Crecimiento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México)

Urban growth in the Metropolitan Area of Tuxtla Gutierrez (Chiapas, Mexico)

Moisés Silva[1, 2], Antonio García[2] y Ana Hernando[2]

[1]Centro de Estudios para el Desarrollo Municipal y Políticas Públicas (CEDES), Universidad Autónoma de Chiapas, México.
[2]Grupo de Investigación para la Gestión Sostenible (SILVANET), ETSI de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España.
Correos electrónicos:
msilvac05e@yahoo.com.mx
antonio.garcia.abril@upm.es,
ana.hernando@upm.es

Enviado el 20 de Noviembre de 2015/ Aceptado el 20 de Diciembre de 2015

RESUMEN

En las tres últimas décadas se advierte un rápido crecimiento del área urbana de Tuxtla Gutiérrez, capital de Chiapas, México. Espacios que antes se utilizaban para actividades agropecuarias ahora son habitacionales y, excepto en áreas de reserva ecológica, la cobertura arbórea y arbustiva original ha disminuido significativamente. En este trabajo se analiza el crecimiento de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez y de la Zona Metropolitana (abarcando, además de éste, a los municipios de Berriozábal y Chiapa de Corzo). Mediante herramientas de teledetección, se procesaron imágenes de satélite (Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, de los años 1986, 2001 y 2014) contrastadas con ortofotos y archivos vectoriales recientes de los usos del suelo y vegetación. Se crearon mosaicos multibanda y posteriormente se realizó una clasificación multitemporal de las principales coberturas del suelo. También se analizó información estadística de la población, correspondiente a los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. Se advierte una clara relación entre el incremento de la población y el aumento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, repercutiendo en la transformación de los usos del suelo.
Palabras clave: Teledetección, crecimiento urbano, cambios en los usos del suelo

ABSTRACT

In the last three decades there has been a rapid growth of the urban area of Tuxtla Gutiérrez, capital of the state of Chiapas, México. Areas previously used for agricultural activities now account for residential areas and, except in ecological reserves, tree and shrub coverage has diminished. In this paper the recent growth of the urban area of Tuxtla Gutiérrez and the Metropolitan Region (also encompassing the municipalities of Berriozábal and Chiapa de Corzo) is analyzed. With remote sensing tools, satellite images (Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8, for the years 1986, 2001 and 2014) were processed and contrasted with orthophotos and recent vector files of historical maps. Multiband mosaics were created and then a multitemporal classification of land uses was performed. Statistical data of population of 1990, 1995, 2000, 2005 and 2010 was analyzed. From this analysis we conclude that the rapid urbanization, coupled with population growth, has led to a visible transformation of land use in the metropolitan area of Tuxtla Gutiérrez.
Keywords: remote sensing, urban growth, changes in land use

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Federal, en su estrategia "Delimitación de zonas metropolitanas de México" (Conapo, 2010), considerando las perspectivas territorial y de gestión pública, ha integrado 59 zonas metropolitanas en el país, mismas que comprenden un total de 367 municipios y donde se concentra alrededor de 57% de la población nacional. La Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTG) está integrada por este municipio (capital de Chiapas) y los de Berriozábal y Chiapa de Corzo. Posteriormente, el Gobierno del Estado amplió el área de la ZMTG al agregar a Suchiapa y definió a este conglomerado como Región Metropolitana de Chiapas (1 834 km^2). (SHGEC, 2014)

Por otro lado, en términos físico-ambientales, la cuenca del río Sabinal (perteneciente a la gran cuenca del río Grijalva), con una extensión de 407 km^2, abarca gran parte de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal y San Fernando, más una pequeña porción de Ocozocoautla. (Silva et al., 2015)

Ya sea por criterios sociopolíticos de orden federal o estatal o por argumentos hidrológico-ambientales, los seis municipios aludidos están conectados teniendo en Tuxtla Gutiérrez el punto central (Figura 1).

