

DINÁMICA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL NORTE DE LEÓN, GUANAJUATO*

LAND-USE CHANGE DYNAMIC IN THE NORTH OF LEÓN, GUANAJUATO

Ramón Trucíos-Caciano^{1§}, Juan Estrada-Ávalos¹, Julián Cerano-Paredes¹ y Miguel Rivera-Gonzalez¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. INIFAP. Margen derecha Canal Sacramento, km 6.5. Gómez Palacio, Durango. C. P. 35140. Tel. 01 871 1590104, 05 y 07. (estrada.juan@inifap.gob.mx), (cerano.julian@inifap.gob.mx), (rivera.miguel@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: trucios.ramon@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cambio de vegetación natural obedece a una población creciente y demandante de servicios y actividades que satisfagan sus necesidades. En es este estudio se plantea el uso de dos modelos, para conocer si estos cambios obedecen a actividades de deforestación o impacto pecuario en el periodo de 1970 a 2007, en el norte del municipio de León, Guanajuato. Utilizando sistemas de información geográfica y una escala de trabajo de 1:50 000, se encontró que los cambios ocurridos en el periodo de estudio corresponden a 32%; es decir, que de 22 710 ha que conforman el área, 7 294 tuvieron un uso de suelo o vegetación diferente al actual. El modelo de deforestación establece que 62.8% (4 582 ha) de estos cambios fueron favorables, asociados a procesos de re-vegetación; en contraste, el modelo de impacto pecuario establece 62.5% (4 561 ha) del área ha tenido alteración hacia esta actividad. Los resultados indican también, un crecimiento de las actividades pecuarias como apertura de áreas de pastoreo en áreas con vegetación natural (bosques o matorrales), lo cual incrementa el riesgo de degradación de suelos por la acción de escurrimientos superficiales.

Palabras clave: deforestación, impacto pecuario, modelos, sistemas de información geográfica, uso de suelo.

ABSTRACT

The change of natural vegetation obeys a growing human population and an increasing demand of services and activities to fulfill the needs of human groups. This paper uses two models in order to explore, whether this changes in natural vegetation are due to deforestation or livestock in the period ranging from 1970 to 2007 in area to the north of the municipality of León, Guanajuato. Using geographic information systems, and working with a scale 1:50 000, we found that thirty two percent of changes correspond to the studied time period; namely, that 7 294 hectares out of a total 22 710 that make up the area, have had a different land use in the past. The deforestation model establishes that 62.8% (4 582ha) of these changes were favorable, associated with revegetation processes. In contrast, the model of livestock impact establishes that 62.5% (4 561ha) of the area has been changed to accommodate for this activity. The results also indicate that an increase in livestock activities, for example opening-up natural vegetation areas for grazing (forests, shrublands), augments soil degradation risks due to surface-runoff.

Key words: deforestation, geographic information system, land use change, livestock impact, models.

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: septiembre de 2011

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas terrestres han sido el sustento y abrigo de las especies animales a lo largo del tiempo, dichas asociaciones de animales, plantas y la interrelación existente, han formado una gran diversidad, característica por la cual nuestro país tiene el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de recursos naturales, ya que 1.5% del territorio del planeta, México cuenta con más 10% de las especies conocidas en el mundo (SEMARNAT, 2009). A este respecto, en México 72.6% de la superficie es representada por matorral xerófilo (26.1%), bosque templado (16.6%) y selva subhúmeda (12.1%); la superficie restante está conformada por usos agropecuario, urbano u otras cubierta antrópicas (SEMARNAT, 2009).

No obstante, se ha llevado a través del tiempo un desmedido aprovechamiento de los recursos naturales; principalmente, por la deforestación (Bocco *et al.*, 2001), prácticas agrícolas inadecuadas (Orozco *et al.*, 2004), sobrepastoreo, extracción de leña y urbanización (Elvira, 2006; Lambin, 1997), debido que las necesidades han sido modificadas por el uso de servicios y tecnologías, que cada vez demandan un mayor uso de nuestros recursos y pueden ser atribuidos a factores económicos, políticos y ecológicos (Meyer y Turner, 1992; Walter y Steffen, 1997; Geist y Lambin, 2001).

En este mismo contexto nacional, SEMARNAT (2009), estima que se han perdido 222 000 km² de selva, 129 000 km² de bosque, 51 000 km² de matorrales y 60 000 km² de pastizales; lo cual implica problemáticas en azolvamiento de cuerpos superficiales y disminución de la recarga de los acuíferos, por las características que tiene la vegetación respecto al escurrimiento superficial (Viramontes y Decroix, 2001). Por su parte, la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), delimita como causas del cambio de uso de suelo, en América del Norte (México, Canadá y EUA), al incremento demográfico, baja economía, políticas e instituciones y la falta de impulso a ciencia y tecnología (FAO, 2009).

A este respecto, en el área de estudio que pertenece a su vez al sistema de áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato (SANPEG, 1997), se realizó un estudio socioeconómico encontrando escasos recursos económicos, baja escolaridad, edad avanzada y familias numerosas como características de los productores (Castro *et al.*, 2008). Cabe destacar que el área de estudio pertenece al municipio de León, que es uno de los más importantes del

INTRODUCTION

The ecosystems have been both shelter and sustenance of animal species throughout time; these groups of animals, plants, and their interrelations, have led to a great richness and diversity. Mexico ranks fourth worldwide in terms of diversity of natural resources, as it hosts more than ten percent of the world's known species in 1.5% of the planet's territory (SEMARNAT, 2009). This said, in 72.6% of Mexican territory we find xeric shrublands (26.1%), temperate forests (16.6%), and sub-humid jungles (12.1%); the remaining surfaces are destined for urban, agricultural or other anthropic uses (SEMARNAT, 2009).

