

# ANÁLISIS TERRITORIAL MEDIANTE UN MODELO CARTOGRÁFICO EN SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO, MÉXICO

## TERRITORIAL ANALYSIS THROUGH A CARTOGRAPHIC MODEL IN SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO, MEXICO

Espinosa-Morales, J.C.<sup>1\*</sup>; Escalona-Maurice, M.J.<sup>2</sup>; Fernández-Ordoñez, Y.M.<sup>3</sup>; Cajuste-Bontemps, L.<sup>4</sup>; Hernández-Juárez, M.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

\*Autor de correspondencia: [espinosa.carlos@colpos.mx](mailto:espinosa.carlos@colpos.mx)

### RESUMEN

En las últimas décadas el cambio de ocupación del suelo ha sido resultado de un proceso que se deriva del crecimiento urbano afectando directamente los suelos utilizados para actividades agrícolas. Lo anterior conlleva una profunda transformación en los territorios otrora rurales e incurre en modificaciones de fenómenos en su interior, provocando cambios geográficos, económicos, políticos, culturales y ambientales. La localidad de San Luis Huexotla, Texcoco, México, registra procesos de transformación rápidos y no totalmente comprendidos en las zonas agrícolas y constituye el área de estudio de esta investigación, la cual se enfocó al análisis del cambio de ocupación del uso de suelo de agrícola a urbano en los últimos veinte años influenciado por el referido proceso mediante un modelo cartográfico. Se utilizaron imágenes digitales que proporcionan una dimensión geo-espacial del territorio y constituyen una herramienta innovadora al uso de sistemas de información geográfica en estudios sociales. En el modelo se incorporaron datos de una amplia encuesta a ejidatarios que aportaron a la ilustración de la situación actual de la producción agrícola. Los resultados exhiben la fuerte relación entre los cambios de ocupación del suelo y factores socioeconómicos que han impactado en la transformación del territorio y modificaron las actividades agrícolas en el periodo 1996-2016.

**Palabras clave:** Territorio, cambio de ocupación del suelo, sistemas de información geográfica, factores socioeconómicos.

### ABSTRACT

During recent decades the change in land occupation has been the result of a process that is derived from the urban growth affecting directly the lands used for agricultural activities. This entails a profound transformation in formerly rural territories and incurs in modifications of phenomena inside them, provoking geographic, economic, political, cultural and environmental changes. The locality of San Luis Huexotla, Texcoco, México, shows fast transformation processes which are not entirely understood in agricultural zones, and constitutes the study area of this study, which was focused in the analysis of change in land use occupation from agricultural to urban in the last twenty years influenced by the process referred through a cartographic model. Digital images were used that provide a geospatial dimension of the territory and constitute an innovating tool for the use of geographic information systems in social studies. In the model, data were incorporated from a broad survey on ejidatarios that contributed to the illustration of the current situation of agricultural production. The results exhibit the strong relationship between the changes in land occupation and socioeconomic factors that have influenced the transformation of the territory and impacted agricultural activities during the period of 1996-2016.

**Keywords:** territory, change in land occupation, geographic information systems, socioeconomic factors.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 79-85.

**Recibido:** marzo, 2017. **Aceptado:** abril, 2017.



## INTRODUCCIÓN

# San Luis

Huexotla es una localidad localizada cerca al antiguo Lago de Texcoco en el camino de herradura hacia la ciudad de México, cercana a la Ex hacienda de Chapingo y contigua a la cabecera municipal. Esta localidad ha sufrido un proceso de urbanización en las últimas décadas presentando cambios importantes en su territorio cambiándolo progresivamente de agrícola a urbano. El conocimiento del proceso de cambio de ocupación del suelo se ha vuelto trascendental si se considera que es a través de estos cambios como se materializa la relación entre el hombre y el medio ambiente (Lambin *et al.*, 1999). Los cambios de ocupación del suelo muestran alteraciones en el territorio, por lo que resulta importante conocer cuáles han sido los factores en épocas recientes que han llevado a modificar la estructura morfológica y geográfica de la localidad. Para el análisis de dichos factores y las alteraciones que provocan es conveniente aplicar nuevas herramientas tecnológicas y metodologías que permitan una mayor precisión y entendimiento de los cambios de ocupación del suelo. La ocupación del suelo es un término que suele confundirse con el término uso de suelo. Por un lado el "uso de suelo" se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrolla (o desarrollaron) sobre una cobertura (Bocco *et al.*, 2001). Mientras que "la ocupación del suelo" se refiere a la apropiación y utilización diferente del espacio geográfico a la que de manera natural o cultural se ha venido utilizando (Rodríguez y Bautista, 2011). Los principales cambios que se han reportado para esta zona a través de otras metodologías son de uso agrícola a zonas urbanas.