La ZMTG se ubica en la ecorregión denominada Depresión Central de Chiapas y está cubierta principalmente por manchones de selva subperennifolia, caducifolia y subcaducifolia; bosques de encinos; pastizales cultivados e inducidos; terrenos agrícolas; áreas residenciales, y otras infraestructuras. (INEGI, 2015b; Semarnat, 2010)

Tuxtla Gutiérrez tiene una extensión total de 335 km^2 (SHGEC, 2014) y, con datos de 2010 proyectados a 2014, está habitado por alrededor de 600 mil personas. Sin embargo,

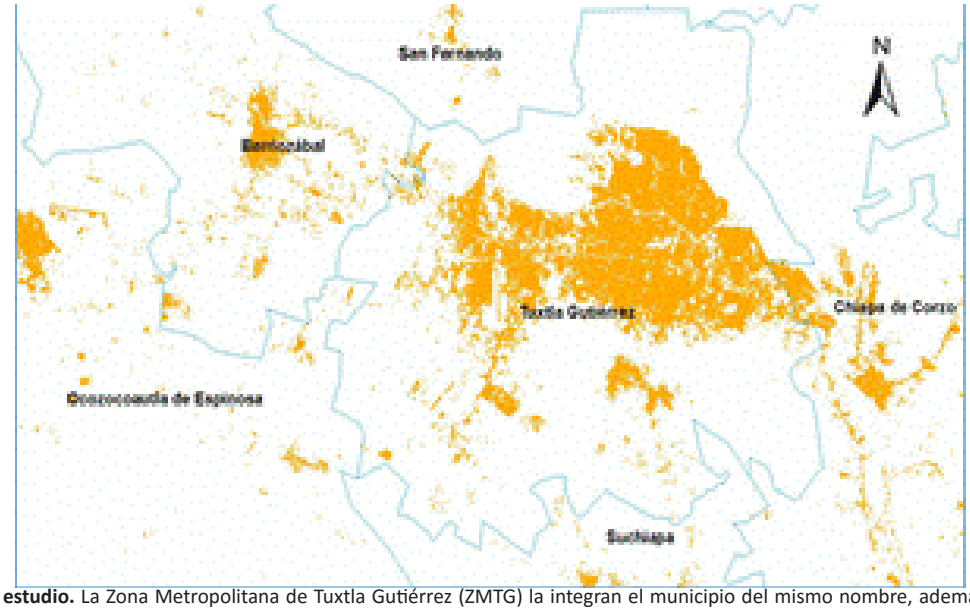

Figura 1. Zona de estudio. La Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTG) la integran el municipio del mismo nombre, además de Berriozábal y Chiapa de Corzo, cuyas cabeceras municipales tienden a formar una mancha urbana continua. Tuxtla Gutiérrez, además de ser la capital, es el centro político, comercial y de servicios de Chiapas. Tiene una extensión de 334,6 km2 y, con cifras estimadas al año 2014, una población que ronda los 600 mil habitantes.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Conapo (2010) y de INEGI (2015b).

al ser la capital y principal centro político, comercial y de servicios del estado, diariamente se traslada hacia este lugar (a trabajar, estudiar, comprar, recibir atención médica, realizar gestiones, etc.) un número importante de habitantes de los municipios cercanos, algunos de los cuales incluso se han cambiado o tienen ahí su segundo lugar de residencia.

En las últimas décadas se ha registrado un rápido crecimiento poblacional en el municipio de Tuxtla Gutiérrez y, aunque de menor cuantía absoluta, también en los municipios que le circundan.

Como resultado de una compleja relación socioeconómica a escala regional (la cual, aquí no se abordará), el territorio de la ZMTG se ha modificado plausiblemente en las últimas décadas. Se advierte un marcado incremento de la mancha urbana: entre las capitales de los tres municipios que la integran junto con las localidades de Copoya y El Jobo (pertenecientes a Tuxtla Gutiérrez), tiende a formarse un área urbana continua.

Siguiendo una tendencia observada en ciudades de tamaño medio de Latinoamérica (Henríquez, 2007), Tuxtla Gutiérrez denota un rápido crecimiento horizontal. Una población en constante crecimiento demanda la ampliación de espacios habitacionales, vías de comunicación y otras infraestructuras, lo que a la postre ha ocasionado la reducción del suelo para uso agropecuario, pastizales y manchones de selva y, con ello, se ha modificado la dinámica socioeconómica-ambiental del territorio.

Es necesario realizar estudios sistemáticos multidisciplinarios que permitan entender la génesis, evolución y posibles repercusiones de los cambios en las coberturas y usos del suelo, y tender así hacia un modelo de planeación integral a escala regional que procure la reducción de los impactos ambientales, la sostenibilidad de los recursos naturales y el desarrollo social equilibrado e incluyente.