However, there has been an abuse of natural resources mainly due to deforestation (Bocco *et al.*, 2001), inadequate agricultural practices (Orozco *et al.*, 2004), overgrazing, excessive firewood extraction and urbanization (Elvira, 2006; Lambin, 1997). The human needs have been modified for technologies and services requiring greater amounts and types of resources; this can be attributed to economic, political and environmental factors (Meyer and Turner, 1992; Walter and Steffen, 1997; Geist and Lambin, 2001).

In this same national context, SEMARNAT (2009) estimates the loss of 222 000 km² of jungle, 129 000 km² of forests, 51 000 km² of shrublands, and 60 000 km² of grazing lands. This has direct implications in terms of sediments in surface water bodies and decreased aquifer recharge due to the characteristics of vegetation in relation to surface runoff (Viramontes and Decroix, 2001). The Food and Agriculture Organization (FAO) states the following as causes for changes in land use in North America (Mexico, Canada and the USA): demographic growth, economic, political and institutional problems, as well as the lack of support for science and technology (FAO, 2009).

The area of study belongs to the natural protected areas of the State of Guanajuato (SANPEG, 1997). A socioeconomic study in the region found lack of economic resources, low educational levels, an old population, and families with numerous members as characteristics of the producers (Castro *et al.*, 2008). It is important to state that this area belongs to the municipality of León, which is one of the most important municipalities of the central region of Mexico,

centro de México, con una población de 1 134 842 habitantes en 2000 (INEGI, 2004a), que generaron en ese mismo año un aporte al producto interno bruto estatal (PIB) de 30.61% (INEGI, 2004b).

El objetivo planteado para este trabajo, fue determinar el cambio de uso de suelo ocurrido en el área que comparten el municipio de León, Guanajuato y el área natural protegida Sierra de Lobos entre 1970 y 2007 y la dinámica del cambio; es decir, cuáles fueron los usos de suelo y vegetación de 1970 que sufrieron cambio para dar lugar al uso de suelo de 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la superficie común entre el sur del área natural protegida “Sierra de Lobos” y el norte del municipio de León, Guanajuato; con una superficie de 22 710 ha. Esta superficie comprende la parte alta de las subcuencas La Patiña, El palote, Las Amapolas y Penjamo-Irapuato-Silao, que pertenecen a la Cuenca Lerma-Salamanca, como se observa en la Figura 1.

La información de 1970 se conformó con fotografías aéreas a color, tomadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), entre diciembre de 1970 y marzo de 1971 a escala 1:25 000. Estas fotografías se escanearon con una resolución de 1 200 puntos por pulgada y se geo-referenciaron tomando como base la información en fotografía ortorectificada, que generó INEGI en 1995 para conformar el mosaico de 1970.

Por otra parte, en abril de 2007, se realizó un cubrimiento con fotografía aérea en el área de estudio. Se utilizó una cámara para toma de imágenes con sensor multiespectral, con toma de imágenes con definición de pixel de 1*1 m. Posteriormente se generó un mosaico de imágenes correspondiente al área de estudio, para tener el insumo básico de la interpretación del estado de los recursos en el área de estudio para 2007.

El método utilizado para el análisis de cambio de la vegetación y el uso del suelo, fue a través del análisis espacial, el cual se basó en la identificación de los cambios en las componentes espacial y temático, y en la representación de los procesos espacio-temporales, llevados a cabo a partir de la elaboración de un producto cartográfico que expresará los cambios de la vegetación en el tiempo (1970-2007); es

with a total population of 1 134 842 inhabitants in the year 2000 (INEGI, 2004a), generating 30.61% of the state's gross domestic product (GDP) for that same year (INEGI, 2004b).

The aim of this paper is to determine changes in land use, in the region shared by the municipalities of León, Guanajuato and the Natural Protected Zone Sierra de Lobos in the period between 1970 and 2007, as well as to research the dynamics of these changes, i. e., which were the changes in land use and natural vegetation since 1970 which led to land uses in the year 2007.

MATERIALS AND METHODS

The region of the study is a shared surface between the natural protected zone “Sierra de Lobos” and the north of the municipality of León, Guanajuato, with a surface area of 22 710 hectares. It comprises the high region of the sub-basins La Patiña, El palote, Las Amapolas, and Penjamo-Irapuato-Silao, belonging to the Lerma-Salamanca Basin as can be observed in Figure 1.

