

CAMBIO DE USO DE SUELO EN UNA MICROCUENCA DEL ALTIPLANO MEXICANO

*J. A. García Orozco¹, J. G. Gutiérrez Cedillo², J. I. Juan Pérez²,
M. A. Balderas Plata²*

Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

El territorio mexicano se caracteriza por una amplia diversidad ambiental debido a diversos factores fisiográficos (ubicación geográfica, relieve, clima, tipo de suelo, vegetación). En México, los procesos de cambio en el uso del suelo se derivan de la interacción de amplios factores geográficos, económicos, políticos, sociales, demográficos y culturales. El objetivo de este trabajo fue identificar y evaluar los cambios en el uso del suelo ocurridos en la microcuenca del río San José, ubicado en los municipios de San Felipe del Progreso y San José del Rincón, en el Altiplano Mexicano, entre los años 2000 y 2008. Se utilizó el software Arc Gis y funciones matemáticas para calcular los cambios de uso de suelo y evaluar la pérdida de áreas boscosas próximas a zonas agrícolas. El cambio más significativo se presenta sobre áreas forestales transformadas en agricultura de temporal.

Palabras clave: cambios de uso del suelo, SIG, microcuenca.

CHANGE IN LAND USE IN SMALL WATERSHEDS IN THE ALTIPLANO MEXICANO

ABSTRACT

The Mexican territory is characterized by a high environmental diversity due to geographical location, topography, climate, soil type, vegetation. In Mexico, the processes of land use change are derived from the interaction of various factors geographical, economic, political, social, demographic and cultural. The aim of this paper is identify and evaluate land use changes occurred in the watershed of the San Jose River, located in the municipalities of San Felipe del Progreso and San Jose del Rincon, in the Altiplano Mexicano, over the years 2000 and 2008. Arc Gis System and mathematical functions were used to calculate land use changes and evaluate losses of forested surfaces near to agricultural areas. The most significant change occurs in forest areas to rainfed agriculture.

Key words: Land use change, SIG, Watershed

Fecha de recepción: 4 de abril de 2011. Fecha de aceptación: 11 de octubre de 2011.

1 Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. Paseo Colón esquina Paseo Toluca. E-mail: jazmin_azu@hotmail.com

2 Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Vicente Guerrero s/n c.p. 50110. E-mail: gaston_g2001@yahoo.com.mx; E-mail: jijp@hotmail.com y E-mail: mabalderas@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano en la actualidad no se explota con la misma intensidad ni con los mismos propósitos, algunas áreas forestadas son modificadas al ser utilizadas con fines agropecuarios o asentamientos humanos. La degradación del suelo es un problema ecológico, que provoca una disminución del potencial biológico, degenerando al medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas en el entorno (ORTIZ *et al.*, 1994). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (FAO-PNUMA, 1983), la degradación del suelo se define como un proceso que disminuye la capacidad y potencial para producir cuantitativa y cualitativamente bienes y servicios. Este proceso se clasifica en función de su naturaleza y del tipo de consecuencias.

En el Altiplano Mexicano la más reciente estimación de la superficie ocupada por los diferentes usos del suelo proviene del Inventario Forestal Nacional del año 2000 (IFN 2000). Se señala que cerca de la mitad del país ha sido afectada severamente por las actividades humanas. El cambio de la cubierta vegetal de bosques a áreas agrícolas, repercute en los aspectos naturales, económicos y sociales, de aquí la importancia por estudiar los procesos que provocan estos cambios. Debido a ésta problemática las dependencias gubernamentales aportan leyes y reglamentos para minimizar el impacto ambiental.

Las características del territorio del Estado de México, surgen como consecuencia de la interacción entre las divisiones geográficas naturales y las divisiones de gestión político-administrativas, además de las condiciones fisiográficas, ambientales y ecológicas de las regiones que lo integran. Su situación geográfica en el contexto nacional, sus relaciones económicas, políticas, demográficas y socioculturales generan diversos problemas ambientales que a corto, mediano y largo plazo inciden en la calidad de vida, salud y bienestar de los habitantes (JUAN *et al.*, 2006).