Buscando abonar a este cometido, a partir del análisis de imágenes de satélite que abarcan casi tres décadas y de su contraste con datos estadísticos y de campo, este trabajo se centra en la caracterización global del territorio donde se ubica la ZMTG, mirando con mayor detenimiento los cambios en las coberturas del suelo en el entorno urbano y periurbano de Tuxtla Gutiérrez.

MATERIAL Y MÉTODOS

Mediante herramientas de teledetección se procesaron imágenes de satélite Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, de los años 1986, 2001 y 2014, respectivamente (USGS, 2015). A par-

tir de dichas imágenes se crearon mosaicos multibanda y posteriormente se realizó una clasificación multitemporal de las principales coberturas del suelo, aplicando el método de máxima verosimilitud. De esta manera, se identificaron cinco clases o tipos de coberturas: 1. Agua, 2. Arbolado, 3. Agropecuario y selvas bajas, 4. Suelo desnudo, 5. Residencial e infraestructuras (Figura 2).

La cobertura "Arbolado" comprende conglomerados de árboles que se aprecian como masas densas en las imágenes Landsat (deducido de lo que reportan INEGI [2015b] y Semarnat [2010], básicamente incluye bosques de encinos, así como selvas medianas subcaducifolias y subperennifolias). La clase "Agropecuario y selvas bajas" incluye terrenos para uso agrícola, así como pastizales y manchones de selva baja caducifolia (donde suele practicarse la ganadería extensiva), dada la dificultad para separar tales coberturas en imágenes que corresponden a temporadas secas. La cobertura "Suelo desnudo" son las áreas desprovistas de cobertura vegetal y comprenden espacios sujetos a algún aprovechamiento minero, suelos erosionados con o sin aprovechamiento agrícola, tierras preparadas para el desplante de urbanizaciones u otro tipo de infraestructuras, entre otros; en algunos casos, son áreas en las que ha ocurrido algún incendio o donde se han desarrollado acciones de la tumba, roza y quema. La cobertura de agua está pobremente representada, ya que las imágenes corresponden a la época de estiaje, cuando los arroyos prácticamente están secos. La clase "Residencial e infraestructuras", motivo central de este estudio, está claramente identificada en las imágenes y abarca tanto asentamientos urbanos como rurales, más las vías de comunicación y demás infraestructuras revestidas de concreto o asfalto.

Satélite	Fecha de adquisición	Bandas utilizadas
Landsat 5	31 marzo 1986	1, 2, 3, 4, 5 y 7
Landsat 7	30 marzo 2001	1, 2, 3, 4, 5 y 7
Landsat 8	9 abril 2014	2, 3, 4, 5, 6 y 7

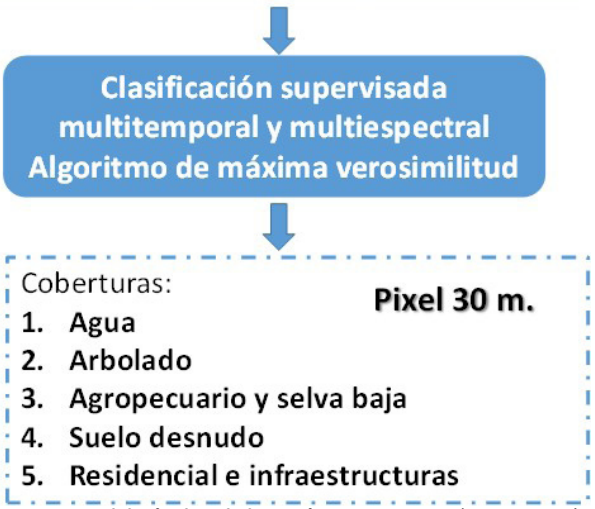

Figura 2. Metodología de teledetección. Posproceso: a) contrastación de las clasificaciones con ortofotos y archivos vectoriales de los usos del suelo y vegetación publicados por el INEGI (escala 1:250.000); b) verificaciones de campo; c) matriz de confusión.
Fuente: Elaboración propia

Para la composición y posterior clasificación se utilizaron seis bandas por imagen: las tres del espectro visible, así como las de infrarrojo cercano, medio y lejano, buscando así aprovechar la máxima información posible para favorecer la comparabilidad de imágenes multitemporales.