En México uno de los cambios de uso del suelo que se presenta a una escala global indica una disminución de 8.9 millones de hectáreas de bosque a selvas durante la última década del siglo XX (Nájera *et al.*, 2010). La FAO estima que sobre 52 millones de hectáreas de bosques y selvas con que contaba el país en el año 2000, se ha presentado una tasa de deforestación promedio de 631 mil ha año<sup>-1</sup> (FAO, 2005). El crecimiento acelerado que está viviendo la población humana a nivel mundial en las últimas décadas, la saturación de recursos naturales para satisfacer sus necesidades, las formas y elementos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, políticas y económicas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre el territorio y los ecosistemas (Mas *et al.*, 2009). El cambio de ocupación del suelo hacia lo urbano ha tenido

consecuencias para la población y el medio ambiente, por un lado, el incremento de servicios públicos tales como (agua, electricidad, drenaje) en detrimento del ambiente (contaminación de aire y aguas, y cambios de temperatura entre otros) afectando a las comunidades que presentan dichos cambios de ocupación del suelo (PNUMA, 2012). El aumento en la concentración demográfica se menciona como uno de los principales factores responsables del cambio de uso del suelo en el territorio (SEMARTNAT, 2010) ya que se incrementa de manera obvia la demanda de más espacios geográficos para vivienda, instalaciones industriales y comerciales, siendo los espacios agrícolas los primeros en ser afectados. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar el cambio de ocupación del suelo agrícola por urbano en el periodo 1996-2016 por medio de un modelo cartográfico, relacionándolo con datos socioeconómicos de propietarios de parcelas en las zonas ejidal y de propiedad privada de San Luis Huexotla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarcó las zonas de ejido y la localidad de San Luis Huexotla en el Estado de México (Figura 1). En su estructura territorial el municipio de San Luis Huexotla se ubica en la Zona Sur (PMDT, 2016), entre las coordenadas 19° 28' 52" N 98° 51' 59" W, a una altitud de entre 2 260 y 2 400 m, a una distancia aproximada de 30 km de la Ciudad de México, y población estimada en más de 10,000 habitantes (INEGI, 2010).

Se usaron Imágenes satelitales; dos imágenes provenientes de los satélites SPOT 6 con fecha del 4 de Mayo del 2016, estación receptora ERMEX NG del Gobierno Federal. Uso autorizado por convenio para esta investigación a través con número de solicitud interna 101251/0233-2016, con una resolución de 1.5 metros en la imagen pancromática. La imagen SPOT presento un nivel de procesamiento de 1A. Previo a los análisis de la imagen se le aplicaron las correcciones usuales para procesos de extracción de información geoespacial mediante percepción remota (Salinero, 1985), (Espinosa *op cit*, 2016):

- a. Ortofoto. Imagen del año 1996 con tamaño de pixel de 2 metros en escala 1:20000 referida a la clasificación de la carta 1:50000 Texcoco E14-B21 y la carta Chalco E14-B31, mosaico de 9 secciones por ambas cartas. Insumos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