La fundamentación teórica y metodológica del análisis del cambio en el uso del suelo se basó en la identificación y evaluación del proceso por medio de un sistema de información geográfico. Braimoh (2006), afirma que las definiciones tradicionales de los procesos de cambio se basan en factores causales de cambio, mientras que las definiciones estadísticas están sustentadas en el análisis de funciones matemáticas. El análisis del proceso de cambio, permitió observar la transformación del paisaje de una manera metódica.

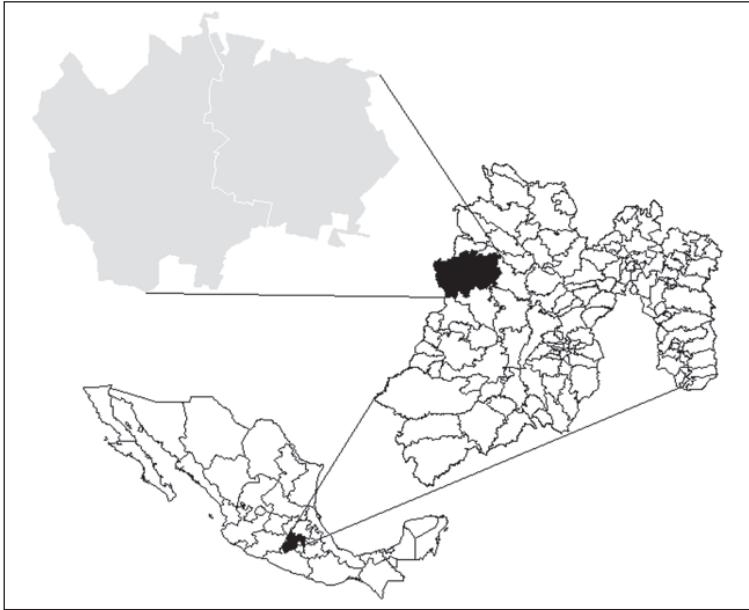
2. AREA DE ESTUDIO

La microcuenca del río San José se ubica en la parte noroeste del Altiplano Central de México; su relieve está formado por un sistema montañoso de mediana altura. Colinda al norte con el Estado de Michoacán de Ocampo y el municipio de El Oro; al este con Villa Victoria; al sur con Villa de Allende estos últimos del Estado de México (INEGI, 2008:2).

Su temperatura media anual oscila entre 10 y 14° C y su precipitación se registra de los 800 a 1200 mm. Los componentes geológicos son de dos tipos: rocas ígneas (extrusiva ácida, basalto, andesita, brecha volcánica, toba riolítica) y sedimentarias (arenisca); que dan origen a suelos de tipos Andosoles, Luvisoles, Leptosoles, Planosoles y Cambrisoles.

Estos suelos presentan uso agrícola y urbano con vegetación de bosques y pastizales, derivados del clima y suelo de la zona.

FIGURA 1: Ubicación geográfica del área de estudio



3. MATERIALES Y MÉTODOS

La localización y cuantificación del proceso de cambio en el uso del suelo se realizó en dos etapas: la primera, sobreposición cartográfica, mediante la plataforma de Arc Gis georeferenciando las cartas topográficas E14A16 y E14A26 (INEGI, 1978), empleadas como base para la digitalización y delimitación de la cuenca; cálculo de área; determinación del relieve; localización de la hidrología; distribución de localidades, áreas rurales y zonas agrícolas; así como la cuantificación de los cambios de áreas boscosas a agrícolas.

La segunda etapa se realizó por medio de una función matemática en la que se consideró como tiempo 1 el año 2000 (t1) y tiempo 2 el año 2008 (t2), obteniendo con ello mapas y tablas de cambios, pérdidas y ganancias, los cuales permiten observar la magnitud y distribución espacial del cambio en el uso del suelo. Para la determinación del uso de suelo en el año 2000 se utilizaron ortofotos escala 1:10000 del IGCEM (2000), ésta información se verificó con el inventario forestal escala 1:250000 (IFN, 2000), con el fin de aumentar la certeza y confiabilidad de la información.

Para el año 2008 se recurrió a las imágenes de satélite SPOT5 (IGCEM, 2008) pancromáticas. Para el diagnóstico de la dinámica demográfica de la población se utilizaron el XII Censo General de Población y Vivienda y el II Conteo de Población y Vivienda

(2005) a nivel municipal, ésta información se trabajó en Microsoft Office Excel, para la visualización del aumento poblacional de las localidades involucradas. Para el estudio del tamaño de la población se consideraron 74 localidades, al norte (29 localidades), al sureste (26 localidades) y al noroeste (19 localidades).