Cabe señalar, con el fin de disminuir el grado de error, primero, en la clasificación de cada una de las imágenes y, después, a la hora de compararlas para detectar cambios en las coberturas; dichas imágenes fueron sometidas a tareas rutinarias de preproceso (acoplamiento geométrico, calidad y homogeneidad radiométrica) y posproceso (contrastación de las clasificaciones con ortofotos y archivos vectoriales de los usos del suelo y vegetación publicados por el INEGI [2015a], así como verificación en el terreno).

Para asegurar la confiabilidad de los resultados se realizaron varios ensayos de clasificación en cada una de las tres imágenes. En cada caso se realizaron iteraciones hasta lograr una confiabilidad global aceptable (≥ 80%), verificada mediante matrices de confusión. A la vez, fue corroborada la coherencia entre las coberturas obtenidas y los archivos de usos del suelo y vegetación reportados por el INEGI.

Siguiendo las anteriores directrices se obtuvieron tres archivos raster con pixeles de 30 metros que corresponden a las imágenes clasificadas de los años 1986, 2001 y 2014.

Posteriormente las imágenes fueron recortadas y vectorizadas con el fin de cuantificar, en términos de área, los cambios en las coberturas, en especial la clase "Residencial e infraestructuras", con el fin de apreciar el incremento de la mancha urbana en Tuxtla Gutiérrez y la ZMTG. También se analizó información estadística de la población correspondiente a los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 (INEGI, 2015b), con la intención de corroborar la correlación entre el incremento de la población y el aumento de la mancha urbana.

Finalmente, con el fin de comparar estadísticamente los cambios, se calcularon las tasas de cambio anual de la población y de las coberturas de suelo residencial, agropecuario y arbolado.

RESULTADOS

El crecimiento natural de la población y el efecto agregado de procesos migratorios, directa o indirectamente, han impulsado el ensanchamiento de la mancha urbana en las cabeceras municipales de la ZMTG, lo que a la vez ha propiciado cambios muy importantes en el paisaje y la estructura física de la región. Tan solo en Tuxtla Gutiérrez, de 1986 a 2014, mientras que el suelo de uso residencial aumentó anualmente más de 3%, el de uso agropecuario (incluyendo manchones de pastizal y selva baja caducifolia) disminuyó alrededor de 1% por año, que en términos absolutos equivale a una reducción de más de 5 mil hectáreas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variación temporal de las coberturas del suelo en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (ha). En Tuxtla Gutiérrez, de 1986 a 2014, mientras que el suelo de uso residencial aumentó anualmente más de 3%, el de uso agropecuario y pastizales disminuyó alrededor de 1% por año. La cobertura de tipo arbóreo y arbustivo se ha mantenido más o menos constante, confinada principalmente en parques y jardines, así como espacios naturales que ostentan alguna figura de protección.

Cobertura	1986	2001	2014	1986-2014
Residencial	2,948.76	4,842.45	7,427.63	4,478.87
Agua	120.33	113.94	116.33	-4.01
Agropecuario	23,966.55	20,534.94	18,371.07	-5,595.48
Arbolado	6,336.81	7,777.89	7,073.98	737.17
Suelo desnudo	88.92	192.15	471.71	382.79
Total	33,461.37	33,461.37	33,460.72	

Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Landsat clasificadas, correspondientes a los años 1986, 2001 y 2014.

En términos de área y para el período de tiempo antes señalado, en este municipio el suelo de uso residencial se multiplicó por 2,5 veces. Se sumaron al suelo urbano y periurbano nuevos polígonos residenciales en detrimento de otros tipos de coberturas (Figura 3).