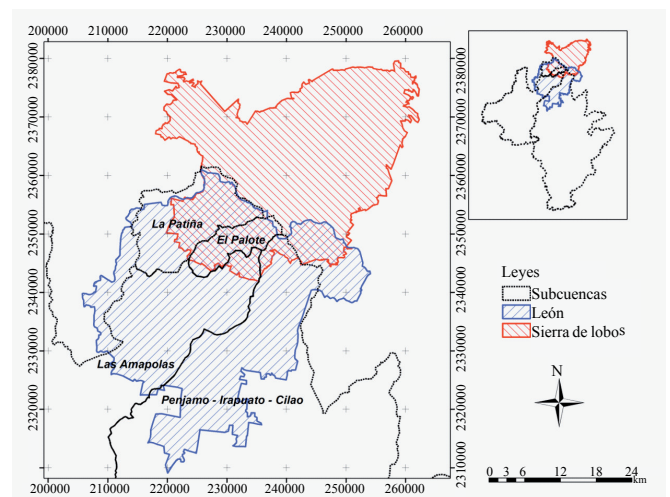


Figura 1. Ubicación del área de estudio enmarcada por la Sierra de Lobos, el Municipio de León, Guanajuato y las cuencas La Patiña, El Palote, Las Amapolas y Pénjamo-Irapuato-Silao.

Figure 1. Location of the studied area encompassed by the Sierra de Lobos, León, Guanajuato, and the basins La Patiña, El Palote, Las Amapolas, and Pénjamo-Irapuato-Silao.

The information from 1970 comprised of aerial photographs taken by the National Statistics and Geography Institute (INEGI) between December 1970 and March 1971 at a

decir, “se interpretaron las diferencias entre dos momentos temporales para las distintas unidades de observación” (Gutiérrez y Gould, 2000; Rosete *et al.*, 2008; Pineda *et al.*, 2009). La proyección utilizada para este estudio fue UTM, zona 14, datum WGS84 y elipsoide Clarke de 1866. El programa utilizado para el análisis descrito fue ArcGis versión 9.2.

Para obtener los cambios en función de presión por procesos de deforestación, se utilizó un modelo de cambio de uso en coberturas dominadas por formas de vida arbórea (bosques y selvas), hacia aquellas categorías con cubiertas antropogénicas. Este modelo fue generado en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y en la Figura 2, se observa un diagrama de flujo que representa el parámetro que se asigna a cada tipo de cambio de la cobertura vegetal (Velásquez *et al.*, 2002).

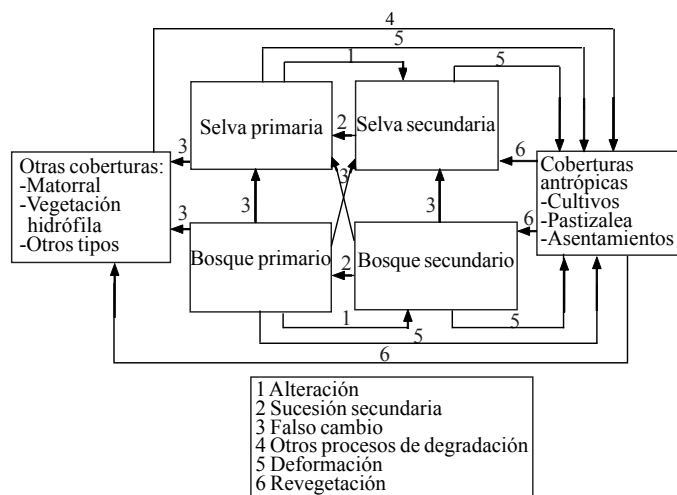


Figura 2. Modelo de procesos de deforestación.
Figure 2. Model of deforestation processes.

A este modelo para los fines de este estudio se agregaron dos categorías: 0, que representa aquellas superficies que no presentaron cambio y 7, representando otro tipo de alteración como cambio hacia abrevaderos (cuerpos de agua) o erosión.

Para el impacto pecuario se utilizó un modelo que cuantifica los cambios realizados por categorías, que utilizan total o parcialmente a la actividad pecuaria en combinación con otras actividades (colecta de leña, agricultura nómada, tala clandestina de menor escala). Al igual que el modelo anterior, este ha sido generado por el Instituto de Geografía de la UNAM y se representa por medio de la Figura 3.

scale 1:25 000. These photographs were scanned using a resolution of 1 200 dots per inch, and they were georeferenced taking as base the information of an orthorectified photograph generated by INEGI in 1995 in order to make the 1970 mosaic.

Also, in April 2007, the area under study was shot by aerial photography. A camera with a multispectral sensor and a pixel definition of 1*1 m was used. A mosaic of images of the area under study was subsequently generated in order to have the basic material with which to interpret the state of the resources in the area for the year 2007.

Spatial analysis was the method used for evaluating the changes in natural vegetation and land use, based on the identification of changes in thematic and spatial components, as well as in representation of spatial-temporal processes after elaborating a cartographic product expressing the changes in vegetation across time (1970-2007); that is to say, “differences in two temporal spaces were interpreted for the different observation units” (Gutiérrez and Gould, 2000; Rosete *et al.*, 2008; Pineda *et al.*, 2009). The projection used for this study was UTM zone 14, datum WGS84 and Clarke ellipsoid 1866. The program used for the analysis was ArcGis edition 9.2.

In order to evaluate the process of deforestation, in zones formerly dominated by tree life (forests and jungles) into categories with anthropogenic cover, a model for changes in land-use was employed. This model was generated in the Institute of Geography at the National Autonomous University of Mexico (UNAM); in Figure 2 it can be observed a flowchart, representing the parameter assigned to each type of change in vegetation cover (Velásquez *et al.*, 2002).

In order to be compatible with the aims of the present study, two additional categories were added to the original model: 0, representing unchanged surfaces, and 7, representing other types of changes such as transformation in water bodies (watering holes) or erosion.