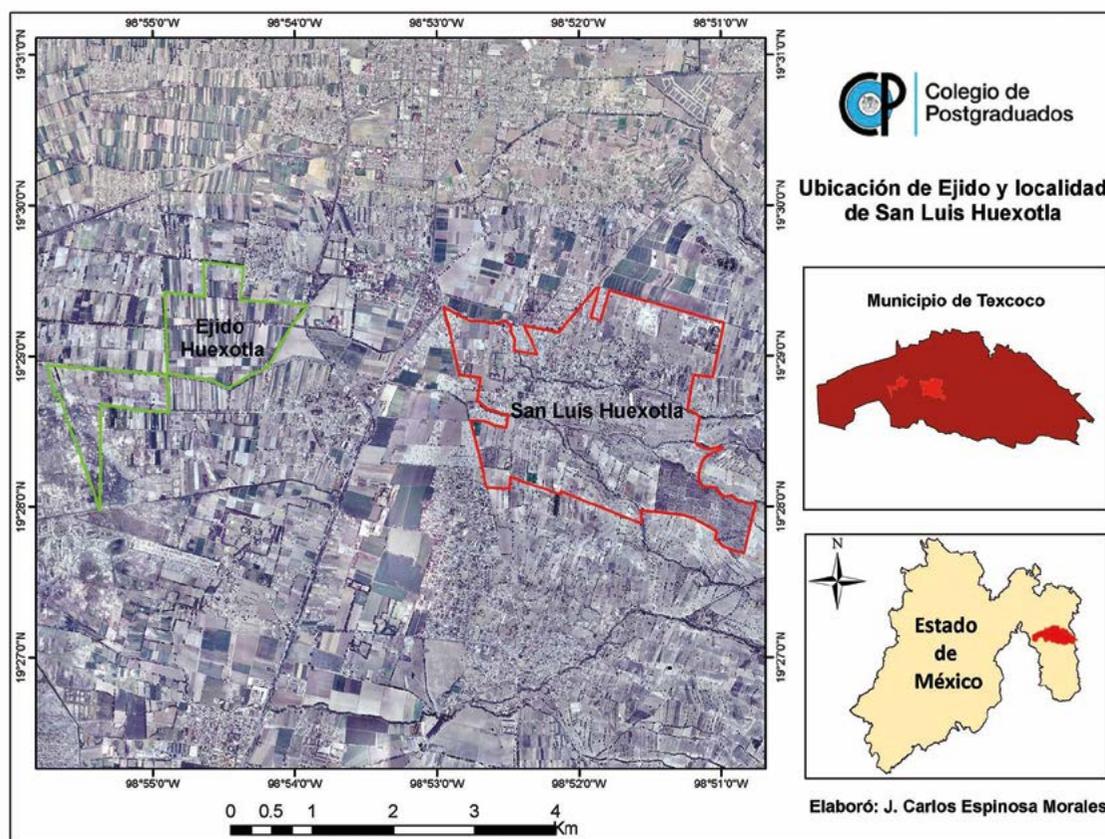


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

- b. Software. Se utilizaron los sistemas IDRISI-Selva<sup>®</sup>, ArcMap-Esri<sup>®</sup> v. 10.1, QGis-open source<sup>®</sup> v. 2.8.2, PCI Geomática<sup>®</sup> v. 9.0.
- c. Mapas de ocupación del suelo del año 1996 y 2016
- d. Encuesta a ejidatarios de Huexotla para obtener datos demográficos, de índole económica, social, agrícola y de efectos percibidos por las personas acerca del impacto del crecimiento urbano. Para la selección de la muestra se consideró un muestreo no probabilístico (Hernández *et al.*, 2010). El tamaño de la muestra se obtuvo a partir del universo de 181 ejidatarios, el cálculo se realizó con un grado de confianza del 95%.

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$$

Donde:  $n$ =Tamaño de la muestra,  $N$ =Tamaño de la población,  $p$ =Probabilidad de éxito=0.5,  $q=1-p$ ,  $D=(B/z)^2$ ,  $B$ =máximo de error aceptable=0.10,  $Z$ =Intervalo de confianza 90%=1.64.

El valor obtenido de la muestra fue  $n=50$ , se aplicaron el mismo número de encuestas durante los meses de septiembre y octubre del 2016.

A la Imagen 2016 se le aplicó una corrección geométrica basada en un modelo de georreferencia a través de un muestreo sistemático de 100 puntos donde se ubicaron de forma precisa cuatro puntos de control en las esquinas

de la imagen a corregir que ayudan a disminuir el error cuadrático medio (RMS) menor a 0.5 en el proceso de georreferencia (Ambrosio, 2002). Se realizó un ajuste geométrico de 1.5 metros pixel a dos metros para dimensionar al mismo tamaño de pixel, se ajustó el sistema de proyección (Cuadro 1) y se definió una escala de 1:20000. Los detalles de los procesos y de los softwares utilizados se detallan en (Espinosa, 2017). Para realizar la obtención del modelo cartográfico del cambio de ocupación del suelo se realizó la comparación de dos mapas de fechas diferentes de 1996 y 2016, esta comparación cartográfica se efectuó mediante el software Idrisi especializado en SIG Analysis sobreponiendo dos mapas de diferentes fechas obteniéndose datos sobre los cambios de superficie y áreas que no han cambiado, determinándose