En el caso de Tuxtla Gutiérrez, impresiona no solo la velocidad con la que se han construi-

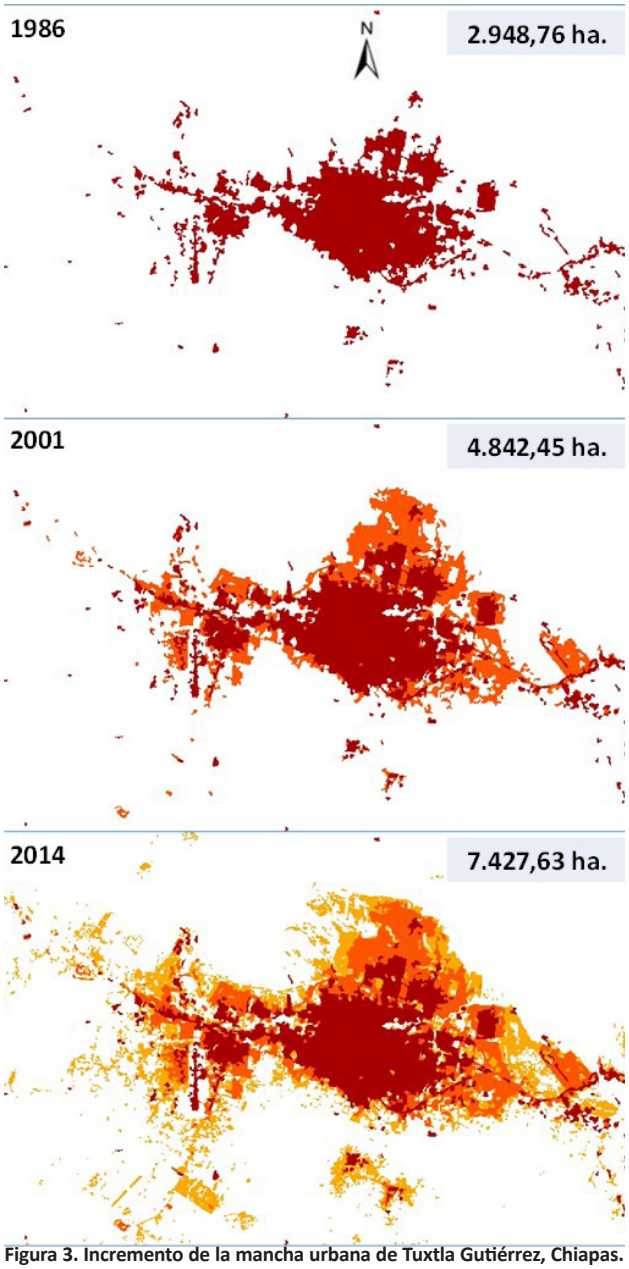

Figura 3. Incremento de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. De 1986 a 2014 la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez se multiplicó por 2,5 veces: se sumaron al suelo urbano y periurbano nuevos polígonos residenciales en detrimento fundamentalmente de suelos de uso agropecuario, pastizales y selvas bajas caducifolias.

Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Landsat clasificadas, correspondientes a los años 1986, 2001 y 2014.

do nuevos desarrollos residenciales, sino también la ubicación de algunos de ellos en zonas de laderas con pendientes pronunciadas (zona norte-oriente de la ciudad, principalmente. Figura 4 [a]). Se han invadido zonas de escurrimiento natural y llanuras de inundación, lo cual ha alterado el equilibrio hidrológico de la cuenca del Sabinal aumentando el grado de vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos. (Silva et al., 2015)

En este mismo municipio la cobertura de tipo arbóreo (cual masas densas) se ha mantenido más o menos constante, confinada principalmente en parques y jardines así como espacios protegidos existentes desde hace varias décadas: reservas cañón de El Sumidero, al norte de Tuxtla Gutiérrez; cerro Mactumactzá, El Zapotal y Monte Cielo, al sur de la ciudad; Caña Hueca, Jardín Botánico, parque Madero y parque del Oriente, ubicados en las márgenes del río Sabinal, entre otros. Figura 4 (c).

No obstante, fuera de Tuxtla Gutiérrez, en áreas de la ZMTG donde no existe figura de protección ni se cuenta con un plan de manejo sustentable, la cobertura arbórea y arbustiva original ha sido sustituida por tierras para uso agropecuario, fundamentalmente. En las partes altas la cobertura arbórea tiende a disminuir y, en las partes bajas y medias, la selva baja caducifolia se ha reducido progresivamente.

En cuanto a su población, de 1990 a 2010 la ZMTG se incrementó en poco más de 320 000 habitantes con una tasa de cambio anual de 3,2%. Por municipio, Berriozábal y Chiapa de Corzo reflejan mayor incremento relativo, pero Tuxtla Gutiérrez aumentó en más de 250 000 habitantes (Figura 5).