For evaluating the impact of livestock, we used a model that quantifies changes by categories; these categories account for land used exclusively for livestock activities or partially in combination with other activities (firewood collection, nomadic pastoralism, minor scale felling). As in the previous model, this was also generated by the Institute of Geography at UNAM and is represented in Figure 3.

De igual manera que el modelo anterior, se adicionaron dos categorías para representar procesos no considerados en el modelo siendo los siguientes: 0, que representa aquellas superficies que no sufrieron alteración de uso de suelo y 9, que representa otro tipo de alteración como cambio hacia abrevaderos (cuerpos de agua), erosión e invasión de matorrales en áreas agrícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta al cambio de uso de suelo de 37 años para el área de estudio, como objetivo principal de este trabajo, se observa en el Cuadro 1. En este, se enlistan las categorías de uso de suelo, superficie y porcentaje que se presentó para 1970 y 2007, en cada una de las categorías de vegetación y uso de suelo asignados, en el campo de cambio de uso de suelo, se refiere al número de hectáreas que se incrementaron o disminuyeron en cada categoría y el campo de tasa de cambio es el incremento o disminución en ha año⁻¹.

Cuadro 1. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación 1970 y 2007.

Table 1. Surface distribution in land-use and vegetation in hectares (ha), 1970 and 2007.

Uso de suelo y vegetación	1970		2007		Cambio de uso de suelo 2007-1970 ha	Tasa de cambio ha año ⁻¹
	ha	(%)	ha	(%)		
Área agrícola	5 525	24.3	2 395	10.5	-3 130	-84.6
Bosque de encino	4 827	21.3	4 770	21	-56	-1.5
Cuerpo de agua	22	0.1	132	0.6	110	5
Erosión	234	1	149	0.7	-85	-2.3
Matorral	7 768	34.2	8 170	36	402	10.9
Pastizal inducido	3 660	16.1	6 189	27.3	2 530	68.4
Pastizal natural	575	3	824	3.6	149	4
Zona urbana			80	0.4	80	2.1
Total	22 710	100	22 710	100		

La disminución de bosque de encino (56 ha), presenta la misma tendencia en el estado, observada de 1980 a 2000 de acuerdo al plan estatal (PE) de ordenamiento territorial de Guanajuato (Gobierno del estado de Guanajuato, 2006); lo anterior, se documenta en el estudio realizado por Castro *et al.* (2008) en ejidos de la Sierra de Lobos y el municipio de León, Guanajuato; donde se destaca el consumo de encino

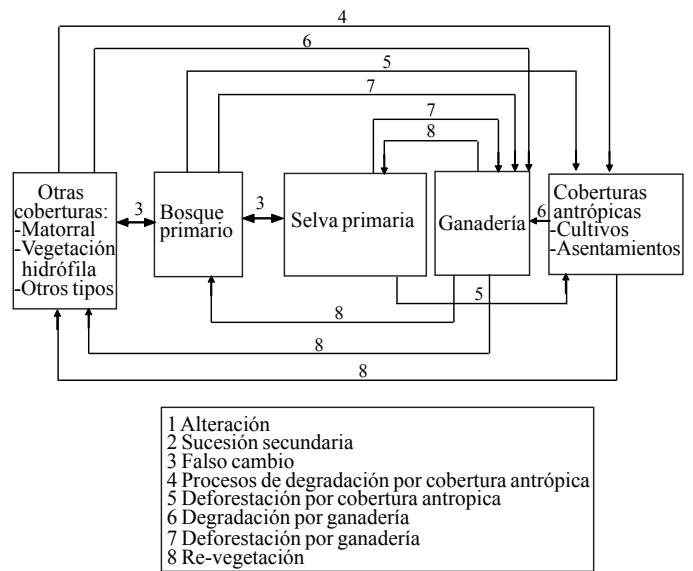


Figura 3. Principales procesos de degradación tanto para la actividad pecuaria (incluyendo las categorías de vegetación secundaria) y actividad agrícola.

Figure 3. Main degradation processes for livestock and agricultural activities (including secondary vegetation categories).

Just as in the case of the previous model, two extra categories were added to this model in order to represent the following processes: 0, representing surfaces that had no changes in land-use, and 9, representing other types of changes such as transformation in troughs (watering holes), erosion, and invasion of shrublands in agricultural areas.

por parte de la población de los ejidos dentro del área natural protegida, cerca de 40% de los productores utiliza el encino para leña en los hogares, y si consideramos la información sobre incremento de poblaciones en el municipio de León, la población en 1970 fue de 420 000 habitantes, y esta se incrementó en 2005 a 1 283 143 habitantes (INEGI, 2008), esto ha traído como consecuencia una mayor presión para el uso de recursos naturales.

Con respecto al matorral, se han incrementado en promedio 10.87 ha cada año de esta vegetación; a nivel nacional, en los diferentes tipos de matorrales del centro y norte de México (SEMARNAT, 2009) y estatal (Gobierno del estado de Guanajuato, 2006), se observa un efecto contrario; sin embargo, existe justificación para el incremento de especies arbustivas por efecto de invasión de áreas agrícolas abandonadas, lo cual es similar a lo presentado en la Comarca Lagunera con mezquite y huizache principalmente (Jasso *et al.*, 2002, citado por Villanueva *et al.*, 2004).

