente cinco categorías presentaron algún grado de confusión en la interpretación: el bosque (1 polígono), que fue clasificado como selva baja caducifolia; el matorral (1 polígono), que erróneamente se etiquetó como lotes baldíos; el pastizal (1 polígono), confundido con cultivos de riego y humedad; cultivos de riego y humedad (2 polígonos), lo cuales se clasificaron como pastizal y como cultivos de temporal y; lotes baldíos (1 polígono) interpretado erróneamente como matorral. De tal manera el grado de fiabilidad global de la interpretación fue del 96% (Cuadro 4).



UMSNH

Cuadro 4: Matriz de confusión.

	Bosque	Selva baja caducifolia	Matorral	Pastizal	Plantaciones	Vegetación riparia	Cultivos de temporal	Cultivos de riego y humedad	Huertos	Zamora - Jacona	Otros asentamientos humanos	Lotes baldíos	Cuerpo de agua	Área sin vegetación aparente	Total	Error de Comisión	Exactitud
Bosque	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10.0	90.0
Selva baja caducifolia	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.0	100.0
Matorral	0	2	41	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	44	6.8	93.2
Pastizal	0	0	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	14	7.1	92.9
Plantaciones	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	100.0
Vegetación riparia	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.0	100.0
Cultivos de temporal	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	0.0	100.0
Cultivos de riego y humedad	0	0	0	1	0	0	1	27	0	0	0	0	0	0	29	6.9	93.1
Huertos	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	33	0.0	100.0
Apatzingán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.0	100.0
Otros asentamientos humanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9	0.0	100.0
Lotes baldíos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	10	10.0	90.0
Cuerpo de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.0	100.0
Área sin vegetación aparente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.0	100.0
Total	9	18	42	14	1	7	10	28	33	1	9	10	2	3	187		
Error de omisión	0.0	16.7	2.4	7.1	0.0	0.0	10.0	3.6	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0			
Exactitud	100.0	83.3	97.6	92.9	100.0	100.0	90.0	96.4	100.0	100.0	100.0	90.0	100.0	100.0			

Fiabilidad global $= (9+15+41+13+1+7+9+27+33+1+9+9+2+3)/187 = 0.96$

Nota: error de comisión = categorías atribuidas erróneamente a otra clase: error de omisión = categorías omitidas de su clase verdadera.

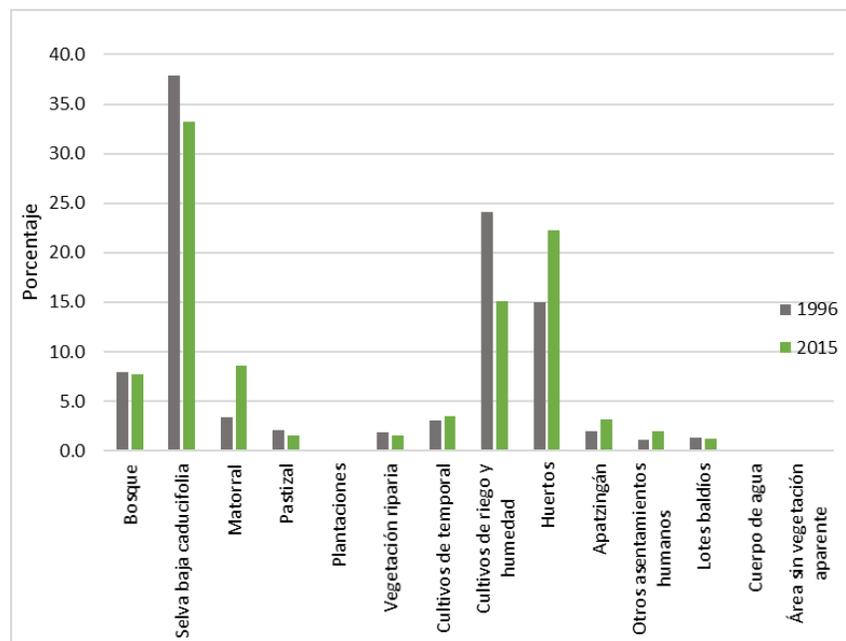
Cambios generales de cobertura y uso de suelo

Dentro de los dos años de análisis (1996 y 2015), tres categorías han predominado en la zona de estudio: la selva baja caducifolia, cultivos de riego y humedad, y huertos, representando para el primer año el 77% del paisaje y en el segundo el 71% (Figura 2 y Cuadro 5).

En términos absolutos, la zona sufrió un cambio de cobertura de 22,528 ha (39%), en donde las tres categorías anteriormente mencionadas han mostrado los más grandes cambios, aportando con el 74% de dicho proceso; sin embargo, mientras la selva baja y los cultivos de riego tuvieron las mayores pérdidas en superficie, los huertos no sólo mostraron ganancias en el periodo analizado (cambio neto positivo), además se posicionaron como la cobertura con mayor crecimiento en el área de estudio.

Otras categorías que han incrementado su superficie a pesar de su dinámica de cambio han sido: el matorral, otros asentamientos humanos, cultivos de temporal, el área sin vegetación aparente y por supuesto, la ciudad de Apatzingán cuya dinámica es sólo incrementar su área urbana. Puede decirse que los huertos y estas cinco categorías son las que han dominado el paisaje dentro del periodo analizado, principalmente a costa de la selva baja caducifolia, cultivos de riego y humedad y de los propios huertos en determinados casos.

Figura 2: Porcentaje representativo por cobertura y uso de suelo en área de estudio; 1996 y 2015.



Cuadro 5: Cobertura y usos de suelo (1996, 2015), permanencia y cambios.

Categoría	Superficie 1996	Superficie 2015	Permanencia		Cambio absoluto		Cambio neto	
	Ha	Ha	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bosque	4,603	4,472	3,689	80.1	914	19.9	-131	-2.8
Selva baja caducifolia	21,884	19,217	16,984	77.6	4,900	22.4	-2,667	-12.2
Matorral	1,950	4,939	390	20.0	1,560	80.0	2,989	153.3
Pastizal	1,236	883	191	15.5	1,045	84.5	-353	-28.6
Plantaciones	7	1	0	0.0	7	100.0	-6	-85.7
Vegetación riparia	1,110	893	559	50.4	551	49.6	-217	-19.5
Cultivos de temporal	1,774	2,013	525	29.6	1,249	70.4	239	13.5
Cultivos de riego y humedad	13,931	8,747	5,647	40.5	8,284	59.5	-5,184	-37.2
Huertos	8,686	12,845	5,257	60.5	3,429	39.5	4,159	47.9
Apatzingán	1,164	1,844	1,164	100.0	0	0.0	680	58.4
Otros asentamientos humanos	668	1,138	623	93.3	45	6.7	470	70.4
Lotes baldíos	748	709	220	29.4	528	70.6	-39	-5.2
Cuerpo de agua	15	9	6	40.0	9	60.0	-6	-40.0
Área sin vegetación aparente	28	95	21	75.0	7	25.0	67	239.3
Total	57,804	57,805	35,276	61.0	22,528	39.0	-	-

Filas sombreadas = categorías que representan mayores cambios en la zona.

Filas texturizadas = categorías con mayor incremento de superficie.

Cambio absoluto = Superficie de 1996 menos la permanencia.

Cambio neto = tendencia de ganar o perder superficie al final del período, (diferencia de superficie de 1996 y 2015); signos negativos pérdidas, signos positivos ganancias.

De acuerdo con el Cuadro 6, las transiciones de mayor magnitud en cada una de las coberturas analizadas en términos absolutos de manera descendente fueron: cultivos de riego y humedad a huertos, huertos a cultivos de riego, selva baja caducifolia a matorral, matorral a selva baja caducifolia, cultivos de temporal a huertos, pastizal a selva baja caducifolia, lotes baldíos a la ciudad de Apatzingán, bosque a matorral, vegetación riparia a selva baja caducifolia, otros asentamientos humanos a la ciudad de Apatzingán, plantaciones a huertos, cuerpo de agua a bosque y área sin vegetación aparente a la ciudad de Apatzingán.

En términos generales, un alto porcentaje del cambio dado sobre las diferentes categorías ha favorecido en mayor medida a la expansión de huertos, de matorral, de selva baja caducifolia, y al área urbana de la ciudad de Apatzingán (Cuadro 6); sin embargo, de estas cuatro categorías señaladas, la selva baja es la única que no reporta crecimiento al final del periodo, ya que no es comparable la superficie que recibe de otras coberturas con la superficie que cede.

Cuadro 6: Porcentaje de Intercambio entre categorías con respecto al cambio absoluto.

2015 1996	Bosque	Selva baja caducifolia	Matorral	Pastizal	Plantaciones	Vegetación riparia	Cultivos de temporal	Cultivos de riego y humedad	Huertos	Apatzingán	Otros asentamientos humanos	Lotes baldíos	cuerpo de agua	Área sin vegetación aparente	Cambio absoluto (ha)
Bosque	-	23.6	28.2	4.2	0.0	2.2	2.7	9.7	22.8	0.4	3.5	1.0	0.1	1.5	914
Selva baja caducifolia	8.8	-	41.4	7.1	0.0	4.3	7.9	7.6	16.1	1.4	1.4	3.4	0.0	0.6	4,900
Matorral	3.9	41.7	-	5.5	0.0	1.2	4.5	15.7	23.4	0.4	1.6	2.1	0.0	0.1	1,560
Pastizal	3.6	43.9	33.8	-	0.0	0.2	1.0	3.0	5.0	0.6	0.9	6.6	0.0	1.5	1,045
Plantaciones					-				100.0						7
Vegetación riparia	0.9	30.3	16.0	2.0	0.0	-	2.0	14.3	26.0	5.4	2.0	0.7	0.0	0.4	551
Cultivos de temporal	4.8	16.7	15.9	7.4	0.0	0.0	-	4.4	48.8	0.0	1.3	0.4	0.0	0.3	1,249
Cultivos de riego y humedad	1.4	5.0	13.4	1.1	0.0	0.7	8.8	-	65.3	1.8	1.0	1.4	0.0	0.0	8,284
Huertos	1.6	3.5	14.5	0.7	0.0	0.7	7.5	64.9	-	1.0	2.9	2.4	0.0	0.2	3,429
Apatzingán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Otros asentamientos humanos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	-	0.0	0.0	0.0	45
Lotes baldíos	1.9	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.9	0.8	0.2	61.9	31.6	-	0.0	0.0	528
Cuerpo de agua	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	9
Área sin vegetación aparente	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.7	0.0	0.0	0.0	-	7

* En color amarillo los intercambios más importantes.

Bajo el supuesto de que analizar la dinámica de las categorías que han prevalecido en la región permitirá entender la dinámica general del cambio, a continuación, se describe de manera detallada la transición de dichas categorías (Huertos, Matorral y Apatzingán); cuyo análisis involucra información cuantitativa de la superficie perdida y ganada al final del periodo, incluyendo los cambios sobre otras categorías, así como datos socioeconómicos que ayuden a comprender dichos procesos.

Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo

Como bien se mencionó en la parte introductoria de este artículo, Apatzingán se encuentra en un valle que por sus características climatológicas y edafológicas ha permitido la diversa producción agrícola a través del tiempo; entre los productos más importantes que hoy en día se cultivan en la región: el limón, el mango, la papaya y el sorgo grano (SIAP, 2015).

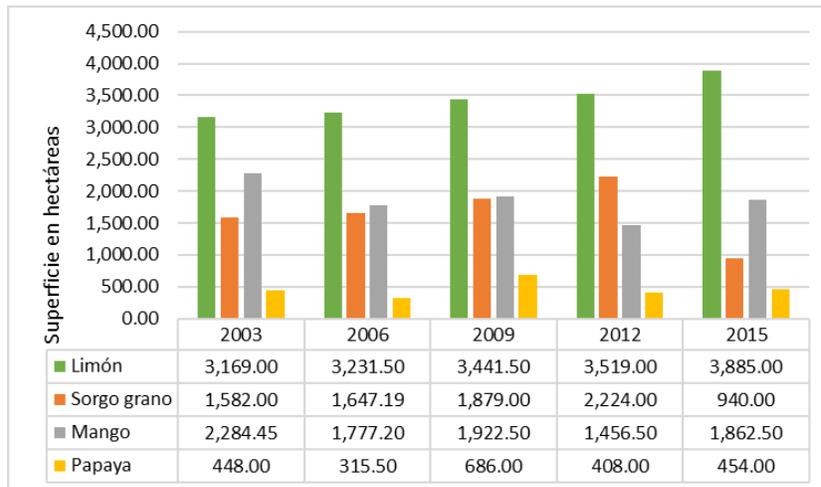
En las figuras 3 y 4 se muestra la tendencia que ha tenido la superficie sembrada a partir del año 2003 para cada uno de los productos anteriormente mencionados para el caso de los municipios de Apatzingán y Parácuaro, como alusión al área de estudio; donde se observa que en el mayor de los casos no existe un crecimiento continuo, con excepción de la superficie sembrada para la producción de limón en el municipio de Parácuaro.

Figura 3: Superficie sembrada de cultivos seleccionados en Apatzingán.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

Figura 4: Superficie sembrada de cultivos seleccionados en Parácuaro.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

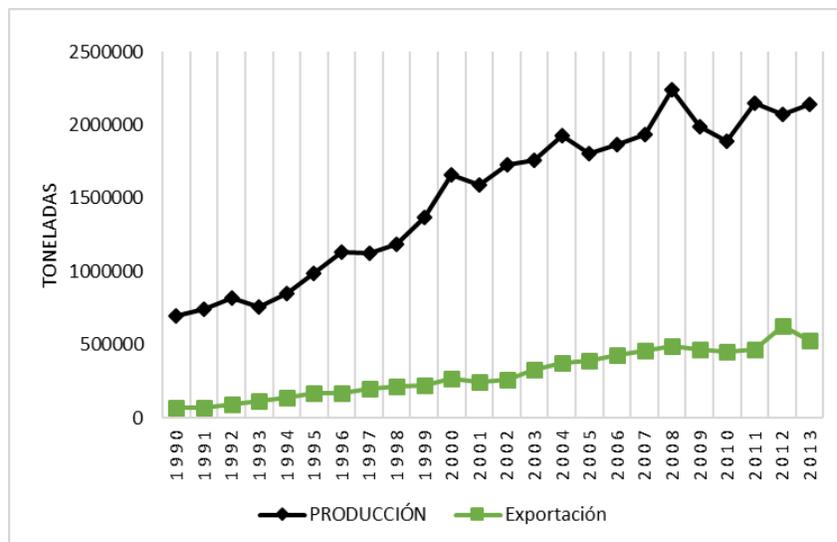
Esta dinámica de crecimiento de superficie sembrada de manera discontinua se refleja espacialmente en el área de estudio, colocando a los huertos en una dinámica de cambio muy peculiar; mientras su cambio beneficia al crecimiento de cultivos de riego y humedad con 2,227 ha, es decir, del 64.9% de su superficie de cambio, principalmente para la producción de sorgo grano entre otros productos; su expansión es principalmente a través de esta categoría, con un total de 5,412 ha. Esta dinámica de cambio se manifiesta sobre toda la zona sur del área

de estudio, involucrando tanto el municipio de Apatzingán como el de Parácuaro (Figura 6 y Figura 7).