De 1990 al año 2010 se advierte una clara tendencia a la baja de la población que habita en comunidades rurales dentro del perímetro de la ZMTG: ha disminuido progresivamente la proporción de personas que viven en localidades con menos de 2 500 habitantes, hecho que contrasta con el incremento poblacional en las ciudades y grandes localidades, lo que al mismo tiempo ha repercutido en el ensanchamiento de la mancha urbana.

Sin embargo, en el período 2000-2010, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, en lugar de disminuir, repuntó dicha proporción. Este comportamiento trasladado al territorio se puede explicar con el crecimiento periurbano que se observa sobre todo en dirección hacia Berriozábal, así como en la meseta y en la falda sur-oeste del

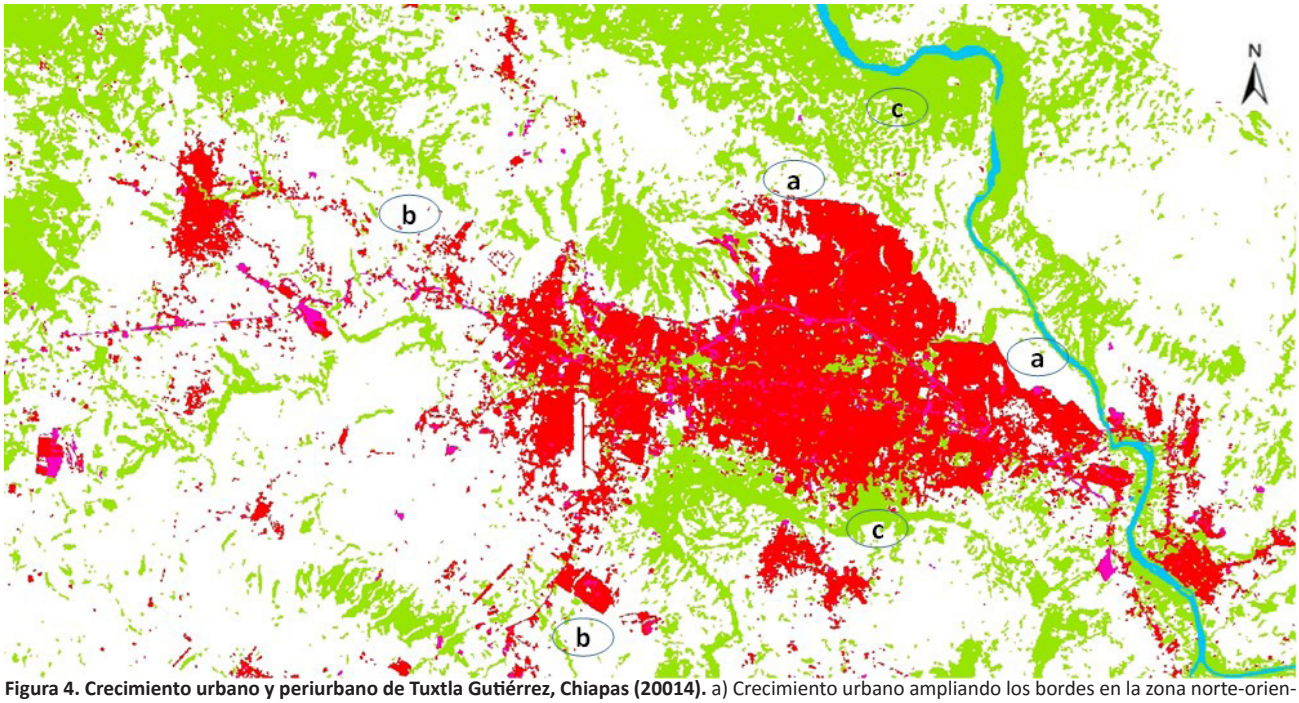

Figura 4. Crecimiento urbano y periurbano de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (20014). a) Crecimiento urbano ampliando los bordes en la zona norte-oriente. b) Crecimiento periurbano fragmentado al poniente y sur-poniente. c) Conservación de las zonas de reserva ecológica

Fuente: Elaboración propia, a partir de imágenes Landsat clasificadas correspondientes a los años 1986, 2001 y 2014.