El pastizal natural, por su parte, ha incrementado su superficie debido a que 85% de los productores del área de estudio cuentan con ganado mayor, el cual manejan en pastoreo intensivo o semiestabulado (Castro *et al.*, 2008), ha ido en incremento el área de pastizales inducidos. De lo anterior se observa, una disminución de la superficie vegetada por bosques y matorrales representada por bosque de pino, oyamel, cedro y táscale; así como de todos los tipos de matorrales con excepción del sarcocrasicaule. Respecto a los pastizales, a nivel nacional se ha incrementado la superficie de pastizales naturales y halófitos (SEMARNAT, 2009).

La superficie agrícola disminuyó 3 130 ha; sin embargo, esta información no refleja la dinámica de cambio de superficie de vegetación, que ha existido en el área de estudio. Esto quiere decir, que existe desaparición de área de vocación agrícola y áreas nuevas para su uso en agricultura, principalmente aquellas que se encuentran cercanas a presas y pequeños presones o bordos de contención de agua, que se extienden a lo largo del área de estudio con una superficie de 132 ha en 2007, siendo que en 1970 eran solamente 22 ha (en 1970 existían 27 obras de este tipo, mientras que en 2007 fueron encontrados 506), lo cual ha beneficiado el desarrollo de pequeñas áreas de agricultura; sin embargo, ha modificado de cierta forma los escurrimientos superficiales aguas abajo de la Sierra de Lobos, situación que se relaciona a lo encontrado por Viramontes y Decroix (2001), para la Comarca Lagunera con respecto a la Cuenca Alta del Río Nazas.

RESULTS AND DISCUSSION

The response to the changing in the land-use over 37 years in the studied area is shown in Table 1 as the main objective of this paper. Here, we find the categories of land-use, surface area, and the percentage that each category had in terms of vegetation and assigned land used in 1970 and 2007. To the right, changes in number of hectares that each category increased or decreased as well as the annual rate of change per ha year⁻¹.

The decrease in oak forest areas (56 ha) is congruent with the same trend observed in the state from 1980 to the year 2000 according to the State Plan (PE) of territorial ordering of Guanajuato's State (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2006). This has been documented in a study undertaken by Castro *et al.* (2008) in ejido lands in the Sierra de Lobos region and the municipality of León, Guanajuato, where oak consumption by the population of the ejido within the natural protected area is high; nearly 40% of producers use oak as firewood. If we consider the demographic trend for the municipality of León according to the National Population Census (INEGI, 2008), with 420 000 inhabitants in 1970 and 1 283 143 inhabitants in 2005, this has led to an enormous pressure for consumption of natural resources.

Regarding shrublands, there has been an annual increase of 10.87 ha of this type of vegetation. At national level, in the different types of shrublands in the central and northern areas of Mexico (SEMARNAT, 2009), and in the State of Guanajuato itself (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2006), we observed the contrary trend. However, this can be explained as it is a common effect in abandoned agricultural areas, and it is similar to findings in the Comarca Lagunera region mainly with mesquite and acacia shrubs (Jasso *et al.*, 2002, quoted by Villanueva *et al.*, 2004).

The natural grazing lands have increased their surface areas, mainly as 85% of producers in the region have increased their livestock which is managed by intensive and rotational grazing (Castro *et al.*, 2008), leading to increasing artificial grazing lands. This can be observed together with a diminution in vegetation cover of forests and shrublands represented by pines, sacred fir, and juniper as well as all shrubs except for sarcocrasicaul. At national level, grazing lands have increased their surfaces, both with natural grazing vegetation and halophytes (SEMARNAT, 2009).

La aparición de zonas urbanas constituye un incremento en aprovechamiento de recursos y cambio de la vocación del suelo, hacia aquellos usos que tengan una mayor aprovechamiento de actividades antropogénicas (Meyer y Turner, 1992; Lambin *et al.*, 1999), lo cual se ha visto reflejado en la disminución de bosque y aumento de áreas para pastoreo de ganado, reportado por Castro *et al.* (2008) para el área de estudio.

Finalmente la disminución de áreas con algún grado de erosión, obedece al crecimiento de matorrales que al ser vegetación con menor exigencia en cuanto a calidad del sitio, contó con las características necesarias para su desarrollo en zonas de pérdida de vegetación principal; lo anterior, también fue documentado por el Instituto de Ecología de Guanajuato (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2009) a nivel Estatal y por Rosete *et al.* (2008), en un análisis de cambio de cobertura vegetal en la Península de Baja California, sobre la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación.

La dinámica de cambios, corresponde a las alteraciones a través del tiempo y representan a la superficie de vegetación o uso de suelo de 1970, que fue sustituida por el uso de suelo de 2007. El Cuadro 2 contiene en su margen izquierda el uso de suelo de 1970 y en la parte superior el uso de suelo o vegetación hacia el cual se efectuó la modificación de uso en 2007, expresado en hectáreas de superficie. De manera general, si sumamos la categorías de no cambio; es decir, 1 736 ha de área agrícola que continuó con esa función, se tiene una superficie de 15 416 ha que no tuvieron modificación de uso y 7 294 ha con cambios en el uso de suelo. Es decir, que 68% de la superficie estudiada no sufrió cambios lo cual es alto comparado a lo encontrado en estados del sur de México con 75% de cambio (Cortina *et al.*, 1998) o incluso el calculado a nivel nacional de 92-97% (Velázquez *et al.*, 2002b).