**Cuadro 1.** Coordenadas del sistema de proyección.

Coordenadas extremas de San Luis Huexotla, Texcoco

Coordenadas NAD 27		WGS84	
505478.5	2157266.5	505478.5	2157266.5
517288.5	2151510.5	517288.5	2151510.5
Meridiano central de la CDMX		99°	
Proyección		UTM	
Elipsoide		WGS 84	
Datum		WGS 84	
Zona UTM		14	
Referencia de la altitud		Nivel medio del mar	

ron diferencias significativas entre los rendimiento de parcelas de riego y temporal (Figura 3).

Se constató que la mayor parte de ejidatarios alternan sus labores agrícolas con otras actividades económicas que generan el sustento principal de su familia, cabe mencionar que los ingresos económicos del campo no son suficientes para solventar sus gastos y por ello, la necesidad de tener una fuente de trabajo que garantice su seguridad económica.

En general, las personas que trabajan o están pensionados por alguna dependencia de gobierno mencionaron a la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, así mismo las que mencionaron "otra" son esposas viudas pensionadas por estas mismas instituciones, esto muestra el alto índice de personas que laboran en estas instituciones.

**Modelo Cartográfico**

Los resultados del modelo cartográfico muestran las zonas estables, pérdidas y ganancias en cada una de las categorías, el cambio de ocupación del suelo de agrícola por urbano se presentó una perdida principalmente en la agricultura de temporal y en suelos con vegetación sin clasificar incorporando un total de 119 ha a la zona urbana. Cabe mencionar que estas dos zonas se encuentran ubicadas en su mayor proporción en la zona centro y la periferia de la localidad, lo que significa situar estas categorías como las

así las zonas estables, las áreas de pérdida y las áreas de ganancia en cada una de la categorías temáticas del estudio (Bosque, 1997).

Para realizar los diferentes procesos de la imagen (corrección geométrica, ajuste geométrico, digitalización y aplicación de la tabulación cruzada) se ocuparon los programas de software indicados. La encuesta se aplicó a la muestra seleccionada obteniéndose información acerca de tipo de producción, estado del ejido, efectos de crecimiento urbano y conocer desde el punto de vista de los encuestados las causas que han llevado a transformar la estructura geográfica de la localidad.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Estado actual de la agricultura en Huexotla**

La agricultura que realizan los ejidatario es de tipo tradicional y continúan sembrando maíz (*Zea mays* L.) principalmente, su explotación agrícola depende las necesidades personales, sin embargo en el último año mostro un aumento las parcelas rentadas (Figura 2), lo que significa que el desinterés en las labores agrícolas. No obstante se observa-

para solventar sus gastos y por ello, la necesidad de tener una fuente de trabajo que garantice su seguridad económica.

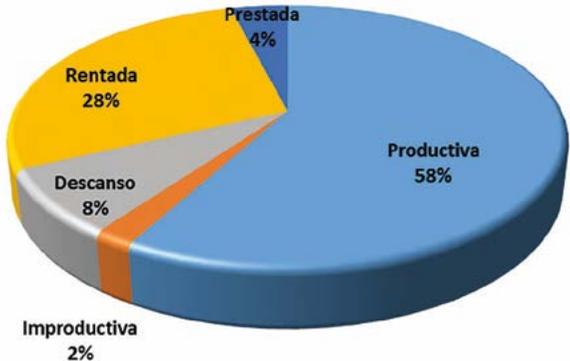


Figura 2. Estado actual del uso del suelo en el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

personas que laboran en estas instituciones.

**Modelo Cartográfico**

Los resultados del modelo cartográfico muestran las zonas estables, pérdidas y ganancias en cada una de las categorías, el cambio de ocupación del suelo de agrícola por urbano se presentó una perdida principalmente