El peculiar cambio de huertos a cultivos de riego y viceversa se origina de las políticas e inversiones gubernamentales aplicadas principalmente en apoyo a un reducido grupo de cultivos altamente demandantes por el mercado externo; propiciando el intercambio de huertos de limón cuyo mercado es principalmente nacional (90%) por otro tipo de productos frutícolas y hortofrutícolas con alto valor adquisitivo en el mercado estadounidense (Sánchez, 2012). Un claro ejemplo de esto es la progresiva asignación de presupuesto del gobierno del estado para el campo, incrementando un 165% entre 2008 y 2010, al pasar de una inversión de \$340,040,230 a \$903,116,554, beneficiando a grandes productores y agroempresarios principalmente (Sánchez, 2012).

Cabe mencionar, que a pesar de que el cultivo de limón ha sido desplazado dentro del Valle de Apatzingán por otros de alto valor económico en diferentes momentos históricos, no ha dejado de tener importancia en la región ya que es uno de los productos motor de la economía regional y estatal (Sánchez, 2012). Es por ello por lo que a nivel nacional la tendencia de crecimiento en la producción de limón con respecto al crecimiento de exportaciones es bastante diferenciado (Figura 5).

Figura 5: Producción y exportación de lima y limón en México.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (1990-2013).

Figura 6: Cobertura y uso de suelo generalizada 1996.

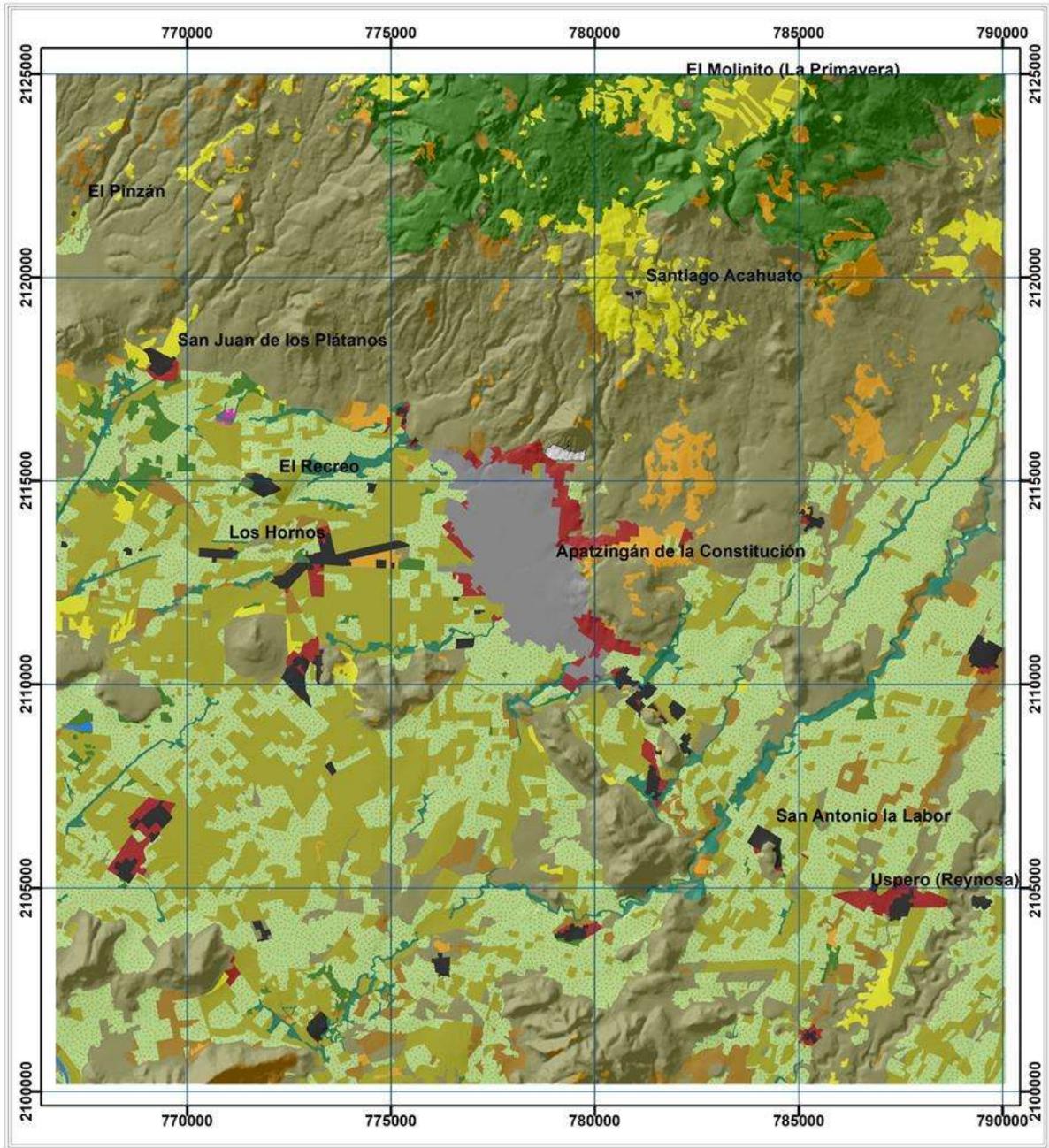
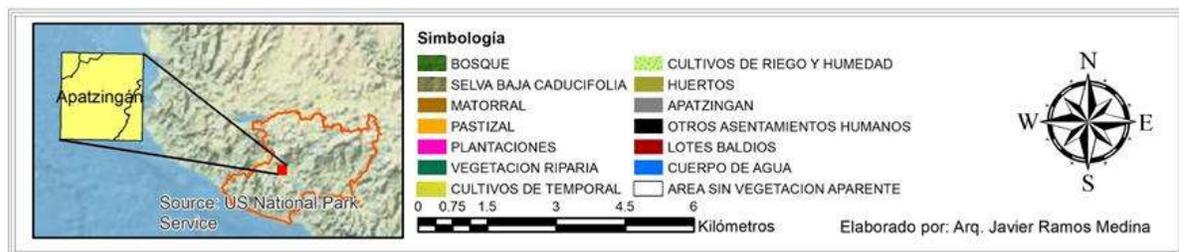
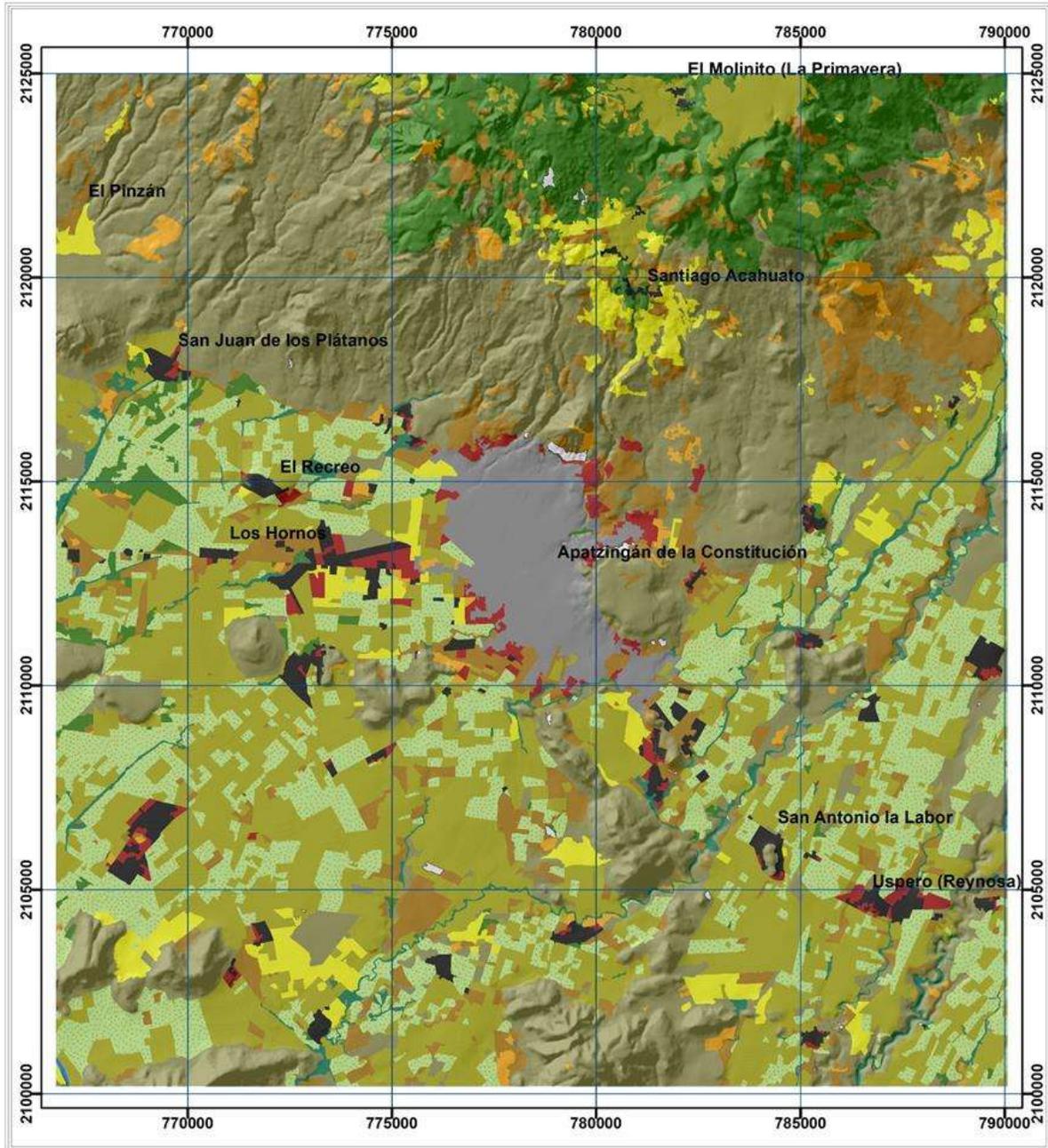
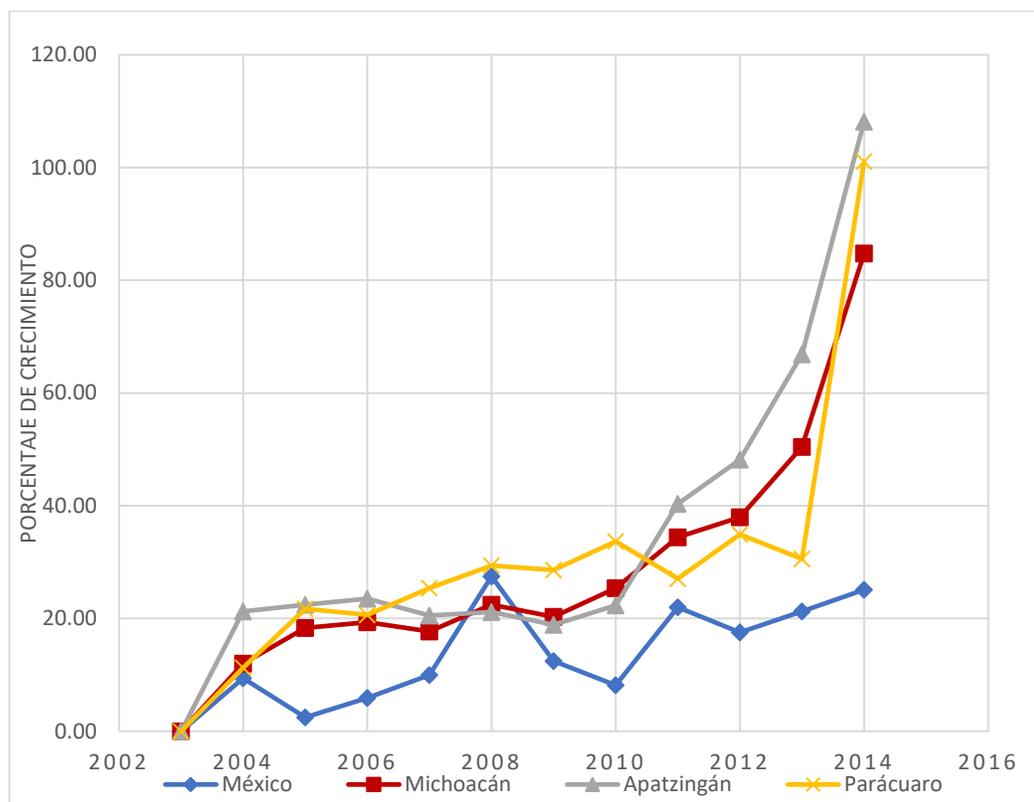


Figura 7: Cobertura y uso de suelo generalizada 2015.



La expansión de huertos en la zona de estudio se trata principalmente del cultivo de limón, entre otro tipo de huertos que pueden considerarse sesgadamente como tal a través de la percepción remota, pudiendo ser huertos de aguacate, de mango, entre otros de menor magnitud; sin embargo, dicho sesgo no demerita su protagonismo en la región; incluso el crecimiento de su producción en la región en términos relativos ha sido mayor que a nivel nacional y estatal en determinados periodos (Figura 8), principalmente a partir de 2010 en el caso de Apatzingán y del 2013 en el caso de Parácuaro; posicionándose en el año 2015 de acuerdo con datos del SIAP en el segundo y quinto lugar municipal del estado (de 29 municipios productores), respectivamente. Estos dos municipios en conjunto representan aproximadamente el 36% de la superficie sembrada en el estado y el 9% del país, y en cuanto a producción en toneladas representan el 39% del estado y el 11% del país. Dichas cifras indican un rendimiento de la producción de limón mayor a la media estatal y nacional

Figura 8: Crecimiento de la producción de limón.



*Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAP.
Cada punto señala el porcentaje de crecimiento de la producción en toneladas con respecto al año 2003.*



De acuerdo con los cuadros 5 y 6, la categoría de huertos sufrió un cambio absoluto de 39.5%, principalmente a favor de cultivos de riego y humedad como se mencionó anteriormente, así como de matorrales y de cultivos de temporal de manera descendente. Estas dos últimas categorías beneficiadas del cambio dado en huertos se zonifican en mayor medida en las cercanías del área urbana de la ciudad de Apatzingán, preferentemente al oeste; lo cual puede indicar no sólo un abandono o cambio de cultivos, sino probablemente una especulación de suelo para futura expansión urbana (Figura 7).