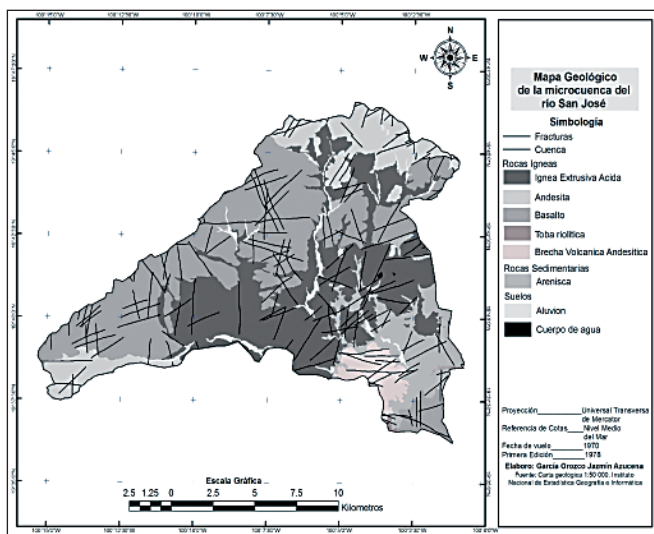
Los datos representan una población total de 47 195 habitantes en el 2000 y de 49 770 en el 2005. La población total por género según el XII Censo General de Población y Vivienda, muestra que el 47.78% corresponde a los hombres y el 52.22% a las mujeres en el 2000. En el II Censo de Población y Vivienda para el 2005 se reporta que 49.05% corresponde a los hombres y el 50.95% a las mujeres.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

Los suelos se dividieron en clases según sus características generales, la clasificación se basó en su morfología y composición, con énfasis en las propiedades que se pueden observar, sentir o medir como la profundidad, el color, la textura, la estructura y la composición química. Las propiedades de un suelo muestran la interacción de varios procesos de formación, por la acumulación del material. Los componentes geológicos de la microcuenca se dividieron en: basalto con 38.56%, y 33.51% de extrusiva ácida ubicado al norte y oeste, el 12.15% de andesita localizada al norte y suroeste, toba riolítica con 0.10% y el 3.51% de brecha volcánica al sureste, arenisca con 9.79% en el sureste y el 2.38% de suelos aluviales al norte y sur. De acuerdo con su ubicación en el territorio los componentes geológicos corresponden al relieve en la microcuenca, solo en el caso del aluvión que se observó en áreas no apropiadas debido al factor de transporte de materiales, el cual indica que el material fue arrastrado por un afluente, este proceso se presenta al noreste del área (figura 2).

FIGURA 2: Componentes litológicos de la microcuenca



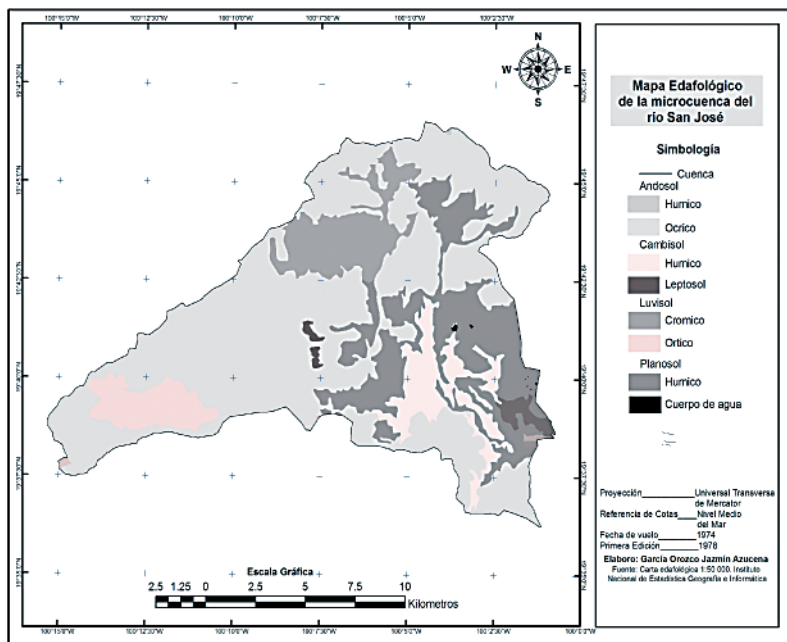
En clara relación la litología y relieve de la zona, se observaron los siguientes tipos de suelo (cuadro 1) y su distribución (figura 3).