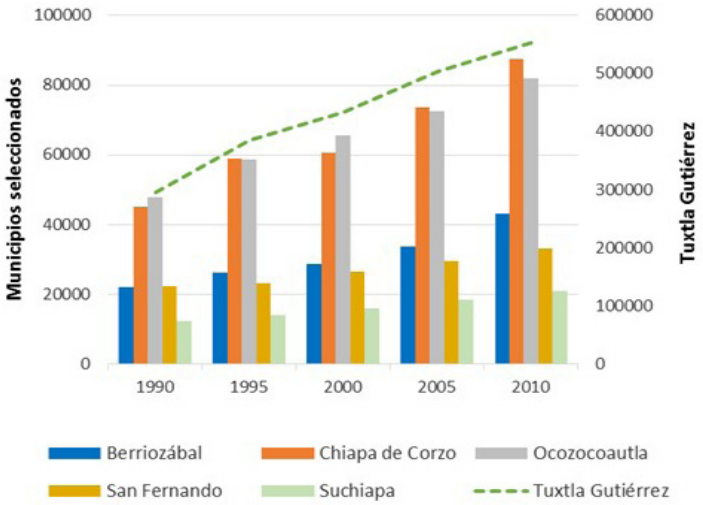

Figura 5. Población total por municipio: Tuxtla Gutiérrez y municipios seleccionados. De 1990 al año 2000 se advierte una clara tendencia a la baja de la población que habita en comunidades rurales dentro del perímetro de la ZMTG: ha disminuido progresivamente la proporción de personas que viven en localidades con menos de 2 500 habitantes, hecho que contrasta con el incremento poblacional en las ciudades y grandes localidades.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGI.

cerro Mactumactzá (Figura 4 [b]). En torno a las vías de comunicación, hay nuevas urbanizaciones a la vez que se consolida la población de antiguas comunidades rurales, mismas que poco a poco van siendo absorbidas por la mancha urbana.

DISCUSIÓN

El acelerado crecimiento urbano de tipo horizontal, asociado al crecimiento poblacional, ha propiciado una visible transformación en las coberturas y los usos del suelo en la ZMTG.

Al aumentar el área residencial dentro y en la periferia de Tuxtla Gutiérrez, se ha reducido significativamente el área agropecuaria o con potencial agropecuario, muchas veces sacrificando tierras de planicie con condiciones óptimas para cultivos de temporal.

Es muy considerable la reducción del suelo de uso agropecuario, pastizales y manchones de selva baja caducifolia. La cobertura arbórea y arbustiva, en general, se ha mantenido y quizá hasta recuperado en los espacios que cuentan con figuras de protección; pero también se ha reducido fuera de dichos espacios, como se advierte en las partes altas y medias de la cuenca del río Sabinal, así como en terrenos de propiedad privada colindantes con la ribera del río a su paso por la ciudad capital.

El decreto de Áreas Naturales Protegidas dentro o en los límites de Tuxtla Gutiérrez ha permitido contener el avance de la mancha urbana hacia dichas áreas; pero de cualquier modo se ha extendido hacia otras zonas.

Aunque aquí se aportan evidencias sobre la transformación de otros tipos de suelo hacia el de tipo residencial, es necesario aclarar que los cambios en las coberturas no ocurren de manera unidireccional y, en determinadas circunstancias, pueden ser reversibles. En un período de tres décadas puede ocurrir que, como resultado de crecidas o por intervención humana, el cauce de algunos arroyos se desvíe; que la deforestación abra paso a la agricultura o la urbanización; que el uso desmedido de actividades agrícolas o ganaderas devenga en suelos erosionados; pero también, que de manera natural o inducida, la cobertura arbórea de las ANP se extienda más allá de la zona núcleo; o que —como resultado de un visible abandono o como una estrategia intencionada de cambio productivo— una finca agropecuaria se convierta en un bosque secundario, entre otras posibles variaciones.

Se deben reconocer las limitaciones que la teledetección puede tener para discernir con total precisión las distintas coberturas vegetales, sobre todo en las zonas de transición. Sería interesante realizar otros ensayos, incluso utilizando imágenes de satélite con mayor resolución, para cuantificar la pérdida real de selva

caducifolia o subcaducifolia, toda vez que esta comunidad es considerada como una de las más amenazadas de México (Conam, 2015).