Por otro lado, a pesar de los cambios anteriormente descritos, los huertos lograron incrementar su superficie aproximadamente un 48% (cambio neto), principalmente a costa de superficie anteriormente ocupada por cultivos de riego y humedad, cultivos de temporal y selva baja caducifolia.

Por otra parte, puede parecer que tan sólo el 16.1% del cambio dado sobre la selva baja es atribuido a la expansión de huertos; no obstante, habrá que considerar que la selva no necesariamente cambia de manera directa a huertos, pudiendo convertirse en una primera fase a otro tipo de cobertura para finalmente convertirse en huertos. Esto deja en la mira a dos categorías que pueden estar funcionando como transición intermedia: los cultivos de temporal y el matorral, las cuales han acaparado de manera conjunta cerca del 50% del cambio dado sobre la selva baja y al mismo tiempo han sido de las coberturas que han aportado en mayor medida al crecimiento de huertos, sólo después de cultivos de riego y humedad y selva baja, cediendo alrededor del 49% y 23% de su superficie de cambio, respectivamente (Cuadro 6).

La transición de selva baja caducifolia a cultivos de temporal se ha dado de manera homogénea en el área de estudio, casi imperceptible; en cambio, el cambio de selva a matorral ha sido muy marcado en la zona noreste y junto a la ciudad de Apatzingán (al norte y noreste principalmente). En el primer caso puede ser un indicador de futuros huertos, lo cual se deduce al observar la tendencia de crecimiento de huertos en dicha zona (Figura 6 y Figura 7), y en el segundo caso puede ser indicador de la futura expansión de la ciudad, pues se observa que en sus cercanías también han proliferado los lotes baldíos, después de ser ocupados en gran medida los lotes existentes en 1996 por la expansión urbana.

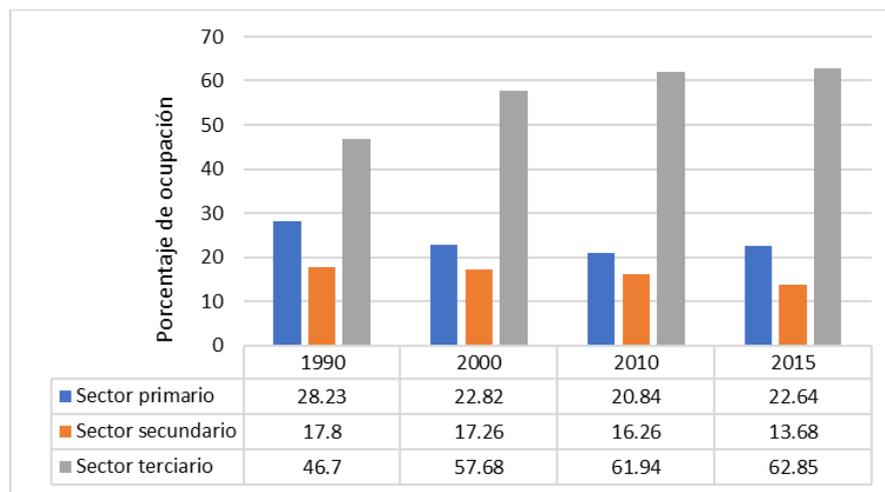
Bajo este contexto, puede decirse que la deforestación observada en el caso de estudio al igual que diversas regiones del país, se ha originado por la expansión de la frontera agrícola (Mas *et al.*, 2004; Sánchez-Colón *et al.*, 2009 en: Cuevas *et al.*, 2010). Esto se refleja en la

fragmentación y pérdida de superficie que han sufrido tanto la selva baja caducifolia como el bosque por el incremento de huertos; además de la proliferación de matorrales y pastizales que pueden ser indicadores de futuros huertos.

Análisis del crecimiento urbano

Por el importante crecimiento en la producción de limón se esperaría que un mayor porcentaje de la población de la región se ocupara en el sector primario; sin embargo, de acuerdo con datos de INEGI para el periodo de 1990-2015 se observa una tendencia a la terciarización de manera continua aunque con una desaceleración entre el 2010 y 2015 para el municipio de Apatzingán, mientras los porcentajes de población ocupada (PO) en el sector secundario y primario se encuentran en declive, pese a la pequeña recuperación del sector primario para el último año (Figura 9).

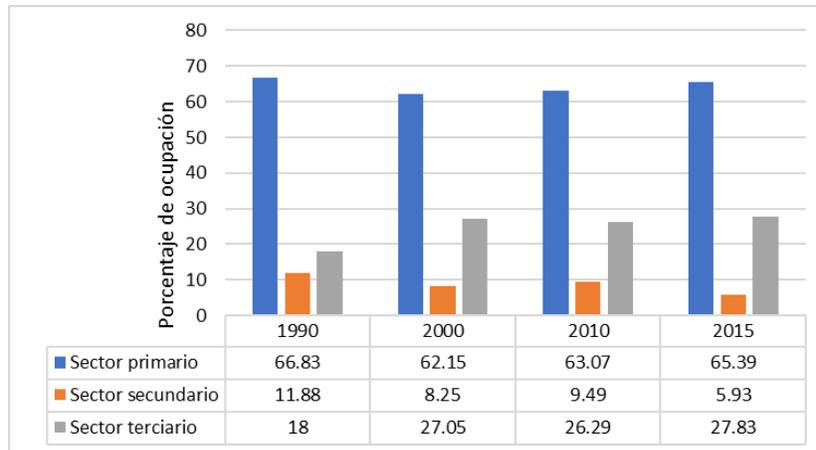
Figura 9: Ocupación de la población por sector económico en el municipio de Apatzingán.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (1990, 2000, 2010 y 2015).

En el caso de Parácuaro es menos evidente tanto la tendencia a la terciarización como el declive sobre los sectores primario y secundario, lo cual se debe a que, a diferencia de Apatzingán, se trata de un municipio mayormente rural, por lo cual su población continúa trabajando principalmente en el sector primario pese a un pequeño decremento entre los años 1990 y 2000 (Figura 10).

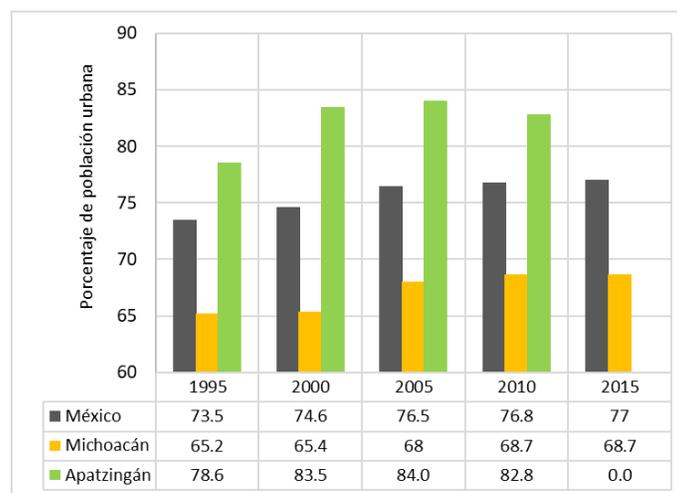
Figura 10: Ocupación de la población por sector económico en el municipio de Parácuaro.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (1990, 2000, 2010 y 2015).

La recuperación reportada de la PO en el sector primario para el 2015 coincide con el momento en que el municipio de Apatzingán tiende a mejorar su producción de limón, llegando a tener mejores rendimientos que la media estatal y nacional (Figura 8). A la vez, este proceso se refleja en el tamaño de la población urbana, la cual después de tener un crecimiento continuo desde 1995 al 2005 tiende a decaer cerca de tres puntos porcentuales en el 2010 a favor de la población rural (Figura 11).

Figura 11: Población urbana en nacional, estatal y en la zona de estudio por quinquenio (1995 – 2015).



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. (1995,2000, 2005, 2010 Y 2015). Los valores de Apatzingán hacen alusión al área de estudio específicamente.



El mejoramiento e incremento de la producción de limón en la región no sólo permitió una pequeña recuperación en el porcentaje de la población ocupada en el sector primario, también fomento que la expansión de localidades rurales fuese mayor en términos relativos que la expansión de localidades urbanas (en este caso, la ciudad de Apatzingán) (Cuadro 7). De manera conjunta, el sistema de asentamientos humanos tuvo una expansión de poco más del 60%, mientras las localidades rurales lo hicieron al 67% aproximadamente.

Cuadro 7: Expansión urbana y crecimiento demográfico por tipo de localidad, 1996 - 2015.

Nivel de desagregación	Superficie ha		Expansión (1996-2015)		Población		Crecimiento demográfico (1995-2015)	
	1996	2015	ha	%	1995	2015	Población	%
Localidades urbanas (Ciudad de Apatzingán)	1,163.6	1,844.2	680.6	58.5	89,834	101,751	11,917	13.3
Localidades rurales	668.0	1,119.7	451.7	67.6	24,525	16,064	-8,461	-34.5
Urbano + rural	1,831.6	2,963.9	1,132.3	61.8	114,359	117,815	3,456	3.0

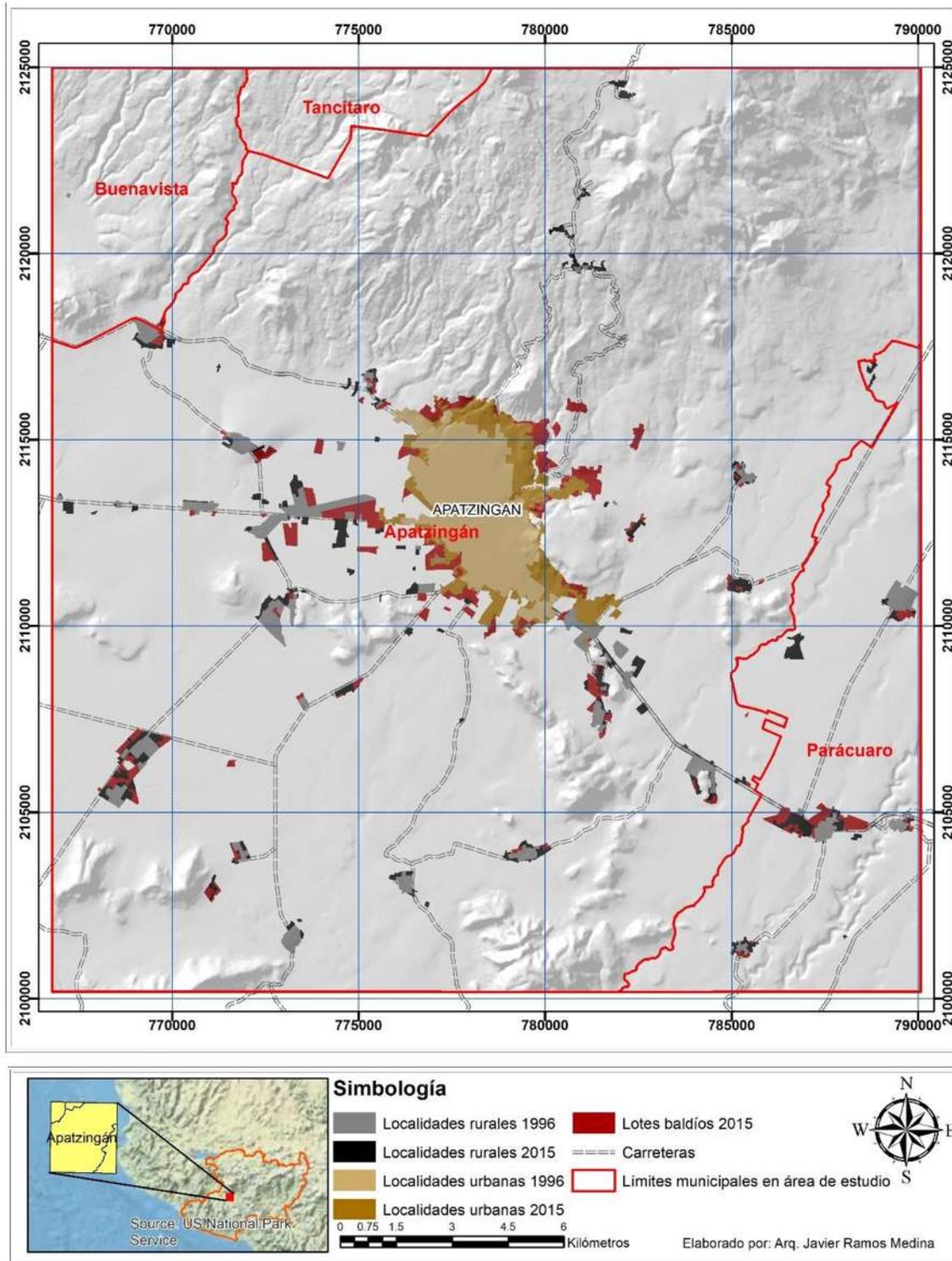
Fuente: Datos de población y crecimiento demográfico obtenido a partir de INEGI (1995), CONAPO (2015) y regresiones lineales para localidades rurales 2015.

Sin embargo, en términos demográficos, las localidades rurales mostraron un crecimiento negativo de aproximadamente 35%, siendo la ciudad de Apatzingán la que presenta el mayor crecimiento de población, así como la mayor expansión urbana en términos absolutos (680.6 ha).

De acuerdo con la Figura 12, la expansión de la ciudad de Apatzingán (58.5%) se dio preferentemente al noreste y sureste, principalmente sobre lotes baldíos (327 ha), cultivos de riego y humedad (149 ha) y selva baja caducifolia (71 ha); además cabe mencionar que su crecimiento absorbió 45 ha pertenecientes a otros asentamientos humanos (localidades rurales). Estas cuatro categorías aportaron el 87% del crecimiento de la ciudad.

En cuanto a los otros asentamientos humanos, su expansión fue de manera homogénea en la zona, siguiendo el sistema de carreteras; en su crecimiento se encuentran 38 localidades de nueva creación, las cuales no necesariamente siguen el sistema vial, pues se encuentran esparcidas entre los campos de cultivo, en mayor medida al oeste de la ciudad. La expansión de estos asentamientos fue al igual que la ciudad de Apatzingán, principalmente a través de lotes baldíos (167 ha), cultivos de riego y humedad (83 ha) y selva baja caducifolia (71 ha), además de huertos (101 ha). Estas categorías contribuyeron con el 82% de dicho crecimiento.

Figura 12: Expansión urbana por tipo de localidad 1996-2015.