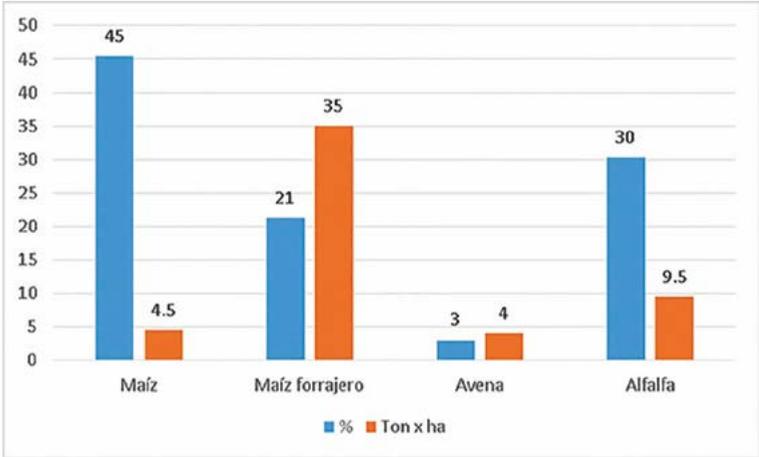


Figura 3. Principales cultivos el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

**Cuadro 2.** Ocupación del suelo por categoría en el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Ocupación	1996	2016	Diferencia 1996-2016	Área estable	Perdidas	Ganancias
Suelo con vegetación/sin clasificar	193.32	143.04	50.28	143.04	50.28	0
Agricultura de riego	228.55	157.84	70.71	157.69	70.71	0
Agricultura de temporal	282.60	206.08	76.52	206.60	76.52	0
Zona de arbolada	76.06	76.06	0.00	76.05	0	0
Láminas de agua	0.30	1.02	-0.72	0.30	0	0.72
Minas	52.97	67.67	-14.70	52.97	0	14.70
Zona ejidal comunal	37.81	0	37.81	0	37.81	0
Zona arqueológica	1.84	1.84	0	1.84	0	0
Áreas deportivas	3.90	11.27	-7.37	3.90	0	7.37
Zona urbana	73.95	192.99	-119.04	73.95	0	119.04

**Cuadro 3.** Actividad económica primaria de los ejidatarios.

Actividad económica	Frecuencia	%
Empleado de Gobierno	12	24
Jubilado	20	40
Empleado de empresa privada	0	0
Profesionista técnico	2	4
Comerciante	5	10
Jornalero	6	12
Sastre o costura	0	0
Otra	5	10
Total	50	100

que presentaron mayores cambios en el periodo de 20 años.

La zona urbana de Huexotla de acuerdo a los censos del INEGI (2010) en la categoría de vivienda presentó para el año de 1990 un total de 1356 viviendas, en el año 2000 2292 y para el año 2010 3258 viviendas, lo que reflejo un incremento de viviendas del 140% en 20 años. Considerando estos datos y de acuerdo al hacinamiento promedio registrado por el INEGI, en 1990 el promedio fue de 7458 individuos/vivienda, para el 2000 presentó 11460 y para 2010 fue en promedio 14661 individuos/vivienda. En las categorías mencionadas con mayor cambio de ocupación se desarrollaban actividades como

agricultura de temporal y actividades de traspatio. Huexotla mantenía actividades agrícolas campesinas en el año de 1996 con una proporción aproximada de 475 ha en estas dos categorías. En la agricultura de temporal los principales cultivos eran el maíz y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en actividades de traspatio agrícola se encontraban árboles frutales, hortalizas, plantas de ornato y plantas de medicina tradicional, para uso pecuario animales domésticos como cerdos, vacas, gallinas, conejos y guajolotes principalmente. Por otra parte, las coberturas que también representaron cambios en 2016 fue la tierra de uso común (TUC) con 37.81 ha y la de agricultura de riego con 53.43 ha en la zona del ejido, mismas que fueron vendidas en el

año de 2010 a la CONAGUA. Lo que represento que un total de 56 ejidatarios vendieran sus parcelas reduciendo el ejido a 146 ha totales. La venta mencionada tiene afectaciones directas con la producción agrícola en el área de agricultura con riego y la desaparición de la TUC, por lo contrario, aumentó la plusvalía en relación al valor del costo del terreno agrícola, debido a la construcción y demanda de superficie para construcciones asociadas al desarrollo del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), esto presenta un riesgo a toda la parte ejidal y la disminución de actividades agrícolas en esta zona, así mismo se mantiene en alerta en aumento del cambio de ocupación en esta zona debido a que los ejidatarios mencionaron la disposición de vender si existe la posibilidad de compra.