Lo aquí expuesto sobre Tuxtla Gutiérrez y la ZMTG se debe entender como indicativo de la evolución temporal y de posibles tendencias. Las cantidades reportadas sobre los cambios en las coberturas, si bien no debemos asumirlas como definitivas, nos brindan una aproximación muy cercana a la realidad: refuerzan las apreciaciones cualitativas extraídas de observaciones de campo.

Con un enfoque prospectivo, es necesario considerar el efecto de factores cruciales, tales como el cambio climático, la situación económica y las particularidades sociales y políticas de la región, entre otros, con la intención de complementar la perspectiva biofísica y obtener así una mirada integral del territorio.

Con esta impresión sobre evidentes cambios en las coberturas del suelo en las tres últimas décadas, es necesario profundizar en el análisis de los factores demográficos y las dinámicas socioeconómicas que han impulsado tales cambios; valorar el impacto en la economía de las pequeñas comunidades rurales; analizar cómo se ha reconfigurado la producción y suministro de productos agropecuarios para atender la demanda en los mercados de Tuxtla Gutiérrez y las ciudades cercanas; analizar la conveniencia de ampliar las zonas de protección, y, mediante la aplicación de modelos predictivos, generar escenarios de futuros cambios en los usos del suelo a fin de estructurar propuestas técnicamente sólidas que fortalezcan los ejercicios de planeación y ordenamiento territorial de carácter regional aplicables en la ZMTG, Región Metropolitana de Chiapas y la cuenca del río Grijalva.

La teledetección ofrece un gran campo de aplicación en las prospecciones territoriales y es así una importante herramienta en los trabajos de caracterización y planeación del territorio, (Labrador, 2012)

No obstante, la información que arrojan los modelos de teledetección debe ser continuamente contrastada y reforzada con datos estadísticos y de campo para reducir el grado de generalización y, sobre todo, evitar errores de "visualización".

CONCLUSIONES

Aunado al crecimiento poblacional, en las cabeceras municipales de la ZMTG y muy particularmente en Tuxtla Gutiérrez, se advierte un incremento muy acelerado del suelo para uso residencial. Esto ha implicado la reducción del suelo para uso agropecuario, así como de pastizales y manchones de selva baja caducifolia.

Las imágenes de satélite, complementadas con datos estadísticos de la población, permiten construir miradas integradas del espacio-tiempo en el territorio. Son un importante auxiliar para los estudios diagnósticos de campo y para la formulación de escenarios con fines de planificación y ordenamiento territorial.

REFERENCIAS

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Mexicana (Conam). 2015. Biodiversidad mexicana. Conam, http://biodiversidad.gob.mx

Consejo Nacional de Población. 2010. Delimitación de las zonas metropolitanas de México. Conapo, México, D.F.

Henríquez Ruiz, C. 2005. Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación del impacto ambiental. Geo Crítica, vol. XI, n° 245 (41).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015a. Mapa digital de México. INEGI, http://www.inegi.gob.mx

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015b. México en cifras: Información nacional, por entidad federativa y municipios. INEGI, http://www.inegi.gob.mx

Labrador García, M. et al. 2012. Satélites de teledetección para la gestión del territorio. GMR Canarias.

Secretaría de Hacienda del Gobierno del Estado de Chiapas (SHGECa). Perfiles Municipales de Chiapas 2014. SHGEC, http://ceieg.chiapas.gob.mx/perfiles/

Secretaría de Hacienda del Gobierno del Estado de Chiapas (SHGECb). Programa Regional de Desarrollo: Región I Metropolitana. SHGEC, 2014. http://haciendachiapas.gob.mx/planeacion/Informaci/Desarrollo-Regional/prog-regionales/METROPOLITANA.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Atlas geográfico del medio ambiente y recursos naturales. Semarnat, México, D.F.

Silva Cervantes, M. et al. 2015. Impacto del crecimiento urbano y los riesgos hidrometeorológicos: modelo de simulación hidráulica aplicado en la cuenca del Río Sabinal, ubicado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. VIII Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Madrid.

U.S. Geologiacal Survey. Earth Explorer. http://earthexplorer.usgs.gov/