Retomando los datos demográficos; la importante expansión en términos relativos sobre localidades rurales y al mismo tiempo la pérdida de población sobre las mismas se debe a dos posibles razones: a que el Valle de Apatzingán ha sido una de las regiones con mayor emigración en el estado a partir de la década de 1990 (Pérez, 2017), y a la densidad de construcción que diferencia a las localidades rurales (otros asentamientos humanos) de la ciudad de Apatzingán, a pesar de que en ambos casos su expansión fue a través de los mismos usos de suelo urbano.

En los Cuadros 8 y 9, se observa que la expansión tanto de la ciudad de Apatzingán, como la expansión de otros asentamientos humanos fue principalmente a través del uso de suelo habitacional – comercial, aportando a su crecimiento con el 87.9% y 95.8%, respectivamente; sin embargo, el grado de densidad en construcción en los respectivos casos varía notablemente.

Cuadro 8: Expansión del continuo urbano de Apatzingán por categoría de uso de suelo.

EXPANSIÓN Y USO DE SUELO EN EL CONTINUO URBANO DE APATZINGÁN												
Uso de suelo			1996			2015			Crecimiento 1995-2015			
Clasificación 1	Clasificación 2	Clasificación 3	Ha	% Clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% Clasificación 1	% Total absoluto	Ha	% Clasificación 1	% Total absoluto	% crecimiento
Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales	29.7	2.6	2.6	43.3	2.4	2.4	13.6	2.1	2.0	45.8
		Zona habitacional comercial	1,064.3	93.2	91.5	1,660.0	93.2	90.2	595.7	93.2	87.9	56.0
		Escuelas	22.8	2.0	2.0	24.5	1.4	1.3	1.7	0.3	0.3	7.5
		Grandes comercios	3.1	0.3	0.3	3.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
		Deshuesaderos	3.2	0.3	0.3	5.4	0.3	0.3	2.2	0.3	0.3	-
	Zona Industrial	Industrias	5.8	0.5	0.5	20.3	1.1	1.1	14.5	2.3	2.1	250.0
	Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación	12.8	1.1	1.1	24.3	1.4	1.3	11.5	1.8	1.7	89.8
Total superficie construida (C.1)			1,141.7	100	98.1	1,780.9	100.0	96.7	639.2	100.0	94.3	56.0
Vacío urbano	Lotes baldíos	Lotes baldíos	21.9	100.0	1.9	36.3	60.2	2.0	14.4	37.5	2.1	65.8
	Otros usos	Matorral	0.0		0.0	24.0		1.3	24.0		3.5	
Total vacío urbano (C.1)			21.9	100.0	1.9	60.3	100.0	3.3	38.4	100.0	5.7	175.3
Total absoluto			1,163.6	-	100.0	1,841.2	-	100.0	677.6	-	100.0	58.2

En fila texturizadas, los usos de suelo con mayor crecimiento.

Cuadro 9: Expansión de otros asentamientos humanos por categoría de uso de suelo.

EXPANSION Y USO DE SUELO EN OTROS ASENTAMIENTOS HUMANOS												
Uso de suelo			1996			2015			Crecimiento 1995-2015			
Clasificación 1	Clasificación 2	Clasificación 3	Ha	% Clasificación 1	% Total	Ha	% Clasificación 1	% Total	Ha	% Clasificación 1	% Total	% crecimiento
Superficie construida	Zona habitacional comercial	Conjuntos habitacionales	3.4	0.2	0.2	11.8	0.4	0.4	8.4	0.8	1.9	247.1
		Zona habitacional comercial	583.7	32.6	31.9	1,016.4	35.0	34.3	432.7	39.1	95.8	74.1
		Escuelas	5.5	0.3	0.3	14.7	0.5	0.5	9.2	0.8	2.0	167.3
	Zona Industrial	Industrias	4.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	-4.4	-0.4	-1.0	-100.0
	Aeropuerto	Aeropuerto	42.0	2.3	2.3	42.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	Áreas verdes y recreación	Áreas verdes y recreación	1.4	0.1	0.1	15.2	0.5	0.5	13.8	1.2	3.1	985.7
	Basurero	Basurero	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4	0.1	0.3	-
Cementerio	Cementerio	10.8	0.6	0.6	18.2	0.6	0.6	7.4	0.7	1.6	68.5	
Total superficie construida			651.2	36.3	35.6	1,119.7	38.6	37.8	468.5	42.3	103.7	71.9
Vacío urbano	Lotés baldíos	Lotés baldíos	16.7	43.3	0.9	0.0	0.0	0.0	-16.7	-77.0	-3.7	-100.0
Total vacío urbano			16.7	43.3	0.9	0.0	0.0	0.0	-16.7	-77.0	-3.7	-100.0
Total absoluto			667.9	-	36.5	1,119.7	-	37.8	451.8	-	100.0	67.6

En fila texturizadas, los usos de suelo con mayor crecimiento.

En la figura 13 puede visualizarse que en 1996 la superficie de construcciones altamente densificada en la ciudad de Apatzingán era del 20%, mientras que en 2015 es de poco más del 70%, mientras que para los otros asentamientos humanos la superficie construida se ha mantenido en más del 90% como poco densificada (Figura 14).

Figura 13: Densidad de construcción en el continuo urbano de Apatzingán.

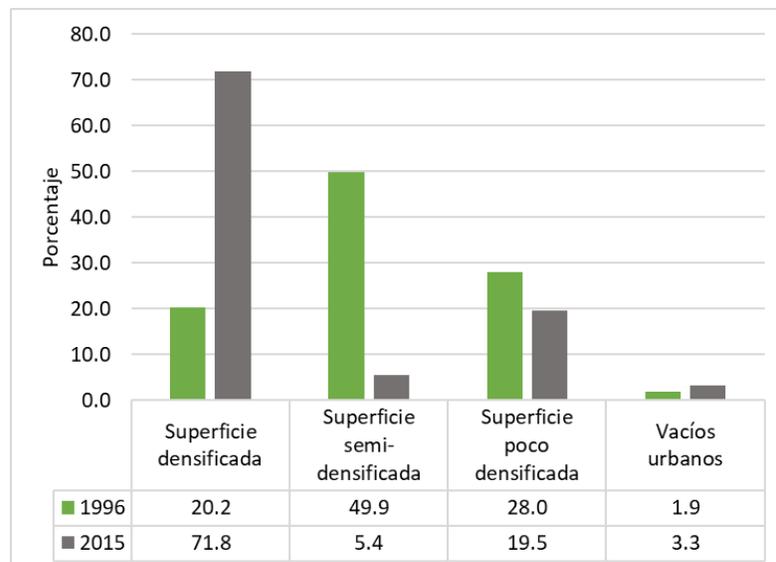
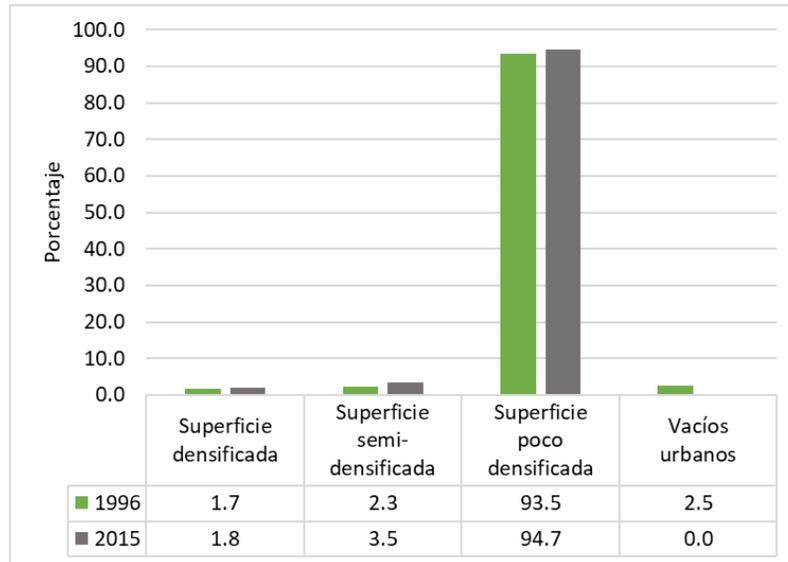


Figura 14: Densidad de construcción en otros asentamientos humanos.



Análisis de los cambios sobre las coberturas naturales

La dinámica de cambio de cobertura y uso de suelo en este caso de estudio ha colocado a la selva baja caducifolia como la segunda cobertura con mayor afectación (sólo después de los cultivos de riego y humedad) y como la primera entre las coberturas naturales (Cuadro 10); con una pérdida de superficie (cambio neto negativo) de 2,667 ha, resultado de un cambio de 4,900 ha y una recuperación de 2,234 ha sobre otras coberturas. De la misma manera en que su superficie recupera el 45% de la extensión cedida a otras categorías, la selva baja tiende a recuperarse en zonas degradadas, recuperando el 7.1% de la superficie semi-abierta y el 62.4% de la superficie abierta; esta última puede observarse al noreste de la ciudad (Figura 15 y Figura 16).

Por otro lado, la categoría bosque ha perdido 131 ha, resultado de una superficie de cambio 914 ha y una recuperación de 783 ha. A pesar de su importante recuperación, cabe notar que mientras el bosque cerrado perdió el 15.7%, el bosque semi-abierto ganó 56.8% y el bosque abierto 117.8%; dicho incremento de superficie puede significar tanto un proceso de degradación como uno de recuperación.

A diferencia de los dos casos anteriores, el matorral ha expandido tanto su superficie cerrada como la semi-abierta, que, de continuar con la tendencia observada en la matriz de transición, la mayor probabilidad es que estos matorrales cambien a selva baja y a huertos; aunque por

su patrón espacial, una parte considerable de estos matorrales se encuentran junto a las carreteras que conectan a la ciudad, lo cual representa un posible crecimiento urbano anunciado. Finalmente, en el caso del pastizal y la vegetación riparia se ha perdido superficie a favor de la selva baja caducifolia, el matorral y la expansión de huertos.

Cuadro 10: Ganancias y pérdidas de superficie en coberturas naturales.

CATEGORÍA	1996 (ha)	2015 (ha)	Ganancias y pérdidas	
			ha	%
Bosque cerrado	4133.4	3483.7	-649.7	-15.7
Bosque semi-abierto	61.0	95.7	34.7	56.8
Bosque abierto	409.3	891.7	482.3	117.8
Selva baja caducifolia cerrada	18849.6	17520.3	-1329.3	-7.1
Selva baja caducifolia semi-abierta	1066.8	957.7	-109.1	-10.2
Selva baja caducifolia abierta	1968.4	739.9	-1228.5	-62.4
Matorral cerrado	1056.9	3721.0	2664.1	252.1
Matorral semi-abierto	890.9	1220.3	329.3	37.0
Pastizal	1237.7	883.5	-354.2	-28.6
Vegetación riparia	1107.8	892.9	-215.0	-19.4

Figura 15: Escenario de las coberturas naturales en 1996.

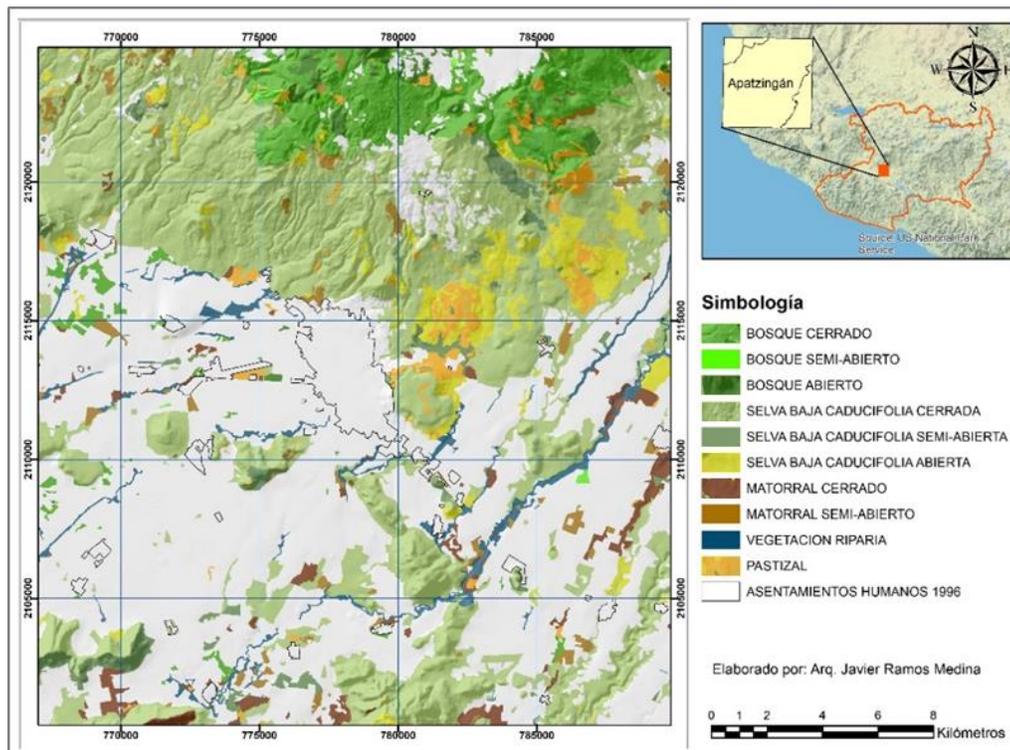
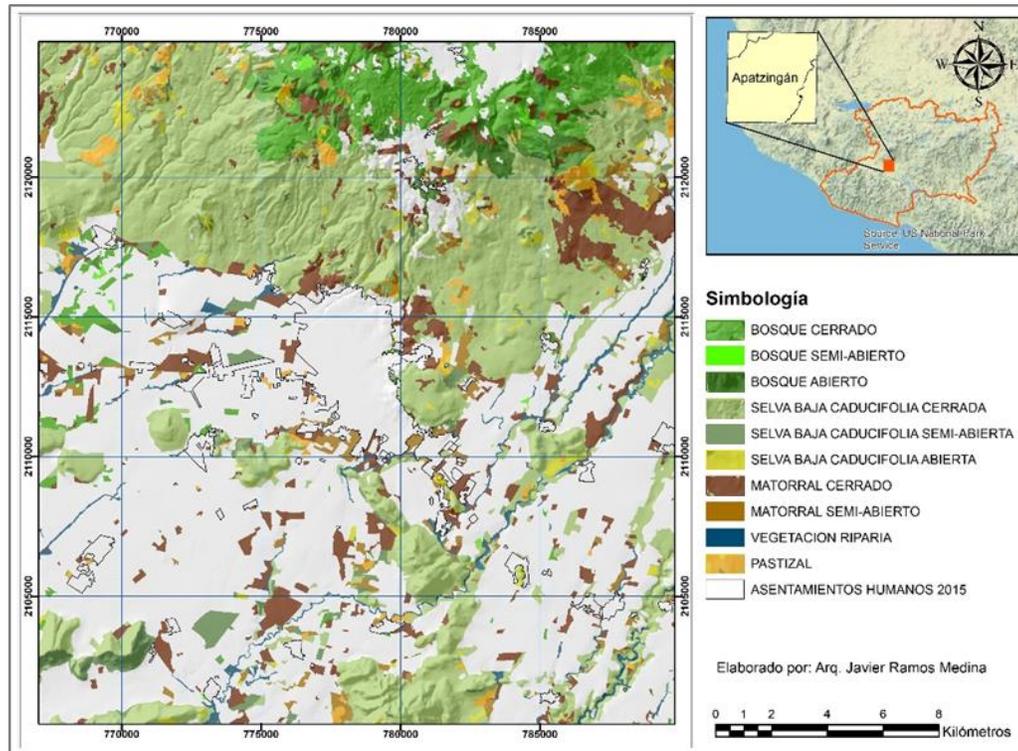


Figura 16: Escenario de las coberturas naturales en 2015.