Lo que destaca en estas categorías se perdieron en el año 2010 un total de 91 ha o casi un 1 km<sup>2</sup> de agricultura de riego y de ejido de área común en el ejido de Huexotla. Si bien es cierto que los terrenos agrícolas en la zona ejidal para el 2016 disminuyeron debido a la venta a la CONAGUA, también se observó que existe una disminución agrícola

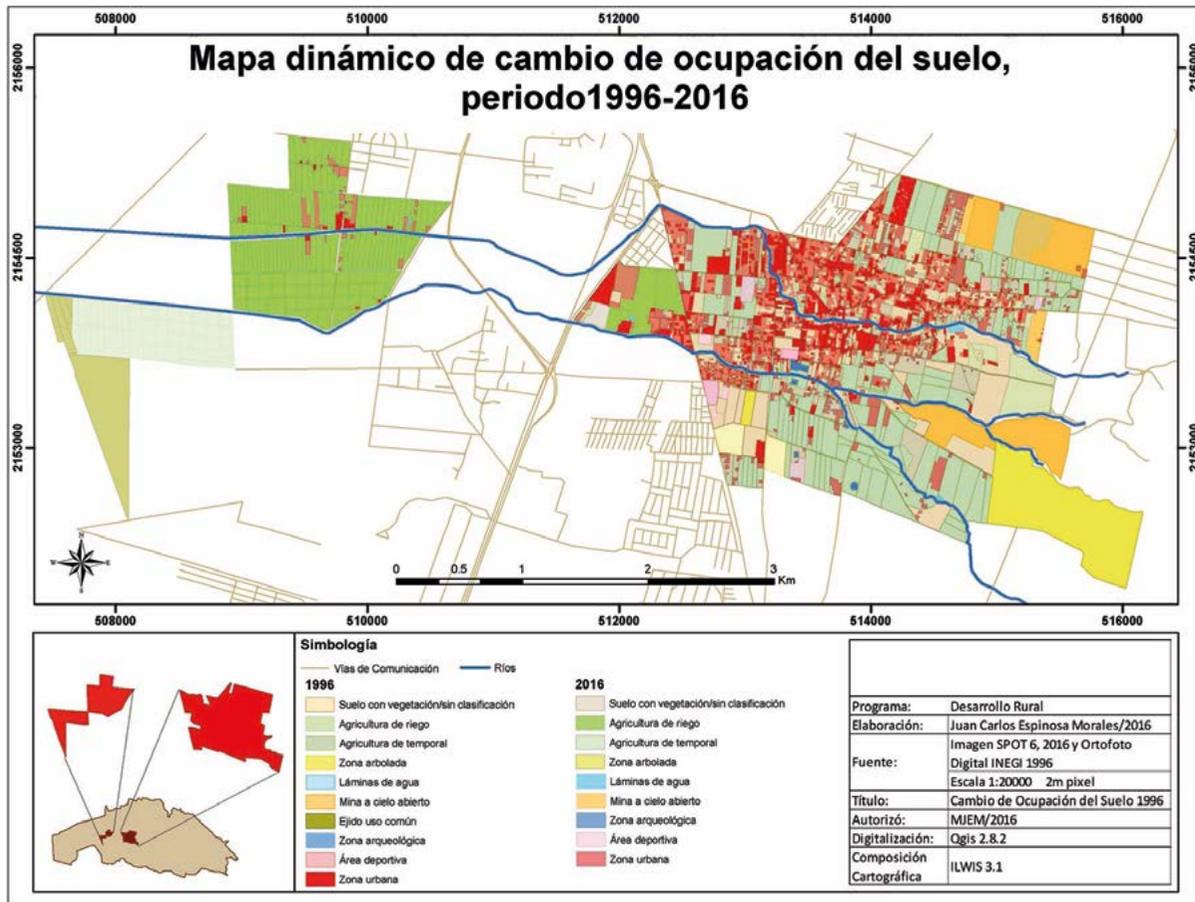


Figura 4. Mapa de dinámico de cambio de ocupación del suelo 1996-2016 del ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

la en esta zona, los resultados demuestran desinterés de realizar actividades agrícolas, el 58% de las parcelas están produciendo, mientras que el 42% restante no la trabaja directamente, esto conlleva a vincular que la agricultura para los ejidatarios no representa una actividad económica rentable y por lo tanto se refleja con terrenos en descanso, o sin actividad agrícola. Asociado a esta tendencia, la encuesta registró que 74% de los ejidatarios trabajan o trabajaron en una dependencia de gobierno (COLPOS y UACH), esto muestra que también asociado al problema anterior del proceso de la producción agrícola se relaciona que al tener una fuente de ingresos económica estable conlleva a dejar en segundo e incluso en tercer término las actividades agrícolas.