CUADRO 1: Tipos de suelos presentes en la microcuenca

Característica	Tipo de suelo	%	Descripción
Suelos de baja evolución condicionados por el material originario, susceptible a erosión	Andosol · Húmico · Órtico	60.04	Suelos que se encuentran en áreas donde se ha presentado actividad volcánica, se forman a partir de cenizas volcánicas, por ello presenta un alto contenido en materiales amorfos. Su vegetación es de bosque de pino, abeto, encino. Con una textura esponjosa y suelta se utilizan para la agricultura con rendimientos bajos porque retienen fósforo y éste no es absorbido por las plantas.
Suelos típicamente de clima templado húmedo, susceptible a erosión	Cambisol · Húmico	7.05	Suelos jóvenes y poco desarrollados, puede tener cualquier tipo de vegetación ésta se encuentra condicionada por el clima y no por el suelo, son abundantes y se destinan a varios usos.
Suelos típicamente de clima mediterráneo húmedo, susceptible a erosión debido a su uso agrícola y pecuario	Luvisol · Crómico · Órtico	12.66	La vegetación es de bosque o selva, se utilizan con fines agrícolas con rendimientos moderados o altos, su mayor productividad es en el cultivo de frutales, con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería.
Suelos con árgico muy evolucionados, susceptibles a la erosión	Planosol · Mólico	18.68	Suelos utilizados para la ganadería y agricultura. Su vegetación es de pastizal
Suelos que se encuentran en todos los climas susceptibles a la erosión	Leptosol	1.57	Se localizan en todas las Sierras, laderas, barrancas, lomeríos, pueden ser fértiles o infértiles. Su vegetación es forestal, su mejor rendimiento es en el cultivo de frutales.

Elaboración según FAO/UNESCO de 1990, la guía para la interpretación de cartografía INEGI y Fitzpatrick

Figura 3: Tipo de suelo presentes en la cuenca



4.2. USO DE SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO SAN JOSÉ

Los diferentes usos en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como *usos del suelo*, Meyer y Turner en 1994, definen el término uso de suelo como aprovechamiento para fines económicos, mientras Bocco en 1998, lo refiere a una actividad socioeconómica que se desarrolló o se desarrolla en la cobertura vegetal. El uso del suelo ha cambiado con una velocidad alarmante en el Estado de México, lo cual está provocando que se afecten los ecosistemas y biodiversidad, y generan variaciones climáticas locales, derivados de la alteración de los ciclos biogeoquímicos como el del agua y el carbono (LAMBIN *et al.*, 1999)

La vegetación natural: bosques, selvas y matorrales, que constituyen la categoría “primaria”, determina el uso de suelo. En las regiones donde una porción de la comunidad biológica ha sido explotada parcialmente o se está recuperando después de su remoción, es calificada como “perturbada” o “secundaria”. Se conoce como “cobertura antrópica” a aquellos lugares donde la ocupación es diferente a la original, resultado de la modificación hecha por el hombre; dentro de esta categoría se incluyen diferentes tipos de cubierta: agrícola, ganadera o urbana (SEMARNAT, 2010). En la microcuenca de estudio se identificaron siete diferentes usos: agricultura de temporal, bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro), pastizal inducido, bosque de pino-encino (incluye pino-encino) con vegetación secundaria, bosque de pino-encino (incluye pino-encino), bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea, bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro) con vegeta-