The agricultural surface areas decreased by 3 130 ha, although this data does not reflect the dynamics of change in vegetation covers in the region. This means that important areas with agricultural potential have disappeared, but also that new areas are apt for being used in agriculture, mainly those located near dams or water bodies extending along, a surface of 132 ha in 2007 compared to 1970 when there were only 22ha (in fact in 1970 there were 27 works for benefiting from this water bodies, whereas in 2007, 506 works were found). These changes have benefitted the development of small agricultural areas; however, modifying also the surface runoff in the Sierra de Lobos, situation linked to findings by Viramontes and Decroix (2001) for the Comarca Lagunera region in the upper basin of the Nazas River.

The emergence of urban zones constitutes a greater demand for natural resources and changes in land-use towards anthropogenic priorities (Meyer and Turner, 1992; Lambin *et al.*, 1999), reflecting in decreasing forest areas and increasing areas for livestock grazing as reported by Castro *et al.* (2008).

Finally, the decrease in the surface of eroded areas obeys the growth of shrublands, being a type of vegetation that has less quality of vegetation than its original cover. This finding was also documented at state level by the Institute of Ecology of the State of Guanajuato (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2009), and by Rosete *et al.* (2008) in a study analyzing changes in vegetable cover and land-use in the Baja California Peninsula.

The dynamics of change correspond to changes in vegetable cover and land-use comparing 1970 and 2007. The Table 2 represents a matrix for these changes. In the left margin we

Cuadro 2. Matriz de superficie de cambio de coberturas en el periodo de 1970 a 2007.

Table 2. Matrix of changes in land-use and vegetation cover for the period 1970-2007.

Vegetación	Área agrícola	Bosque de encino	Cuerpos de agua	Erosión	Matorral	Pastizal	Zona urbana
Área Agrícola	1 756	65	62	52	1 146	2 396	49
Bosque de encino	35	4 212	13	0	145	422	0
Cuerpos de agua	4	1	8	1	2	6	0
Erosión	23	1	2	79	129	1	0
Matorral	245	180	25	13	6 224	1 050	31
Pastizal	334	312	22	4	525	3 138	0
Total	2 395	4 770	132	149	8 170	7 013	80

Cambio de uso de suelo asociado a la deforestación

Una vez obtenidos los resultados sobre superficies de cambio de uso para cada categoría se asignaron los valores (Cuadro 3) de acuerdo al modelo de deforestación (Figura 2) propuesto por Velázquez *et al.* (2002a).

find the land in 1970, and in the upper part we find the land-use or vegetation towards which modifications were made in 2007, expressed as hectares (ha). Generally, if we sum the categories left unchanged; i. e., 1 737 ha of agricultural areas that keep this function we find a surface of 15 416 ha without changes and 7 294 ha with changes in

Cuadro 3. Sustitución de la matriz de cambios por valores establecidos en el modelo relacionado con deforestación de 1970-2007.

Table 3. Matrix substituting the values in the original model with those relating to deforestation of the 1970-2007.

Vegetación	Área agrícola	Bosque de encino	Cuerpos de agua	Erosión	Matorral	Pastizal	Zona urbana
Área agrícola	X	6	7	7	6	6	-
Bosque encino	5	X	7	-	3	5	-
Cuerpos agua	7	6	X	7	6	6	-
Erosión	7	6	7	X	6	6	-
Matorral	4	3	7	7	X	4	4
Pastizal	0	6	7	7	6	X	-

Este análisis está dirigido a diferenciar los cambios de vegetación atribuidos por actividades humanas hacia las coberturas vegetales existentes, se pueden considerar cambios favorables los correspondientes a la categoría 6 (revegetación) con 4 582 ha, lo cual representó 63% si tomamos en cuenta la superficie total de cambios (7 294 ha), y en menor medida cambios desfavorables con las categorías 1, 4 y 5 (alteración, degradación y deforestación, respectivamente). De igual forma, se obtuvieron 326 ha de superficie con falso cambio y 221 ha que representaron cambios hacia cuerpos de agua o presentaron fenómenos de erosión.

land-use. That is to say, 68% of the studied area suffered no changes in land-use or vegetation cover, which is high, compared to the findings of studies in States to the south of Mexico with 75% of change (Cortina *et al.*, 1998), or even with the overall national statistic at 92-97% (Velázquez *et al.*, 2002b).

Cambio de uso de suelo asociado a actividades pecuarias

Sustituyendo la información de superficie del cuadro 2 por los valores del modelo pecuario (Figura 3), se obtuvo el Cuadro 4, que representa la matriz de cambios de uso relacionados con actividades pecuarias.

Changes in land-use associated to deforestation processes

Once the results of changes in land-use in surfaces for each category were obtained (Figure 2), values according to the deforestation model proposed by Velázquez *et al.* (2002a) were assigned (Table 3).

This analysis is directed in order to differentiating the changes in the existing vegetation cover due to human activities. Changes falling under the category 6 can be considered (revegetation) to be favorable with 4 582 ha,

Cuadro 4. Sustitución de la matriz de cambios por parámetros, establecidos en el modelo de cambios de cobertura relacionados a actividades pecuarias de 1970-2007.

Table 4. Matrix substituting the values in the original model with those relating to livestock activities of the 1970-2007.