Conclusiones

En el período analizado (19 años) se dio un cambio del 39% en la superficie que representa el área de estudio, representando una superficie de 22,538 ha, lo que significa un promedio de casi 1,186 ha/año. Los principales procesos de cambio encontrados fueron tres: 1) la conversión de cultivos de riego y humedad a huertos, impulsada por la creciente producción de limón demandada por el mercado nacional; 2) la conversión de huertos a cultivos de riego y humedad, fomentada por un conjunto de políticas orientadas a la producción de otras frutas y hortalizas con fines de exportación a Estados Unidos de América (la papaya por ejemplo); y 3) la conversión de selva baja caducifolia a matorral, la cual, de acuerdo con la tendencia de cambio observada en matorrales, puede tratarse de una especulación para futuros huertos. Estas dinámicas de cambio aportan aproximadamente con el 67% del cambio total de la zona.

A pesar de la importante conversión de Huertos a cultivos de riego y humedad, al final del periodo los cultivos de riego es la cobertura con mayor pérdida de superficie (5,184 ha), seguido de la selva baja caducifolia con 2,666 ha. En cambio, los huertos fueron los de mayor



crecimiento con 4,161 ha (a pesar de su conversión a cultivos de riego), seguido del matorral con 2,992 ha y posteriormente, aunque con una magnitud de crecimiento mucho menor, la ciudad de Apatzingán con 676 ha y otros asentamientos humanos con 464 ha.

Bajo este panorama y gracias a su relación con los factores socioeconómicos identificados, se puede concluir que la fuerza modeladora del paisaje ha sido la reconversión del agro, por un lado, con orientación a las exportaciones, pero en mayor medida por la demanda nacional; en ambos casos no sólo a costa de cultivos tradicionales sino también a costa de las cubiertas forestales, generando una tasa de deforestación media anual de 140 ha (0.64%) en selva baja caducifolia y en bosque de 6.9 ha (0.15%).

En cuanto a la urbanización, la expansión del conjunto de asentamientos humanos fue de 1,140 ha (62.2%), 676 ha (58.1%) en la ciudad y 464 ha (69.5%) en otros asentamientos humanos; es decir, con una diferencia de 151% a favor de la ciudad de Apatzingán. Por ende, el crecimiento de población urbana en la zona ha sido positivo, pasando del 78.6% de residentes urbanos en 1996 a 82.8% en 2015, en cambio, la población rural se ha visto en decadencia, con una pérdida del 34.5%; por un lado, debido a la absorción de otros asentamientos humanos (6.7%) por la expansión del continuo urbano, pero principalmente por la migración de la población, cabe recordar que Apatzingán se encuentra en una de las regiones con mayor migración en el estado. Adicional a esto, el tipo de producción de limón no hace indispensable la incorporación de nuevos asentamientos humanos entre los huertos para su cuidado.

En términos relativos el crecimiento de otros asentamientos (en este caso sólo rurales) fue mayor que el de la ciudad, principalmente a través del uso de suelo habitacional – comercial, aunque con una densidad de construcción mucho menor que el continuo urbano. Este crecimiento en zonas rurales es indicador de una recuperación de las comunidades rurales que inicia a partir del 2005, probablemente por la incorporación de otros productos con fines de exportación.



10 DISCUSIÓN GENERAL

En este estudio se analizaron los cambios de cobertura y uso de suelo en torno a tres ciudades medias del estado de Michoacán de Ocampo para un lapso de 19 años (1996-2015) a través de una clasificación conformada por cinco niveles de generalización que permitió realizar un análisis multiescalar. Las ciudades seleccionadas (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán) son las más habitadas del estado sólo después de Morelia (capital de estado y estudiada en otros trabajos por López *et al.*, 2001; Martínez, 2012; Larrazabal, *et al.*, 2014), con un rango de población entre 100 mil y 500 mil habitantes (INEGI, 2010; CONAPO, 2015); tamaño de localidades en términos demográficos donde vive el 35% de la población nacional (INEGI, 2010).

En los tres casos de estudio, se trata de regiones comandadas por una economía que gira en torno a la producción agrícola intensiva, principalmente frutícola; en Uruapan por la producción de aguacate, en Zamora – Jacona por la producción de fresa y en Apatzingán por la producción de limón; siendo la región de Uruapan, el caso más extremo de una economía focalizada al monocultivo. Este modelo económico surge gracias a las características geográficas de cada región, brindando las condiciones apropiadas para el cultivo de cada producto en particular, lo cual ha permitido su intensiva producción principalmente a partir de la década de 1960 en los respectivos casos (Verduzco, 1984; Zamora-Hernández, 1997; Sánchez, 2012); No obstante, a partir de la entrada de México al TLCAN este modelo económico exportador se ha intensificado.

Además del aporte de las condiciones biofísicas del contexto geográfico y de la influencia de una economía globalizada como factores influyentes del proceso de cambio de cobertura y uso de suelo observado, cabe señalar la influencia de las políticas públicas para el desarrollo rural, las cuales han fomentado la sustitución de cobertura forestal por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo y con mayores ingresos, pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazo (Velázquez *et al.*, 2002).

La política agropecuaria en el estado de Michoacán ha estado muy ligada a la política nacional sin presentar grandes variaciones desde la década de 1970 (Sánchez 2012). El apoyo se ha orientado preferentemente a un reducido grupo de cultivos como las frutas y hortalizas que abastecen el mercado externo; se han canalizado grandes recursos económicos, privilegiando a grandes productores y agro empresarios; y afectando directamente a los cultivos de



subsistencia, los cuales tienen escasos apoyos, como puede verse en los períodos de gobierno de Genovevo Figueroa Zamudio (interino), Ausencio Chávez Hernández y Manuel Tinoco Rubí Hernández, Cárdenas Batel y Leonel Godoy, durante los años de 1990-1991, 1992-1996, 1996-2002, 2003-2008, y 2008-2010 respectivamente (Sánchez 2012).

De acuerdo con Castells (2014) podemos decir que las regiones estudiadas se encuentran bajo un modelo económico extractivista, comandado por inversiones extranjeras que obligan de manera indirecta al campesino a vender o rentar sus tierras al mejor postor. El campesinado se convierte en jornalero de estos grandes productores. Este proceso también tiene sus raíces a partir de la reforma del artículo 27 constitucional con el objetivo de dar certidumbre a los inversionistas extranjeros en la agricultura, dando por concluido el reparto de tierras y se abre la posibilidad de incorporar al mercado 103 millones de hectáreas de tierras ejidales y comunales (Pérez, 2002) y el desmantelamiento de apoyos al campo para pequeños productores.

Los procesos de cambio observados en el periodo analizado sobre los casos de Zamora y Uruapan a nivel local cumplen con la teoría de que, los procesos socioeconómicos ligados a la globalización son los principales factores detonantes de los cambios en el uso del suelo en países en desarrollo (Geist y Lambin, 2006; Nepstad *et al.*, 2006; Von Braun, 2009; Rulli *et al.*, 2013); en este caso, por la demanda exterior de productos agrícolas, principalmente del mercado estadounidense.

Bajo este panorama, Uruapan ha experimentado una expansión agrícola de 2,787 ha a costa de la superficie forestal (bosque) para cubrir la demanda global de aguacate. En Apatzingán la situación es similar, con la diferencia que se trata de un producto principalmente demandado en territorio nacional, generando una pérdida aproximada de 1,000 ha de superficie forestal (bosque y selva baja caducifolia) por la expansión de la frontera agrícola. En cambio, en Zamora – Jacona, por tratarse principalmente de una tecnificación en la producción de fresa a través de un sistema de riego por goteo, acolchados y macrotúneles, la expansión de la frontera agrícola sobre áreas forestales (selva baja caducifolia) fue únicamente de 145 ha. El hecho de que se esté deforestando para expandir las áreas de cultivos para la producción de los respectivos productos beneficia a los productores al corto plazo, pero a la larga les impondrá costosas consecuencias (De la Tejera, 2012).



El proceso de deforestación y reforestación observado en los diferentes casos de estudio coincide con la teoría de la transición forestal que relaciona la recuperación de la cobertura forestal con el abandono de tierras productivas (Rudel *et al.*, 2005; Rudel *et al.*, 2010); más no con la teoría de que el incremento de la urbanización y la reducción poblacional en las zonas rurales disminuye la presión en el uso del suelo, facilitando así la recuperación de la vegetación natural. En el caso de Zamora – Jacona la proporción de población rural se ha mantenido estable, incluso la expansión de las localidades de esta índole y el surgimiento de nuevas localidades demuestran su importancia en la zona; sin embargo, su superficie forestal ha mostrado una importante recuperación sobre campos de cultivo de temporal y matorrales. En cambio, en los casos de Uruapan y Apatzingán la tendencia del crecimiento de población urbana ha sido continua con una reducción de la población rural y sin embargo han sufrido los mayores cambios en la cubierta forestal.

Bajo este contexto se puede decir que la transición forestal no únicamente depende del abandono de tierras de cultivo y mucho menos de la pérdida de población rural; también depende del tipo de reconversión agrícola.

Los cambios observados en Uruapan y Apatzingán simbolizan el proceso más representativo de cambio de cobertura y uso de suelo a nivel nacional, donde la ganadería, la agricultura y el crecimiento de asentamientos humanos son la causa principal de la deforestación (Mas *et al.*, 2004; Sánchez-Colón *et al.*, 2009 en: Cuevas *et al.*, 2010).

De acuerdo con Sánchez – Colón *et al.* (2009), a partir de 1970, la expansión de los asentamientos humanos se ha ido constituyendo como el cambio de uso de suelo más importante de algunas regiones del país. Esto se debe precisamente por el desmesurado crecimiento que sufrieron las ciudades grandes bajo la influencia de un modelo económico sustitutivo de importaciones en el periodo de 1940-1980, con las tasas más altas de crecimiento demográfico y de urbanización registrado en México (INEGI, 1994; Sobrino, 2011; Almanza, 2016). No obstante, en las zonas estudiadas en este trabajo, la expansión de los asentamientos humanos no ha sido el principal factor del cambio de cobertura y uso de suelo en términos físicos, sino continúan siendo las actividades agrícolas; con excepción de Zamora – Jacona por el manejo tecnificado para la producción de fresa mencionado anteriormente.

Bajo este contexto, se puede plantear la hipótesis de que los principales cambios de cobertura y uso de suelo en torno a las diferentes ciudades del país, independientemente de su tamaño,



están relacionados con la especialización económica de la ciudad; ya sea con una influencia preferente a través de la expansión agrícola en aquellas ciudades con una economía basada en el sector primario, o por la propia expansión de la ciudad en aquellas urbes con una economía basada principalmente por la industrialización (sector secundario) y los servicios (sector terciario).

Es verdad que las ciudades bajo estudio albergan a un porcentaje de residentes urbanos incluso mayor a la media nacional (77%) y a la media de Latinoamérica (80%) (RED, 2017); Uruapan con 95%, Zamora -Jacona con 92% y Apatzingán con 83% (INEGI, 2010). Sin embargo, a diferencia de los casos más generalizados de urbanización donde la industria manufacturera y los servicios comandan la economía, estas ciudades medias del estado de Michoacán giran en torno a la producción agrícola, lo cual se refleja en una recuperación del porcentaje de ocupación de la población en el sector primario. Además, son espacios donde la actividad económica predominante está vinculado directamente con el agro, ya sea como actividad primaria (agricultura), secundaria (agroindustria) y terciaria (comercio y servicios orientados a la agricultura y la agroindustria); por lo tanto, de acuerdo con Bárcenas y De la Tejera (2016); y Canales y Canales (2013) las ciudades de Uruapan, Zamora – Jacona y Apatzingán pueden ser denominadas como agrópolis o ciudades agrarias. Estas tres ciudades junto con Tacámbaro son las primeras ciudades en México denominadas como agrópolis.

En este periodo en que las ciudades latinoamericanas albergan a la mayoría de la población, ocupándose principalmente en el sector secundario y terciario con una desvinculación del campo; las agrópolis representan la ruptura de la dicotomía entre la ciudad y el campo, fomentando estrechas relaciones económicas y sociales entre la ciudad principal con otras localidades de menor tamaño (urbanas y rurales).

En el caso de Zamora – Jacona, la economía basada en el cultivo intensivo de fresa no sólo ha fomentado a la sociedad a trabajar en torno a su producción, ya sea como actividad primaria, secundaria y terciaria; sino también ha configurado espacialmente al sistema de asentamientos humanos, donde se observa una expansión de las localidades existentes así como el surgimiento de nuevas localidades, de estas últimas, principalmente rurales; con una estrecha relación social y económica entre la ciudad y el campo.

En cuanto la expansión de las tres ciudades bajo estudio, en términos relativos se observó un crecimiento similar; Uruapan tuvo la mayor superficie en los dos años de análisis, seguida de

Zamora-Jacona y Apatzingán (Cuadro 1). Las tres ciudades expandieron su mancha urbana más del 50%, no así su tamaño demográfico que aumentó en un rango del 13.3% al 35.1% (Cuadro 1). Este proceso se debe principalmente a tres factores: 1) a la densidad de construcción que caracteriza a cada ciudad; 2) a los usos de suelo bajo los cuales han crecido preferentemente y; 3) a la emigración de la población; la cual pudo haber sido impulsada por la violencia por la cual ha pasado México y en especial Michoacán en las últimas décadas; siendo el valle de Apatzingán, la región del estado con mayor emigración a partir de 1990 (Pérez, 2017), esto se ha materializado en un menor crecimiento de población en la ciudad de Apatzingán y la mayor pérdida de pobladores rurales.

Cuadro 1: Superficie y población para las ciudades bajo estudio.