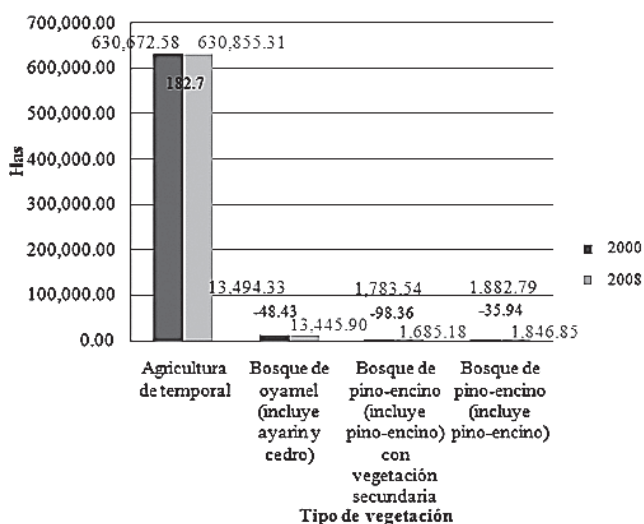
ción arbustiva y herbácea. Del año 2000 al 2008 en la zona estudiada cambiaron los bosques de oyamel y pino-encino por agricultura de temporal al norte y suroeste (cuadro 2).

CUADRO 2: Uso de suelo de los años 2000 y 2008

Tipo de vegetación	2000		2008		Pérdidas o Ganancias	
	Área					
	Has	%	has	%	has	%
Agricultura de temporal	630,672.60	96.59	630,855.31	96.62	+182.73	+0.03
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	13,494.33	2.07	13,445.90	2.06	-48.43	-0.01
Pastizal inducido	4,479.47	0.69	4,479.47	0.69	0	0
Bosque de pino-encino (incluye pino-encino) con vegetación secundaria	1,783.54	0.27	1,685.18	0.26	-98.36	-0.01
Bosque de pino-encino (incluye pino-encino)	1,882.79	0.29	1,846.85	0.28	-35.94	-0.01
Bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	315.17	0.05	315.17	0.05	0	0
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro) con vegetación arbustiva y herbácea.	264.66	0.04	264.66	0.04	0	0

Elaboración con base al inventario forestal del 2000, ortofotos del 2000 e imágenes de satélite 2008

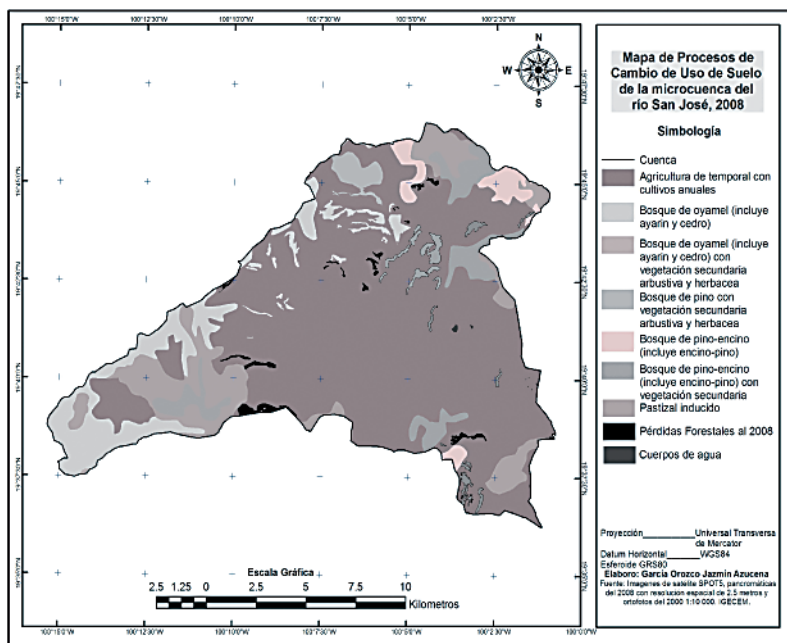
GRÁFICA 1: Comparación del uso del suelo del año 2000 y 2008



4.3. DISTRIBUCIÓN CARTOGRÁFICA DEL USO DEL SUELO DE LOS AÑOS 2000 Y 2008

La sobreposición de la base de datos del inventario forestal y ortofotos para la identificación y evaluación de las zonas de cambio para ambos años, dio como resultado cartográfico que para el año 2000 la distribución geográfica de las áreas agrícolas se encontraban al norte, sur, noroeste, sureste y centro, las forestales al noreste y suroeste. Mientras para el año 2008 se pierden áreas forestales en la parte norte, sureste y suroeste. Como se observa en la gráfica 1, el incremento de la agricultura de temporal, con respecto al decremento de los bosques de coníferas, esto significa que la agricultura cada año está sustituyendo a las áreas forestales.