Vegetación	Área agrícola	Bosque de encino	Cuerpos de agua	Erosión	Matorral	Pastizal	Zona urbana
Área agrícola	X	8	9	9	9	6	-
Bosque de encino	5	X	9	-	3	7	-
Cuerpos agua	9	8	X	9	8	8	-
Erosión	9	8	9	X	8	8	-
Matorral	4	3	9	9	X	6	4
Pastizal	1	8	9	9	8	X	-

En este análisis se relacionó el efecto de la ganadería con los cambios de cobertura vegetal, al igual que en el análisis anterior se puede asignar una agrupación de valores para cambios favorables como revegetación (categoría 8), lo cual representó 1 041 ha, y cambios desfavorables relacionados a alteración, degradación y deforestación por cobertura antrópica, degradación y deforestación por ganadería (categorías 1, 4, 5, 6 y 7) con 4 561 ha. La superficie de errores de cambio es igual a la obtenida anteriormente (326 ha) y la categoría 0; es decir, sin cambio de categoría 9 verificó 1 367 ha respecto al modelo usado.

Lo anterior nos permite realizar una comparación entre los resultados de ambos modelos (deforestación e impacto pecuario), siendo mayor el cambio de cobertura vegetal generado por las actividades pecuarias, con 4 561 ha en comparación a los resultados generados por deforestación con 2 712 ha.

CONCLUSIONES

Las actividades que se realizan por parte de los habitantes del ANP Sierra de Lobos, se han manifestado en el uso de suelo que se está realizando en su área común con el norte del municipio de León, Guanajuato. En este uso, los pastizales, la agricultura, los cuerpos de agua y áreas urbanas que en conjunto reúnen la superficie de 9 620 ha, representan 42.4% del área de estudio. Destaca la disminución de superficie con vegetación de bosques de 4 870 a 4 770 ha, el incremento en 402 ha de matorrales y 540 ha de superficie con deterioro expresado en cárcavas, por la pérdida de vegetación y posteriormente de suelo.

Al eliminar las coberturas vegetales (bosque y matorral), se incrementa el riesgo de degradación de suelos por la acción de escurrimientos superficiales, que al pasar sobre suelos desnudos o con escasa vegetación, se provocará erosión y por ende la pérdida del mismo, lo cual repercutirá también en la calidad de los escurrimientos que llevarán consigo suelo, provocando así un azolve en presas y bordos (actualmente 506), restando la capacidad de producción de agua de la Sierra de Lobos para el municipio de León.

Por otra parte, se hace énfasis en el cambio de uso de áreas de cultivos de temporal, que han sido ocupadas por matorrales debido a la diseminación de estos por los animales en el pastoreo extensivo, que se reporta 85% de los habitantes

representing 63% of overall changes (7 294 ha), unlike the rest falling into the unfavorable changes under categories 1, 4 and 5 (land alteration, degradation and deforestation respectively). Also, 326 ha had false changes and 221 ha had changes to become water bodies or presented erosion.

Changes in land-use associated to livestock activities

By substituting the results of changes in land-use for each category in Table 2 for the values of the livestock model (Figure 3), we've got the following matrix representing changes in land-use associated to livestock activities (Table 4).

This analysis linked the effects of livestock with changes in vegetation cover. As with the case in the previous analysis, we can assign a group of values to favorable changes such as revegetation (category 8), representing 1 041 ha, and unfavorable human induced changes linked to land alteration, degradation, and deforestation due to livestock activities (categories 1, 4, 5, 6, and 7) with 4 561 ha. The surface for errors (false changes) is the same as in the previous case (326 ha), and category 0 "without changes" obtained 1 367 relative to this model.

These results make it possible to compare both models (deforestation and livestock impact); finding that there have been more changes due to livestock activities in 4 561 hectares, compared to changes due to deforestation in a total of 2 712 hectares.

CONCLUSIONS

Activities by the inhabitants of the National Protected Area "Sierra de Lobos" are manifested in the changes of land-use in the common area to the north of the municipality of León, Guanajuato. Amongst these uses agriculture, grazing lands, water bodies and urban zones, make up to 9 620 hectares, 42.2% of the studied area. The decrease in cover of forest vegetation from 4 870 to 4 770 ha; as well as the increase of shrublands by 402 ha and of damaged soils by vegetation loss and erosion in 540 ha are noteworthy.

Eliminating vegetation cover (forests and shrublands) increases the risk of land degradation by the action of surface runoff; when waters run through naked soils or lands with

del área de estudio y que puede ser una de las principales causas de la degradación de suelos y formación de cárcavas (Lambin, 1997).

Los cambios obtenidos en cobertura vegetal, indican una influencia de las actividades pecuarias en la presión de los recursos naturales, de acuerdo al modelo utilizado y reforzado por la presencia de un incremento en pequeñas obras de captación, que generalmente son usados como abrevaderos en la región. También se destaca la conversión de 7 013 ha de diferentes coberturas hacia áreas de pastizal.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto “Manejo Integral de los Recursos Naturales en el Ámbito de la Ciudad de León, Guanajuato”; CONACYT-CONAFOR 2006-01.