## CONCLUSIONES

### Huexotla

considerada una localidad con actividades agrícolas importantes e identificada como una población con características campesinas, ha tenido un proceso de transformación por su cercanía a la cabecera municipal de Texcoco y a instituciones como el COLPOS y UACH que concentran una población económica laboral y que se expresan también de forma territorial. Se observó la relación entre factores socioeconómicos que han influido en el cambio de ocupación del suelo de agrícola por urbano, entre ellas; el crecimiento de la población que presentó un aumento numeroso, la demanda espacios para la instalación de viviendas, así como el aumento de servicios públicos y la modificación de los procesos productivos, provocando alquilar sus tierras, abandonarlas o en algunos casos venderlas. La actividad agrícola practicada por los ejidatarios no constituye su fuente económica primaria, sin embargo las actividades que se realizan dentro de ella, muestran una técnica tradicional por que no cuentan con tecnificación, además de conservar algunos cultivos básico como el maíz principalmente. Los impactos que del cambio de ocupación del suelo se manifiestan principalmente en predios agrícolas se aceptan puesto que se reconoce que el crecimiento urbano es una principal consecuencia de estos cambios, y son producto de afectaciones socioeconómicas y ambientales. Un factor que también ha influido en la modificación del proceso de ocupación del suelo es la construcción

del NAICM y la compra de las 91.8 ha agrícolas y de uso común en el 2010. Esto presenta un riesgo en la parte ejidal que traerá como consecuencia el incremento del cambio de uso de suelo.

## LITERATURA CITADA

- Ambrosio G., González J., Arévalo V. 2002. Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal. Málaga, España
- Bocco G. M., Manuel M., Omar R. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas [online]. 2001, n.44, pp.18-36. ISSN 0188-4611.
- Bosque S.J. 1997. Sistemas de información geográfica, Ed. Rialp. 2a ed. Madrid. 451p.
- Espinosa M.J.C. 2017. Cambio de ocupación del suelo en la localidad de San Luis Huexotla Texcoco Estado de México en el período 1996-2016: Análisis territorial mediante un modelo cartográfico. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México.
- FAO. 2005. Forest Resource Assessment (serie Internet) (15 resultados clave). <http://www.fao.org>.
- Hernández S.R., Fernández-Collado C., Baptista-Lucio P. 2010. Metodología de la investigación. Ed. MacGraw Hill. México.
- H. Ayuntamiento de Texcoco 2016. Plan de Desarrollo Municipal de Texcoco 2016 - 2018
- INEGI. 2010. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 y 2010. Resultados por localidad ITER.
- Lambin E.F., N. Baulies G. Bockstael T. Fisher R. Krug E.F. Lemmans R.R., Moran Y., Rindfuss D., Sato B.L., Skole T.II, Vogel C. 1999, Land use and land cover change implementation strategy, IGBP report, 48, IHDP, report 10, Estocolmo.
- Mas F.J., Velázquez A., Couturier S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. Investigación Ambiental, v. 1, n. 1
- Nájera G., Bojorquez Serrano J.L., Vilchez F.F. 2000. Cobertura del terreno y uso del suelo de la reserva ecológica sierra de San Juan, Nayarit. En: Cuarta Reunión de Investigación y Desarrollo Tecnológico. 180-181. Tepic, Nayarit, México.
- PNUMA. 2012. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <http://www.pnuma.org/geo/geo5/GEO%20ESPANOL%202013%20WEB.pdf> (Consultado 6 octubre 2016)
- Rodríguez G., Bautista M. 2011. Cambio de uso del suelo y deforestación en el Estado de Jalisco. México. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4WbTVekXjWQJ:www.iieg.gov.mx/contenido/GeografiaMedioAmbiente/Cambiodeusodelsueloparaestuodiobiodiversidad.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx> (Consultada 4 enero 217).
- Salinero E.C. 1985. Aportaciones de la Teledetección espacial a la cartografía de ocupación del suelo. Anales de Geografía de la Universidad Complutense (Vol. 5, p. 29).
- SEMARNAT. 2010. Compendio de estadísticas ambientales 2010. [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet1bdcb.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet1bdcb.html) (Consultada 8 de Septiembre 2016).