FIGURA 4: Localización del incremento y disminución de las áreas agrícolas y forestales de los años 2000 y 2008



4.4. CAMBIO DE USO DEL SUELO DEL AÑO 2000 AL AÑO 2008

Los estudios sobre el cambio del uso del suelo y la cobertura vegetal proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y disminución de la biodiversidad de una región determinada (LAMBIN *et al.* 2001). El mapa (figura 4) como instrumento de interpretación de los datos entre los años 2000 y 2008, indica que en la parte central, sureste y suroeste donde todavía se encontraban áreas boscosas se deforestaron para ser ocupadas por la agricultura de temporal. Por otro lado esta actividad ha derivado que se pierdan ecosistemas existentes en la zona. Este comportamiento es consistente con lo mencionado por Noble y Dirzo (1997) donde consi-

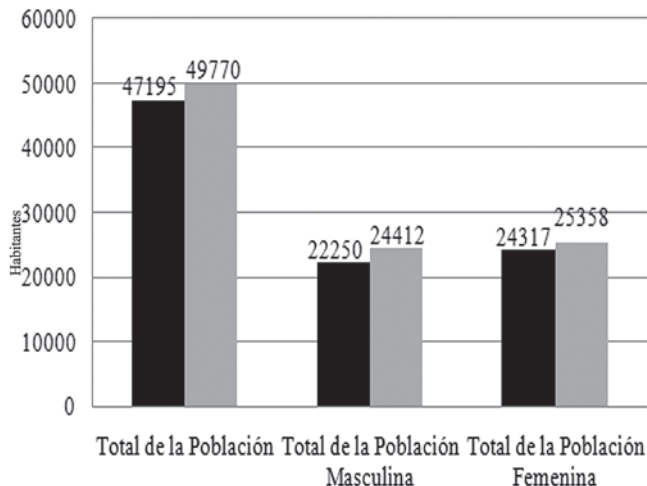
deran que la pérdida de bosques en México va de un tercio a casi la mitad de la superficie total original, fenómeno que se ve favorecido, sobre todo en los últimos dos siglos debido al aumento en la densidad de la población.

La consecuencia de la disminución de la cubierta vegetal, lleva consigo el decremento de la reserva genética inherente a los ecosistemas y la pérdida del potencial de uso en bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano, así como alteración de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, el exterminio de las especies nativas y la pérdida de hábitat en general (VELÁZQUEZ *et al.* 2002). En el espacio geográfico de estudio, la disminución de los bosques de coníferas entre los dos años comparados es de 422.73 hectáreas, esto provocado por el incremento de la población al ocupar las áreas boscosas para agricultura como actividad principal, este cambio de uso de suelo, genera aumento en los niveles de calor, en la temperatura del suelo y disminución en la humedad edáfica.

4.5. EL FACTOR DEMOGRÁFICO PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO

Diversos factores son responsables del cambio de uso del suelo en el territorio mexicano, como se ha mencionado uno de los principales factores en la zona de estudio es el crecimiento demográfico, que contribuye al aumento de la superficie cultivada o destinada al ganado. Sin duda, la población es decisiva en la magnitud del territorio que es utilizado en estas actividades. Los datos que se presentan en la gráfica 2 sugieren que futuros incrementos de la población se manifestarán sobre el uso del suelo, lo cual provocará cambios en el paisaje en algunas décadas (SEMARNAT, 2010).

GRAFICA 2: Dinámica poblacional



Tanto en el Censo como en el Conteo se señala a estos dos municipios como lugares marginales, pobres y con baja percepción económica, lo cual ha llevado a la población masculina a emigrar hacia las zonas urbanas, es por ello que el tamaño de población es

menor en hombres que en mujeres. Incrementando por este motivo la mano de obra femenina en el campo. La estructura de la ocupación de esta población es principalmente en el sector primario con el 34.5%, por lo que se infiere que la dinámica poblacional se manifestó en el uso de suelo, al cambiarlo de áreas boscosas a agricultura de temporal.