LITERATURA CITADA

- Bocco, G.; Mendoza, M. y Maserá, O. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica del estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* (México). Instituto de Geografía, UNAM. 44:18-38.
- Castro, J. N. V.; Orona, C. I.; Trucíos, C. R.; Estrada, A. J. y Fortis, H. M. 2008. Caracterización de los recursos naturales en la Sierra de Lobos, en León, Guanajuato. *In*: Martínez, R. J.; Vázquez, N. M.; Martínez, R. A.; Berúmen, P. S. y Santana, R. R. (eds.). *Memoria XX Semana Internacional de Agronomía*. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango. Gómez Palacio, Durango, México. 380-385 pp.
- Elvira, Q. J. R. 2006. El Cambio de uso de suelo y sus repercusiones en la atmósfera. *In*: Urbina, S. J. y Martínez, F. J. (comps.). *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Algunos peligros del cambio climático*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México (SEMARNAT-INE-UNAM). México. 191-194 pp.

scarce vegetation, erosion is quite likely. This will also have repercussions in the types and intensity of surface runoff, causing sediments in dams and shores (currently 506), negatively impacting on the water production activity of the Sierra de Lobos for the Municipality of León.

Also, it is worth emphasizing changes in land-use in areas of seasonal crops that have become shrublands due to intensive livestock activities and extensive land-grazing by 85% of inhabitants in the area; this may be one of the main causes of land degradation and gully formation (Lambin, 1997).

Changes in vegetation cover, evidence the influence of livestock activities and the pressure for natural resources according to the model used. This is reinforced by the presence of an increasing number of small watering hole projects in the region, used for feeding livestock. The conversion of 7 013 hectares of different types of lands into grazing-areas is also noteworthy.

End of the English version



- Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. *Situación de los bosques del mundo*. Primera edición. Subdivisión de políticas y apoyo en materia de publicación electrónica. División de Comunicación. Roma, Italia. 158 p.
- Geist, H. J. and Lambin, E. F. 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence. *LUCC Report Series*; 4. Belgium: Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) International Project Office. Louvain-la-Neuve. 116 p.
- Gobierno del estado de Guanajuato. 2006. *Plan estatal de ordenamiento territorial de Guanajuato*. Unidad de planeación e inversión estratégica. 248 p.
- Gobierno del estado de Guanajuato. 2009. *Sistema de monitoreo ambiental de los recursos naturales del estado de Guanajuato. Síntesis de resultados 1970-2004*. Instituto de Ecología. 21 p.
- Gutiérrez, P. J. y Gould, M. 2000. *Sistemas de Información Geográfica*. Primera edición. Editorial Síntesis. Madrid, España. 251 p.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004a. XII censo general de población y vivienda 2000; Principales resultados por localidad. Edición 2004. (versión disco compacto).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004b. Sistema para la consulta del cuaderno estadístico municipal. León, Guanajuato. Edición 2004. (versión disco compacto).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. II Censo de población y vivienda 2005. México y sus municipios. Edición 2008. (versión disco compacto).
- Lambin, E. F. 1997. Modelling deforestation processes: a review tropical ecosystem environment observation by satellites. European Commission Joint Research Centre-Institute for Remote Sensing Applications- European Space Agency, Luxembourg, TREE Series B., Research Report No. 1.
- Lambin, E. F.; Baulies, N.; Bockstael, G.; Fisher, T.; Krug, R.; Lemmans, E. F.; Moran, R. R.; Rindfuss, Y.; Sato, D.; Skole, B. L.; Turner, Ii. and Vogel, C. 1999. Land use and land cover change implementation strategy, IGBP report 48, IHDP Report 10, Estocolmo.
- Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SANPEG). 1997. Decreto gubernativo Núm. 77, capítulo único, artículo segundo. Conforme a lo establecido en el decreto número 68. Publicado en el Diario Oficial del Estado, septiembre de 1997. 9417-9437 pp.
- Meyer, W. B. and Turner, B. L. 1992. Human population growth and global land-use/cover change, Annual Review of Ecology and Systematics. Núm. 23. 39-61pp.
- Orozco, H. E.; Pena, V.; Franco, R. y Pineda, N. 2004. Atlas agrario ejidal del Estado de México, Cuadernos de Investigación. Núm. 34. UAEM, Toluca, México.
- Pineda, J. N. B.; Bosque, S. J.; Gómez, D. M. y Plata, R. W. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía. UNAM. 69:33-52.
- Rosete, V. F. A.; Pérea, D. J. L. y Bocco, G. 2008. Cambio de uso de suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía, UNAM. 67:39-58.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Edición 2008. 358 p.
- Velásquez, A.; Mas, J. F. y Palacio, J. L. 2002a. Análisis del cambio de uso de suelo. Informe técnico. Convenio INE- Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Velásquez, A.; Mas, J. F.; Díaz, J.; Mayorga, S. R.; Alcántara, P. C.; Castro, R.; Fernández, T.; Bocco, G.; Ezcurra, E. y Palacio, J. L. 2002b. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta Ecológica INE. 62:21-37.
- Villanueva, D. J.; Jasso, I. R.; González, C. G.; Sánchez, C. I. y Potisek, T. C. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera. Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. Folleto científico. Núm. 14. Gómez Palacio, Durango. 35 p.
- Viramontes, D. y Decroix, L. 2001. Consecuencias hidrológicas de la sobreutilización del medio en la Alta Cuenca del Río Nazas. In: XI Congreso Nacional de Irrigación Simposio 5. Manejo integral de cuencas. Septiembre 19-21 Guanajuato, Guanajuato, México. 23-29 pp.
- Walter, B. and Steffen, W. 1997. The terrestrial biosphere and global change: implications for natural and managed ecosystems. A synthesis of GCTE and related research, IGBP Science 1, Int. Geosph.-Biosph. Program Stockholm.