Ciudad	Superficie en Ha		% incremento	No. de habitantes		% incremento
	1996	2015		1995	2015	
Uruapan	2,636	4,235	60.7	215,449	291,133	35.1
Zamora-Jacona	1,578	2,371	50.2	170,228	208,350	22.4
Apatzingán	1,164	1,840	58.5	89,834	101,751	13.3

Fuente: Población obtenida a partir de INEGI (1995) y CONAPO (2015).

En las tres ciudades se observó una desaceleración del crecimiento demográfico contra una expansión importante del espacio construido que lo supera de dos a cuatro veces en términos relativos; proceso similar al esperado para Latinoamérica de acuerdo con el programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat, 2012), con excepción de Apatzingán donde el crecimiento de la mancha urbana supera cuatro veces su crecimiento poblacional.

El fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, 2007), Predijo que entre los años 2000 y 2030 la población urbana del mundo aumentará en 72% mientras que la superficie de las zonas edificadas donde viven 100,000 o más personas podría aumentar en 175%. De acuerdo con estas cifras en proporción al periodo analizado de 19 años en las ciudades bajo estudio, los tres casos quedan por debajo de dicha predicción, mayormente la ciudad de Apatzingán en donde la población aumentó 13.3% y la mancha urbana 58.1% (Cuadro1).

Las ciudades estudiadas están creciendo entre 974.8 m² y 2,305m² al día (Cuadro 2); al comparar este crecimiento con la ciudad de Morelia, la capital del estado crece a un ritmo superior con 10,145.5m² al día (realizado a partir de información de Valdivias Aguilar, 2016). Inostroza, *et al.* (2013) realiza un estudio de crecimiento urbano en diez ciudades

latinoamericanas e indica que crecen en promedio 20m² por minuto; lo que implica 29,479 m² al día (Inostroza, 2017); estos valores se encuentran al menos 10 veces por arriba de los valores de las ciudades estudiadas en Michoacán.

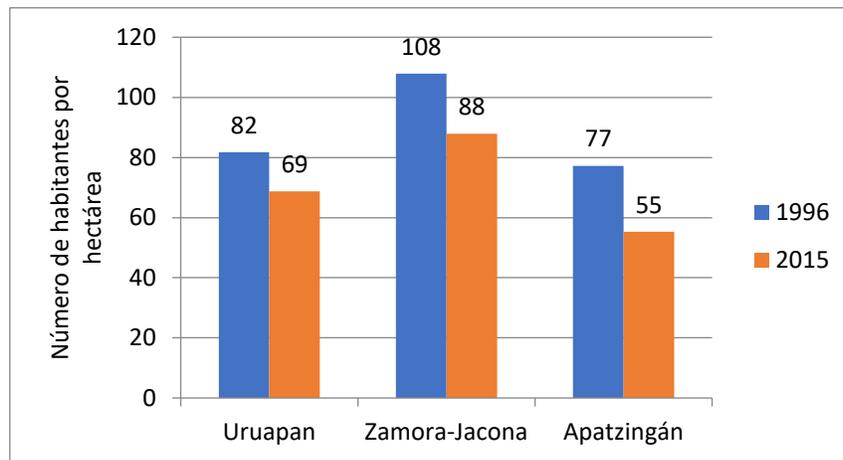
Cuadro 2: Superficie de crecimiento por día y ciudad.

Ciudad	Crecimiento por día
Uruapan	2,305.7 m ²
Zamora-Jacona	1,143 m ²
Apatzingán	974.8 m ²
Morelia	10,145.5 m ²

Fuente: Elaboración propia a través datos originales de cobertura de 1996 y 2015.

La diferencia de crecimiento de mancha urbana con crecimiento demográfico ha provocado una reducción en la densidad de población (número de habitantes por hectárea) (Figura 1); para el caso de Uruapan y Zamora-Jacona se debe en parte importante a que alrededor del 19% y 38% de su crecimiento de manera respectiva fue a través de usos de suelo no habitacional, principalmente vacíos urbanos que quedaron atrapados por la expansión de las correspondientes manchas urbanas, además de un 13.1% y 19.9% de aportación en su crecimiento de manera respectiva a través de conjuntos habitacionales que pueden tener un bajo grado de ocupación; y en el caso de Apatzingán aunque el 90% de su crecimiento involucra un uso habitacional comercial, su crecimiento demográfico fue mucho menor. Por lo tanto, no existe una correlación entre la densidad de población con la densidad de construcción analizada, ya que esta última tiende a incrementar de manera importante para los diferentes casos de estudio.

Figura 1: Densidad de población por ciudad de análisis.



Fuente: Elaboración propia a través de datos originales y los censos poblacionales de INEGI (1996) y estimaciones de CONAPO (2015).

Al igual que las ciudades latinoamericanas, en las ciudades bajo estudio se ha reportado un descenso en los valores de densidad de población debido a su crecimiento horizontal, cuando las recomendaciones de los organismos internacionales indican que las ciudades deben de densificarse (mayor población por unidad de superficie).

Las comparaciones con respecto a la densidad de población en las ciudades suelen padecer grandes dificultades; por un lado, depende de la interpretación precisa y cuantificación de los límites de una ciudad debido a que en la mayoría de los casos las periferias son difusas; y por otro, al criterio de cuantificación de la población que reside dentro de dichos límites, además de la dificultad que implica contar con información censal a ese nivel de desagregación. No obstante, puede decirse en términos generales que las ciudades latinoamericanas y caribeñas tienen superficies mayores a los parámetros demográficos y, por consiguiente, sus índices de densidad de población suelen encontrarse entre los menores del mundo en desarrollo (Doga y Kasarda, 1988).

Así mismo, La expansión de las diferentes ciudades no se ha diferenciado de los casos más generales de urbanización a nivel nacional y mundial, donde las manchas urbanas han desbordado sus límites sobre importantes tierras de valor agrícola (Morello *et al.*, 2000; López *et al.*, 2001; Fujihara *et al.*, 2005; Hara *et al.*, 2005; Rayburn y Schule, 2009). Esta tendencia puede haberse derivado por el cada vez mayor abandono del sector primario a favor de la industria y los servicios. Sin embargo, para las zonas de estudio, esta tendencia refleja una



mayor contradicción para el desarrollo económico que las caracteriza. Uno de los factores formales más influyentes para ello, ha sido el decremento en la densidad de población, originando cada vez más, ciudades más extensas.

La expansión de las ciudades y otros asentamientos sobre tierras productivas y la pérdida de superficie forestal reflejan la inadecuada o carente planificación urbana y del territorio; debido a ello, las actividades humanas hoy en día son reconocidas como el factor más influyente de las transformaciones ambientales (Vitousek *et al.*, 1986; Vitousek *et al.*, 1997; López *et al.*, 2001; Ramankutty *et al.*, 2006).

La dispersión de las ciudades en el territorio plantea desafíos para su gestión y sostenibilidad; la pérdida de densidad significa el aumento de los costos de todas las infraestructuras y su mantenimiento; las ciudades más extensas requieren más carreteras, tuberías, cables, sistemas de transporte y hacen que disminuyan las economías de escala y las ventajas de aglomeración (ONU-Habitat, 2012).

Los patrones de urbanización en las ciudades medias del país hacen necesario plantearnos el crear centros urbanos inclusivos, con mayores espacios públicos, infraestructura pública accesible (hospitales, escuelas, centros culturales, áreas verdes urbanas), que mejoren la movilidad urbana y la eficacia energética a través de la planificación del territorio y así lograr ciudades más sostenibles; sin embargo, esto queda en espera de contar con datos básicos necesarios que permitan comprender primeramente el crecimiento de las ciudades, tanto de manera interna, como los cambios de cobertura que originan en su periferia (ONU-Habitat, 2012).

En América Latina permanecen desconocidas para la mayoría de las ciudades la dinámica espacial, la estructura, las principales características de cada ciudad, las tasas de consumo de suelo, el arreglo espacial, los grados de fragmentación y comparabilidad (Inostroza, *et al.*, 2013) Los trabajos de cambio de cobertura y uso del suelo son importantes para contabilizar los procesos que ocurren dentro y fuera de las ciudades. En el caso de la densidad poblacional, los datos de este trabajo de investigación no se pudieron comparar con estudios realizados en ciudades medias que presentaran características similares a las ciudades de este trabajo. Por ejemplo, que fueran ciudades con una población entre 100,000 y 500,000 habitantes, que existieran estudios detallados realizados en el mismo periodo de este estudio, los datos que se comparan corresponden a ciudades más grandes, que son capitales de países ubicados



en Sudamérica y la ciudad de Morelia que presenta una población cercana al millón de habitantes y su comportamiento y procesos de cambio son diferentes a las ciudades que se trabajan en este estudio.

En la investigación que se presentó, es posible percatarse de la diferencia en la dinámica espacial, temporal y demográfica que existe de acuerdo con el tamaño de la ciudad que se estudia y en la importancia de generar información básica para las ciudades medias de nuestro continente, las cuales sufren los procesos más rápidos de expansión.

11 CONCLUSIONES GENERALES

El monitoreo y análisis multiescalar de los cambios de cobertura y uso de suelo a través de la interpretación visual sobre ortofotos digitales e imágenes satelitales permitieron caracterizar a nivel detallado el crecimiento urbano y las transformaciones territoriales en torno a tres ciudades medias en el estado de Michoacán de Ocampo (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán), con un grado de fiabilidad del 96%. Este análisis detallado permitió relacionar satisfactoriamente los cambios de cobertura y uso de suelo con información socioeconómica para entender la causalidad de su transformación; convirtiéndose en el primer estudio en el estado que caracteriza de manera conjunta el crecimiento urbano de tres ciudades medias con los cambios territoriales de su entorno.

La dinámica de cambio de cobertura y uso de suelo en los tres casos de estudio indica que la reconversión agrícola es la principal directriz que fomenta al crecimiento urbano y las transformaciones territoriales en su entorno geográfico; basados en un producto de exportación en los casos de Uruapan y Zamora – Jacona y por un producto demandado por el mercado nacional en Apatzingán. Por consiguiente, puede decirse que el proceso de urbanización de las ciudades medias bajo estudio se encuentra descontextualizados de los procesos más generalizados de urbanización entre ciudades medias y grandes del país, donde la economía se concentra en la industria y los servicios, principalmente. Las ciudades de este estudio no sólo no han perdido importancia agrícola a pesar de su elevado porcentaje de población urbana, sino que la han incrementado por la producción agrícola de aguacate, fresa y limón, respectivamente (Uruapan, Zamora-Jacona y Apatzingán) y han impulsado también las actividades secundarias y terciarias a través del procesamiento y venta de estos;



características bajo las cuales estas ciudades pueden ser denominadas como agrópolis o ciudades agrarias.

A pesar de que los principales cambios observados en los tres casos de estudio han respondido a un proceso económico común; la configuración urbana, la dinámica demográfica y los cambios de cobertura en el contexto geográfico tienen sus particularidades. Esto significa que existen otros factores que están dirigiendo el cambio de cobertura y uso del suelo de manera distintiva, pudiendo ser: los factores biofísicos que dependen del contexto geográfico, las políticas públicas que fomentan la economía en torno al cultivo de un producto en particular y quizás, la inseguridad que invade a cada una de las regiones analizadas, entre otros.

Mientras que en los casos de Uruapan y Apatzingán los cambios más importantes fueron sobre coberturas forestales por la expansión de huertos, en Zamora – Jacona, las superficies forestales presentan una tendencia de recuperación, puesto que, los cambios más importantes fueron sobre los cultivos de riego por la expansión de la mancha urbana de la ciudad, del resto de asentamientos humanos y por la proliferación de lotes baldíos, principalmente. Estas diferencias se deben al proceso productivo demandante; mientras la producción de aguacate y limón tiende a expandir el área de huertos sobre otras coberturas, la producción de fresa tiende a incorporar una tecnificación sobre los cultivos de riego ya existentes.

Por otro lado, de acuerdo con la diversidad de producción observada en campo, Uruapan representa el caso económico más dependiente al monocultivo; en Zamora - Jacona aún se observan grandes extensiones donde se cultiva maíz además de algunas hortalizas; y en Apatzingán existe mayor diversidad de frutos.

En cuanto a urbanización; mientras que en Uruapan y Apatzingán la configuración de asentamientos humanos se mantiene prácticamente de manera concéntrica, con una primacía de población sobre la ciudad principal; en Zamora - Jacona la configuración de asentamientos humanos y la dinámica demográfica tiene a dispersarse. Este proceso diferenciado puede estar vinculado con las características biofísicas, por ejemplo, las pendientes del terreno, lo cual permite la expansión de diversas localidades y la incorporación de nuevas localidades entre los campos de cultivo en el caso de Zamora -Jacona, mientras en Uruapan y Apatzingán las pendientes lo restringen. Por otro lado, puede estar vinculado con las políticas públicas, las cuales al beneficiar principalmente a los grandes productores y agro empresarios, obligan a los pequeños productores a vender o rentar sus tierras, lo cual conlleva a que la población



rural tienda a concentrarse en la ciudad, pudiendo ser el caso de Uruapan y Apatzingán. Otro posible factor que puede estar influyendo en la configuración urbana, es el manejo requerido para cada tipo de producción; en el caso de Zamora - Jacona, para mantener los niveles de inocuidad de la fresa se necesita de un proceso de preenfriamiento, lo cual puede estar fomentando la instalación de empresas dedicadas a este proceso en las cercanías del lugar de cosecha, así como algunas distribuidoras; así mismo, su instalación origina la expansión de otras localidades rurales entre los campos de cultivo. Esto se sustenta al observar que, de acuerdo con los usos de suelo sobre otros asentamientos humanos, el 6.5% de su crecimiento fue a través de usos de suelo industrial y el 10% por usos de suelo comercial; estas cifras en hectáreas representan una mayor superficie que la originada por estos mismos usos de suelo sobre el continuo urbano de Zamora - Jacona.

Por otra parte, a pesar de que el tema de la violencia y el narcotráfico no se abordó en este estudio, cabe mencionar que estos factores también tienen su influencia sobre el crecimiento urbano y los cambios territoriales en las tres zonas estudiadas; lo cual, de no haber realizado un análisis detallado sobre la producción y el crecimiento demográfico, no hubiese sido posible identificarlo. A pesar de que el narcotráfico en Michoacán tiene sus raíces desde la década de 1950 y su auge a partir de 1980 a partir de las reformas neoliberales del Estado, en el periodo de 2006 – 2012 durante el sexenio de Felipe Calderón inicia una guerra contra el narcotráfico; periodo en el cual la superficie sembrada de los respectivos productos mayormente demandantes (fresa, aguacate y limón) tiende a disminuir drásticamente. En el análisis bitemporal de cambio de cobertura y uso de suelo de este estudio no fue detectado este decremento; sin embargo, cabe suponer que en el periodo de 1996-2012 surgió un intercambio entre la producción frutícola y productos ilícitos, incentivando la emigración rural y el mayor crecimiento demográfico sobre las ciudades. Además, otro factor que pudo influir en este proceso descrito es la tasa de cambio; de acuerdo con la evolución del precio del dólar observada en el periodo de estudio, en 2009 su valor incremento de manera importante con respecto a los años anteriores; lo cual para una economía basada en la exportación, representa más producto exportado por menor precio; esta devaluación del peso mexicano más las cuotas que el crimen organizado cobraba a los productores pudo fomentar el abandono, venta o renta de los campos de cultivo y por lo tanto un mayor desplazamiento de población rural a las zonas urbanas.