Otro factor importante a considerar en la pérdida de la cobertura forestal en la microcuenca se deriva por las necesidades básicas de los habitantes como es la alimentación, al incrementar la población de un 48.67% a un 51.33%, aumenta la demanda de espacio, por lo cual se ocupan las áreas forestales para agricultura aumentando así el 0.03% en superficie cultivada. El cambio de la cubierta forestal a otra con ausencia de vegetación, ocasiona dos impactos básicos: la reducción del área de las masas forestales y el deterioro de la calidad de las áreas remanentes por los efectos de la fragmentación. La contracción de las áreas forestales y su fragmentación propician la reducción del tamaño poblacional de especies comerciales, su aislamiento geográfico, por lo tanto se reduce el intercambio genético, afectando así su éxito reproductivo; lo anterior pone en riesgo su viabilidad, pero también su explotación comercial en el largo plazo (SEMARNAT, 2010).

5. CONCLUSIONES

La deforestación de 182.73 hectáreas (bosques de coníferas) en la microcuenca del río San José, ha provocado cambios importantes en el paisaje a través del tiempo relacionado con el incremento de la población y la práctica de actividades agrícolas, lo cual ha propiciado que se esté perdiendo la biodiversidad local. Entre los años 2000 y 2008, los cambios de ocupación del suelo en el área fueron notorios, al deforestar el 0.03% del área de la microcuenca (236.293 km²) y ser ocupados por la agricultura de temporal con el 96.62%. Los pastizales inducidos se mantienen con el mismo porcentaje de 0.69% en ambos años, debido a que la agricultura de temporal es más redituable. El uso de herramientas tecnológicas como son los SIG en los análisis espaciales, diagnósticos y comparaciones temporales, se están haciendo indispensables para la evaluación, predicción y simulación de dichos procesos, porque dan un panorama aproximado a la realidad.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para la realización de este trabajo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCCO, G.: (1998): "Instrumentos para la medición de cambio de cobertura de suelo":
En <http://www.oikos.unam.mx/cus/instrumentos.html>
- BRAIMOH, A.K.: (2006): *Agriculture, Ecosystems and Environment*: "Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana".

- FAO-PNUMA (1983): *Directrices para el control de la degradación de suelos*. Roma.
- IFN (2000): *Inventario Forestal Nacional-2000*. México.
- INEGI (2000): *XII Censo General de Población y Vivienda*. México.
- INEGI (2005): *II Censo de Población y Vivienda*. México.
- JUAN, J., RAMÍREZ, J., MONROY, J. y CAMPOS (2006): *Revista Iberoamericana de Educación*: “Ambiente, Sociedad, Cultura y Educación Ambiental en el Estado de México”. OEI: España.
- LAMBIN, E. F., X. BAULIES, N. BOCKSTAEL, G. FISCHER, T. KRUG, R. LEE-MANS, E. F. MORAN, R. R. RINDFUSS, Y. SATO, D. SKOLE, B. L. TURNER II y C. VOGEL (1999): *Land use and land cover change implementation strategy*. IGBP report 48: IHDP report 10: Estocolmo.
- LAMBIN, E. F., B. L. T., HELMUT J. G., SAMUEL B. A., ARILD A., JOHN W. B., OLIVER T. C., RODOLFO D., GUNTHER F., CARL F., P. S. G., KATHERINE H., JACQUES I., RIK L., XIUBIN L., EMILIO F. M., MICHAEL M., P. S. R., JOHN F. R., HELLE S., WILL S., GLENN D. S., UNO S., TOM A. V., COLEEN V. Y JIAN-CHU X. (2001): *The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths*.
- MEYER, W. y TURNER, B. (1994): *Changes in land use and cover: A global perspective: Papers arising from the 1991 global change institute*. University of Cambridge.
- NOBLE, I. R. y R. D. (1997): “Forest as human dominated ecosystem”.
- ORTIZ S., M.L.M., ANAYA G., M., ESTRADA B., J. (1994): *Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*. Colegio de Postgraduados-CO-NAZA: México.
- SEMARNAT (2010): Publicado en:
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.shtml. Consultado 22/06/2010
- VELÁZQUEZ A., MAS J. F., DÍAZ-GALLEGOS J. R., MAYORGA-SAUCEDO R., AL-CÁNTARA P.C., CASTRO R., FERNÁNDEZ T., BOCCO G., EZCURRA E. y PALACIO J.L. (2002): *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México*. México.