Este trabajo fue posible gracias a la integración de varias disciplinas como la geografía, la economía y el urbanismo; bajo las cuales se ha demostrado una carente planificación del territorio, la cual se refleja en la inapropiada expansión urbana sobre importantes campos de cultivo, así como la proliferación de lotes baldíos; y por supuesto, en la expansión de un monocultivo que fomenta la pérdida de cobertura forestal, reduciendo la recarga de mantos acuíferos y contaminándolos con diversos agroquímicos, entre otras implicaciones ambientales.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron muy satisfactorios para reconocer la tendencia de la urbanización y los cambios territoriales en 19 años en términos generales; sin embargo, surgen nuevas preguntas al respecto. ¿Qué problemas sociales, económicos, y medioambientales representa el modelo económico identificado sobre estas tres regiones y cuál es el posible escenario a corto, mediano y largo plazo de continuar con la misma tendencia?, ¿Cuáles serían los efectos en cuestión de cambios territoriales y sociales ante la posible salida de México del TLCAN?, ¿Qué relación existe entre los cambios observados y los factores biofísicos? La respuesta a todas estas preguntas es fundamental, sólo así podremos entender de manera integrada la configuración espacial del desarrollo urbano y territorial y de esta manera poner en balance los beneficios e implicaciones sociales, económicas y ambientales para poder fomentar políticas que conduzcan a un desarrollo sostenible.

Para contestar cada una de estas preguntas siempre es necesario contar con información fidedigna y lo suficientemente detallada; la carencia o ausencia de ella puede complicar su desarrollo. En la presente investigación, la principal implicación fue no contar con información socioeconómica desagregada a nivel localidad; esto incitó a la investigación a fundamentar sus conclusiones a través de información con diferentes niveles de detalle. Por lo tanto, como sugerencia de continuar con este trabajo, es realizar un análisis con el mismo grado de detalle, pero incluyendo municipios completos, de tal manera que puedan aprovecharse las fuentes con información socioeconómica existente a este nivel de desagregación; por otro lado, sería conveniente incluir un año más de análisis de cambio de cobertura y uso de suelo y así identificar posibles tendencias de cambio que no fueron posibles de observar en un análisis bitemporal; además, esto permitiría de una manera adecuada realizar análisis estadísticos.



12 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. G., & Vázquez, M. I. (2000). Crecimiento urbano y especialización económica en México: Una caracterización regional de las funciones dominantes. *Investigaciones geográficas*, (42), 87-108.
- Aguilar, J. A. P., Añó, V. A. C., & Sánchez, J. (2006). Urban growth dynamics (1956-1998) in mediterranean coastal regions: the case of Alicante, Spain. In *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue* (pp. 325-340). Springer, Dordrecht.
- Almanza, A. S. (2016). Sistema de ciudades y redes urbanas en los modelos económicos de México. *Problemas del desarrollo*, 47(184), 7-34.
- Anderson, J., Hardy, E., Roach J. and Witmer, R. 1976. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Geological Survey Professional Paper 964. EUA. 34pp.
- Ávila Sánchez, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios Agrarios*: 93-123.
http://www.pa.gob.mx/publica/rev_41/analisis/7%20hector%20avila.pdf
- Bárceñas, L., & De la Tejera, B. (2016). Transformaciones rur-urbanas en el municipio de Tacámbaro, Michoacán. *Economía y Sociedad*, 20(34).
- Barnsley, M. and Barr, S. (2000). Monitoring urban land use by Earth observation. *Surveys in Geophysics*, 21(2-3):269–289.
- Batisani, N., & Yarnal, B. (2009). Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: Spatial dynamics and landscape transformations. *Applied Geography*, 29(2), 235-249.
- Bazant, J. S. (2010). Paradigmas de la Planeación Urbana en la Dinámica de Transformación del Suelo Urbano. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
- Benítez Badillo, G. (2011). Crecimiento de la población y expansión urbana de la ciudad de Xalapa, Veracruz y sus efectos sobre la vegetación y agroecosistemas.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2011. "Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe.
- Blitzer, Silvia (1988), *Outside the large cities; Annotated bibliography and guide to the Literature on Small and Intermediate Centres in the third world*, London, International Institute for Environment and Development (IIED- London).
- Burgess, R. (2003). Ciudad y sostenibilidad: Desarrollo urbano sostenible. *Cuadernos de la CEPAL*. Bocco, G., Palacio, J. L., & Valenzuela, C. (1991). Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y desarrollo*, 27(97), 79-88.



- Bocco, G. y C.R. Valenzuela. 1988. *Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS*. ITC Journal (4):309-319.(Int. J. of Applied Earth Observ. & Geoinformation).
- Bocco, G. y H. Riemann (1997), "Quality assessment of polygon labelling", *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 63 (4):393 - 395.
- Bocco, G., & Mendoza, M. (1999). Evaluación de los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo en Michoacán (1975-1995). Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio. *Campus Morelia. Michoacán, México*.
- Bocco G., J.L. Palacio-Prieto, J. A. Velázquez y J.F. Mas. 2000. *Informe Técnico Inventario Nacional Forestal 2000-2001. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. pp. 323.*
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Maserá (2001), "La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación", *Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 44, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 18-38.*
- Bouinot, J. (1991, January). Les villes moyennes européennes et l'échéance de 1993. In *Annales de géographie* (pp. 770-796). Armand Colin.
- Burroughs, P.A 1986. *Principles of geographic information system for land resource assessment*. Clarendon Press, Oxford.
- Canales, A., & Canales Cerón, M. (2013). De la metropolización a las agrópolis. El nuevo poblamiento urbano en el Chile actual. *Polis. Revista Latinoamericana*, (34).
- Castillo, P. E., Lehtonen, P., Simula, M., Rosa, V., & Escobar, R. (1989). Proyecciones de los principales indicadores forestales de México a largo plazo (1988-2012). *Reporte interno, Subsecretaría Forestal, Cooperación México-Finlandia, SARH, México*.
- Carr, D. L. (2004). Proximate population factors and deforestation in tropical agricultural frontiers. *Population and environment*, 25(6), 585-612.
- Carr, D. (2006). A tale of two roads: Land tenure, poverty, and politics on the Guatemalan frontier. *Geoforum*, 37(1), 94-103.
- Carr, D. (2009). Population and deforestation: why rural migration matters. *Progress in Human Geography*, 33(3), 355-378.
- Catalán, B., Saurí, D., & Serra, P. (2008). Urban sprawl in the Mediterranean?: Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993–2000. *Landscape and urban planning*, 85(3-4), 174-184.
- Chávez de Ortega, E. (1996). Urbanismo en ciudades medias y pequeñas. *Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad-UNAM*.



- Chen LY, Yang HCH. Scenario simulation and forecast of land use/cover in northern China. *Chines Science Bulletin* 2008; 53: 1401-1412.
- Chuvienco Salinero, E., & Salinero, E. C. (2002). Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Uruapan, estado de Michoacán*. Gerencia de Aguas Subterráneas. México, D.F. (www.cna.gob.mx). 26 p.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2015). *Proyecciones de la Población 2010– 2050*. Recuperado en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) y SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2012). *Sistema Urbano Nacional 2012*. Recuperado en: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1539/1/images/ParteslaV.pdf>
- Correa, P. G., Vargas, F., Bravo, T. J. S. L., Figueroa, Z. M. S., Sánchez, D. G., Antaramian, H. E., & Rieder, E. (2003). Atlas geográfico del estado de Michoacán. *Editorial Eddissa. SA de CV México*, 29-55.
- Couturier, S., J. F. Mas, E. López, G. Cuevas, A. Vega and V. Tapia (2007). "Accuracy assessment of land cover maps in sub tropical countries: a sampling design for the Mexican National Forest Inventory", *Online Journal of Earth Sciences*, vol. 1, pp. 127-135.
- Cuevas, M. L., Garrido, A. R. T. U. R. O., Pérez, J. L., & González, D. I. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. *Cotler, H., coord. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. Semarnat, INE y Fundación G. Río Arronte IAP México, DF* p, 96-103.
- da Cunha, J. M. P., & Rodríguez Vignoli, J. (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. *Revista Latinoamericana de Población*, 3(4-5).
- De la Tejera, B. y Santos, A. (2010). Michoacán: Una historia agrícola de contrastes y polarización en su historia agrícola. En Gómez G., C. Ramírez y L. Llanos; Volumen V: *Sociedad Rural y Soberanía Alimentaria. Agricultura, Ciencia y Sociedad Rural: 1810-2010* (pp. 421-446). México: Universidad Autónoma Chapingo.
- De la Tejera Hernández, B., Santos, Á., Santamaría, H., Gómez, T., & Olivares, C. (2013). El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el Estado y la sociedad. *Economía y Sociedad*, 17(29).
- Dirzo, R., & Masera, O. (1996). Clasificación y dinámica de la vegetación en México. *Criterios y terminología para analizar la deforestación en México*.
- Dogan, M. and Kasarda, J.D., 1988. *A World of Giant Cities. The Metropolis Era*. SAGE Publications



- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma. 154 p.
- FAO. Forest Resource Assessment [serie en internet] (15 resultados clave). 2005 [consultado 2010 marzo]; Disponible en: <http://www.fao.org>.
- FAO. Forest Resource Assessment [serie en internet] (principales resultados). 2010 [consultado 2010 marzo]; Disponible en: <http://www.fao.org>.
- Figueroa, O., 2005. Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *Revista Eure*, XXX1 (94): 41-53.
- Franklin, J., C. E. Woodcock and R. Warbington (2000), "Multi-attribute vegetation maps of forest services lands in California supporting resource management decisions", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66, pp. 1209-1217.
- Fujihara, M., Hara, K., & Short, K. M. (2005). Changes in landscape structure of "yatsu" valleys: a typical Japanese urban fringe landscape. *Landscape and Urban Planning*, 70(3-4), 261-270.
- García Mora, T. J., & Mas, J. F. (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Investigaciones geográficas*, (67), 7-19.
- Garduño-Monroy, V. H., Corona-Chávez, P., Israde-Alcantara, I., Mennella, L., Arreygüe, E., Bigoggero, B., & Chiesa, S. (1999). Carta geológica de Michoacán. 1: 250,000. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mexico*, 111.
- Garibay, C., & Bocco, G. (2007). Situación actual en el uso del suelo en comunidades indígenas de la Región Purépecha 1976–2005. *Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Garza, G. (2002). Urbanization of Mexico during the Twentieth Century. *Documento de Trabajo sobre el Cambio Urbano*, 7.
- Garza, G., 2003. La urbanización de México en el siglo XX. CEDDU, El Colegio de México, México.
- Gasparri, N. I., & Grau, H. R. (2009). Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Forest ecology and Management*, 258(6), 913-921.
- Gómez-Mendoza, L., Vega-Peña, E., Ramírez, M. I., Palacio-Prieto, J. L., & Galicia, L. (2006). Projecting land-use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Applied Geography*, 26(3), 276-290.
- Geist, H.J., and E.F. Lambin. 2006. Land-use and land-cover change local processes and global impacts (Eric F. Lambin and H Geist, Eds.). *Global Change – The IGBP Series*.



- Geist, H.J., W. McConnell, E.F. Lambin, E. Moran, D. Alves, and T. Rudel. 2006. Causes and trajectories of land-use/cover change. p. 41–70. In Lambin, E.F., Geist, H. (eds.), Land-use and land-cover change. Local processes and global impacts. Global Change – The IGBP Series.
- Graumann, John V (1977), “Orders of magnitude of the world’s urban and rural population in history”, United Nations Population Bulletin 8, Naciones Unidas, Nueva York, páginas 16–33.
- Güell, J. M. F. (2006). *Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos* (Vol. 10). Reverté.
- Haller, A., 2016. Urbanites, smallholders, and the quest for empathy: prospects for collaborative planning in the periurban Shullcas Valley, Peru. *Landscape and Urban Planning*, 165: 220-230.
- Hara, Y., Takeuchi, K., & Okubo, S. (2005). Urbanization linked with past agricultural landuse patterns in the urban fringe of a deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. *Landscape and Urban Planning*, 73(1), 16-28.
- Hardoy, Jorge E. - Satterhwaite, (ed.) (1996) Small and intermediate urban centres: Their role in national and regional development in the third world, London, Hodder and Stoughton.
- Hecht, S. (2010). The new rurality: Globalization, peasants and the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy*, 27(2), 161-169.
- Hersperger, A., and M. Bürgi. 2007. Driving forces of landscape change in the urbanizing Limmat valley, Switzerland. p. 45–60. In Koomen, E. (ed.), *Modelling Land-Use Change*. Springer, Netherlands.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 1983, Carta Geológica, Morelia, E1401, Escala 1: 250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 1984, Carta Geológica, Colima, E1303, Escala 1: 250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 1983, Carta Geológica, Lázaro Cárdenas, E1306, Escala 1: 250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2007, Carta Edafológica, Morelia, E1401, Escala 1: 250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2007, Carta Edafológica, Colima, E1401, Escala 1: 250,000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2007, Carta Edafológica, Lázaro Cárdenas, E1401, Escala 1: 250,000.
- INEGI (1994). *Estadística Históricas de México Tomo I*.



- INEGI 1995. Censo de Población y Vivienda 1995. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.
- INEGI (2000). Censo Nacional de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.
- INEGI (2005). Censo de Población y Vivienda 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.
- INEGI (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.
- INEGI (2015). Encuesta Intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), México.
- INEGI, 2016a. Panorama sociodemográfico de Michoacán de Ocampo. Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno de México: 127 pp.
- INEGI, 2016b. Principales resultados de la encuesta intercensal 2015, Michoacán. Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno de México: 132 pp.
- Inostroza, L., Baur, R., and Csaplovics, E., 2013. Urban sprawl and fragmentation in Latin America: a dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management* (115): 87-97
- Inostroza, L., 2017. Informal urban development in Latin American urban peripheries. *Spatial assessment in Bogotá, Lima and Santiago de Chile. Landscape and Urban Planning*, 165: 267-279.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Izquierdo, A., De Angelo, C., & Aide, T. (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).
- Kirby, K.R., W.F. Laurance, A.K. Albernaz, G. Schroth, P.M. Fearnside, S. Bergen, E.M. Venticinque, and C. da Costa. 2006. The future of deforestation in the Brazilia Amazon. *Futures* 38(4): 432–453.
- Laborie, J. P. (1991, December). Les villes moyennes face à la métropolisation. In *L'avenir des villes-Les chemins de la recherche. Actes du colloque «L'avenir des villes: excellence et/ou diversité»*. Lyon, Programme Rhône-Alpes de Recherches en Sciences Humaines (pp. 12-13).
- Lambin, E. F. (1997), "Modelling and monitoring land-cover change process in tropical regions", *Progress in Physical Geography*, vol. 21, no. 3, pp. 375-393.



- Lambin, E. F., B. L. Turner II, H. Geist, S. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu. (2001). The Causes of Land-Use and -Cover Change: Moving beyond the Myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- 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*, 28(1):205–241.
- Lambin, E. F. y P. Meyfroidt. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 3,465-3,472.
- Larrazábal, A., Gopar-Merino, L.F. y Vieyra, A., 2014. Expansión urbana y fragmentación de la cubierta del suelo en el periurbano de Morelia. En: Vieyra, A. y Larrazabal, A. (coord.). Urbanización, Sociedad y Ambiente: Experiencias en Ciudades Medias. CIGA-UNAM, SEMARNAT, INECC, México.
- Lee, H., J. L. Carr y A. Lankerani (1995), "Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set", *Biodiversity and Conservation*, 4:128-155.
- López, E., Bocco, G., Mendoza, M., & Duhau, E. (2001). Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: a case in Morelia city, Mexico. *Landscape and urban planning*, 55(4), 271-285.
- Luna, G. R. (3 de mayo del 2016). No está delimitada la extensión de la zona natural del Cerro de la Cruz. *Cambio de Michoacán*. Recuperado de: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-n3914>
- Lucioni, N. C. 2003. Potencialidades de la aplicación de sistemas de información geográfica vectorial como herramienta de gestión para el desarrollo económico-territorial. Secretaría de desarrollo económico del gobierno de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. 10.
- Lundy, M. (2007). Análisis del sistema producto fresa en el valle de Zamora, Michoacán, México. In J. A. Berdegué y X. Sanclemente (editores), *La fresa en Michoacán. Los retos del mercado*. México, 55-64.
- Mas, J. F., & Ramirez, I. (1996). Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing. *ITC Journal*, (3), 278-283.
- Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz, J. R., Mayorga, R., Alcántara, C., Castro, R., & Fernández, T. (2002). Monitoreo de los cambios de cobertura en México. *Memorias del II Seminario Latinoamericano de Geografía Física (Disco Compacto)*, 24-27.
- Mas, J.F., A. Velásquez, J. Reyes, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez- Vega. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide



- multidate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4):249-338.
- Mas, J. F., Velázquez, A., & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 1(1).
- Masera, O., Ordóñez, M. J., & Dirzo, R. (1992). Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia*, 43, 151-153.
- Masera, O. R. (1996) Deforestación y degradación forestal en Mexico, Documentos de Trabajo No. 19, GIRA A. C. Pátzcuaro, México (enero).
- Masera, O. R., Ordóñez, M. J., & Dirzo, R. (1997). Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic change*, 35(3), 265-295.
- Mertens, B., D. Kaimowitz, A. Puntodewo, J. Vanclay, and P. Mendez. 2004. Modeling deforestation at distinct geographic scales and time periods in Santa Cruz, Bolivia. *Int Reg Sci Rev* 27(3): 271–296.
- Meyfroidt, P., T. K. Rudel y E. F. Lambin. 2010 Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 20,917-20,922.
- Montgomery, M.R., 2008. The urban transformation of the developing world. *Science*, 319 (5864): 761-764. DOI: 10.1126/science.1153012
- Mora E. (2017). *Análisis espacio temporal de la isla de calor urbana en la ciudad de Morelia Michoacán*. Instituto de Investigaciones en ciencias de la Tierra, Morelia Michoacán, México.
- Morales, L.M. Y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo de aguacate en el estado de Michoacán. Informe final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 139 pp.
- Morello, J., Buzai, G. D., Baxendale, C. A., Rodríguez, A. F., Matteucci, S. D., Godagnone, R. E., & Casas, R. R. (2000). Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: the case of Buenos Aires. *Environment and Urbanization*, 12(2), 119-131.
- Müller, R., D. Müller, F. Schierhorn, and G. Gerold. 2010. Spatiotemporal modeling of the expansion of mechanized agriculture in the Bolivian lowland forests. *Appl. Geogr.* 31(2): 631–640.
- Nepstad, D.C., C.M. Stickler, and O.T. Almeida. 2006. Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. *Conserv. Biol.* 20(6): 1595–603.
- Ojima, D.S., K.A. Galvin, and B.L. Turner. 1994. The global impact of landuse change. *Bioscience* 44(5): 300–304.



- ONU-Habitat, 2012. Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Organización de las Naciones Unidas - Habitat: 196 pp
- Ortíz, E. (2008). Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI, México)*.
- Palacio-Prieto, J. L., Bocco, G., Velázquez, A., Mas, J. F., Takaki-Takaki, F., Victoria, A., ... & Trejo-Vázquez, I. (2000). La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones geográficas, (43)*, 183-203.
- Paruelo, J.M., J.P. Guerschman, S.R. Verón, G. Piñeiro, G. Baldi, E.G. Jobbágy, and S. Baeza. 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia 10(2)*: 47–61.
- Pérez, C y Muñoz, A. 2006. Teledetección Nociones y Aplicaciones. Universidad de Salamanca. 356 p. ISBN-10: 84-611- 1613-5.
- Pérez, J. I. H., & Flores, P. H. R. (2017). Evolución de la migración internacional por regiones en Michoacán. *Economía y Sociedad, (6)*, 235-249.
- Pimentel, J.L. (2008). Impacto Socioeconómico de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Duero y su importancia en la producción de fresa. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Consejo Nacional de la Fresa, 96 pp.
- Ramankutty, N., L. Graumlinch, F. Achard, D. Alves, A. Chhabra, R. S. DeFries, J. A. Foley, H. Geist, R. A. Houghton, K. Goldewijk, E. F. Lambin, A. Millington, K. Rasmussen, R. S. Reid and B. L. Turner (2006), "Global land-cover change: recent progress, remaining challenges", en Lambin, E. F. y H. Geist (eds.), *Land-use and land-change. Local processes and global impacts*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 9-40.
- Ramírez Ramírez, I. (2001). Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. *Investigaciones geográficas, (45)*, 39-55.
- Rayburn, A. P., & Schulte, L. A. (2009). Landscape change in an agricultural watershed in the US Midwest. *Landscape and Urban Planning, 93(2)*, 132-141.
- RED, 2017. Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina. Reporte de Economía y Desarrollo (RED) y Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). Corporación Andina de Fomento: 290 pp.
- Reyes Hernández, H., Aguilar Robledo, M., Aguirre Rivera, J. R., & Trejo Vázquez, I. (2006). Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones geográficas, (59)*, 26-42.



- Rocha, W. P., Delgado, M. G., & Sendra, J. B. (2009). Cambios de usos del suelo y expansión urbana en la Comunidad de Madrid (1990–2000). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 13, 281-309.
- Rosete, F., & Bocco, G. (2003). Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales. *Gaceta ecológica*, (68).
- Rosete, F. 2008. Modelos predictivos de cambio de uso del suelo en la Península de Baja California, México. Tesis de doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 152 p.
- Rudel, T. K. (1998). Is there a forest transition? Deforestation, reforestation, and development. *Rural sociology*, 63(4), 533-552.
- Rudel, T. K., Bates, D., & Machinguiashi, R. (2002). A tropical forest transition? Agricultural change, out-migration, and secondary forests in the Ecuadorian Amazon. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 87-102.
- Rudel, T. K., Coomes, O. T., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J., & Lambin, E. (2005). Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global environmental change*, 15(1), 23-31.
- Rudel, T. K., Schneider, L., & Uriarte, M. (2010). Forest transitions: An introduction. *Land use policy*, 27(2), 95-97.
- Rulli, M.C., A. Saviori, and P. D'Odorico. 2013. Global land and water grabbing. *In Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- SAGARPA. (2006). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: 15 de enero del 2008).
- SAGARPA. (2014). Michoacán produciría plántula de fresa: PLBV. Recuperado en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/boletines/Paginas/B2072014.aspx#>
- Sánchez, S., A. Flores, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. *In: Dirzo, R., González R. e I.J. March, comp. El capital natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio. Volumen II. Conabio, México.*
- Sánchez García, M. D. L. (2012). *Impactos ambientales de la agricultura de exportación en el Valle de Apatzingán, Michoacán* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional.
- SARH (1991), Programa Nacional de Reforestación: Capítulo VI, Subdirección de Fauna Silvestre y Areas Proieguidas, SARH. México.
- Satterthwaite, D. (2008). La transición a un mundo predominantemente urbano. Tendencias y fundamentos. *Medio Ambiente y Urbanización*, 68(1), 3-32.



- Schmid, C., Karaman, O.; Hanakata, N.C.; Kallenberger, P.; Kockelkorm, A.; Switzerland, Sawyer, L.; - Streule, M. and Wong, K.P., 2017. Towards a new vocabulary of urbanisation processes. *Urban Studies*
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2006). *La Gestión ambiental en México*.
- Secretaría de Planeación y Desarrollo Estatal (Seplade) (2005), *Nueva regionalización para la planeación y desarrollo del estado de Michoacán*, México, gobierno del estado de Michoacán.
- SEDESOL, CONAPO, & INEGI. (2012). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.
- Shukla, V. 1996. *Urbanization and Economic Growth*. Dehli: Himalaya Publishing House, cited in World Bank. 1999. *Entering the 21st Century*. World Development Report: 126 pp.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2007). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/>. Accesado en noviembre 2017.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2014). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/>. Accesado en junio 2017.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2015). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/>. Accesado en diciembre 2017.
- Sobrino, J. (2011). *La Urbanización en el México Contemporáneo*. Reunión de Expertos sobre: Población, Territorio y Desarrollo Sostenible. CEPAL-CELADE: 21 pp.
- Svedin, U., 1999. Urban and non-urban environmental policies as expressions of changed perceptions about ways of handling societal change. In: Lindqvist, C., Wallenius, L.-L. (Eds.), *Globalization and Its Impact-On Chinese and Swedish Society*. Forskningsrdsnmden, Stockholm, pp. 231–242.
- Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 20(1), 171-197.
- Turner II, B.L., R.H. Moss. y D.L. Skole (Editores), 1993. *Relating land use and global land-cover change: a proposal for an IGBP-HDP core project*. A report from the IGBP/HDP Working Group on Land Use/Land-Cover Change. IGBP report No. 24 and HDP Report No. 5. Stockholm: 65 p.
- UNFPA, 2007. *State of World Population 2007. Unleashing the Potential of Urban Growth*. United Nations Population Fund, New York: 99 pp



- Uriarte, M., L. Schneider y T. K. Rudel. (2010). Land Transitions in the tropics: Going beyond the case studies. *Biotropica* 42: 1-2.
- Vaitkus, G., & Vaitkuvienė, D. (2005). Land cover changes in the Lithuanian coastal zone during 1975–2000. *Acta Zoologica Lituanica*, 15(2), 183-187.
- Valdivias Aguilar, J.R., 2016. Determinación de zonas con aptitud para la expansión urbana en la Ciudad de Morelia con Análisis espacial multicriterio. Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH.
- Vargas Gámez, 1992. Análisis y Clasificación del Uso y Cobertura de la Tierra con Interpretación de Imágenes. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Santa Fé de Bogotá, Colombia: 114 pp.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Mayorga Saucedo, R., Díaz, J. R., Alcántara, C., Castro, R., ... & Luna-González, L. (2002). Estado actual y dinámica de los recursos forestales de México. *Biodiversitas*, 41, 8-15.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Palacio, J. L., Díaz, J. R., Mayorga, R., Alcántara, C., ... & Fernández, T. (2002) b. Análisis de cambio de uso del suelo (Informe técnico). México: *INE-Instituto de Geografía, UNAM*.
- Velázquez, A., E. Durán, I. Ramírez, J.-F. Mas, G. Bocco, G. Ramírez y J. L. Palacio. 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico. *Global Environmental Change* 13: 175-184.
- Velázquez, A. (2008). La dinámica de la cubierta forestal de México. *Página de la Sociedad Mexicana de Física* (<http://www.smf.mx/C-Global/webCubFor.htm>).
- 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. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2), 152-162.
- Verburg, P.H., K. Kok, R. Gilmore, J. Pontius, R.G. Pontius, and A. Veldkamp. (2006). Modeling Land-Use and Land-Cover Change. Chapter 5. p. 117–135. In Lambin, E.F., Geist, H. (eds.), Land-use and land-cover change. Local processes and global impacts. Land-Use a. Global Change – The IGBP Series.
- Verburg, P. H., van de Steeg, J., Veldkamp, a., and Willemen, L. (2009). From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization. *Journal of environmental management*, 90(3):1327–35.
- Verduzco, G. (1984). Crecimiento urbano y desarrollo regional: el caso de Zamora, Michoacán. *Relaciones*, 5(17), 9-40.
- Vitousek, P., P. Ehrlich, A. Ehrlich and P. Matson (1986), "Human appropriation of the products of photosynthesis", *BioScience*, no. 36, pp. 368-374.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco y J.M. Melillo 1997. "Human domination of Earth's ecosystems". *Science* 277:494-499.



- Von Braun, J. 2009. Addressing the food crisis: governance, market functioning, and investment in public goods. *Food Secur.* 1(1): 9–15.
- Waibel, H. y Schmidt, E.; 2000. Feeding Asian cities: food production and processing issues. World Bank. CityNet, AFMA, FAO Regional Seminar Feeding Asian Cities: 11pp.
- Yuan, F., K. Sawaya, B. Loeffelholz and M. Bauer (2005), “Land cover classification and change analysis of theTwin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing” , *Remote Sensing of Environment*, no. 98(23), pp. 317-328.
- Zak, M. R., Cabido, M., Cáceres, D., & Díaz, S. (2008). What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environmental Management*, 42(2), 181-189.
- Zamora Hernández A. 1997. Fitosanidad en la producción de planta de vivero. Memorias del VI curso de aprobación fitosanitaria en el manejo del aguacate. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" Uruapan, Michoacán México.
- Zhu, Z. L., L. M. Yang, S. V. Stehman and R. L. Czaplewski (2000), “Accuracy assessment for the U.S. Geological Survey Regional Land-Cover Mapping Program: New York and New Jersey Region”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66, pp. 1425-1435.