

Land-use change in the Sierra Madre del Sur between 2000 and 2017. The case of the community of Progreso Hidalgo, municipality of Villa Guerrero, Estado de México

José Isabel Juan Pérez*

Abstract

In Mexico, the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur has environmental, geographic and socio-cultural complexity and heterogeneity, particular qualities from the rest of the Mexican physiographic provinces, however, unsustainable human activities, such as traditional agriculture, are causing land-use changes. Processes and activities that cause land-use changes in the Community of Progreso Hidalgo, Villa Guerrero, Estado de México were identified and analyzed with satellite images from the years 2000 and 2007, application of tools of geographic information systems, remote sensing, supervised classification, direct observation, georeferencing and application of a questionnaire to 100% of the peasant families. The categories of analysis are: tropical deciduous forests, water storage, traditional agriculture, commercialized technified agriculture and human settlements. The results show that tropical deciduous forests and traditional agriculture has losses of 6,751 ha and 1,249 ha, respectively, while water storage and human settlements had increases (1,171 ha and 1,745 ha). From 2005, some areas used for traditional agriculture have been replaced by commercialized technified agriculture (5,084 ha). If this trend continues, in the next five years, the community's agricultural area will be occupied with greenhouse infrastructure.

Keywords: Categories of analysis, processes, change, land use, agriculture.

Cambios del uso del suelo en la Sierra Madre del Sur entre los años 2000 y 2017. El caso de la comunidad de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México

Resumen

En México, la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur presenta heterogeneidad y complejidad ambiental, geográfica y sociocultural, cualidades peculiares del resto de las provincias fisiográficas mexicanas, sin embargo, las actividades humanas no sustentables, como la agricultura convencional, están ocasionando cambios de uso del suelo. Con imágenes de satélite de los años 2000 y 2007, aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica, teledetección, clasificación supervisada, observación directa, georeferenciación y aplicación de un cuestionario al 100% de las familias campesinas fueron identificados y analizados los procesos y actividades que ocasionan cambios de uso del suelo en la Comunidad de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México. Las categorías de análisis son: selva baja caducifolia, cuerpos de agua, agricultura tradicional, agricultura comercial tecnificada y asentamientos humanos. Los resultados demuestran que la selva baja caducifolia y la agricultura tradicional registraron pérdidas de 6,751 y 1,249 ha, respectivamente, mientras los cuerpos de agua y asentamientos humanos registraron incrementos (1,171 y 1,745 ha). A partir del año 2005, algunas áreas utilizadas en agricultura tradicional han sido sustituidas por agricultura comercial tecnificada (5,084 ha). De continuar esta tendencia, en los próximos cinco años el espacio agrícola de la comunidad estará ocupado con infraestructura de invernaderos.

Palabras clave: Categorías de análisis, procesos, cambios, uso del suelo, agricultura.

Introduction

In Mexico, the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur (PFSMS in Spanish) is considered the most complex and least known (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981). The geological background of this province grants it wide heterogeneity, complexity and diversity of geomorphological, edaphological, hydrological, climatic, landscape, floristic, faunistic and sociocultural components (Juan, 2014). In this province, an important natural element linked to its physiographic conditions is the river system formed by the basin of the river Balsas and important tributaries such as the river Tepalcatepec, the river Amacuzac and the river Cutzamala.

From the biogeographic point of view, there is a wide diversity of plant communities and, consequently, diverse groups of wild animals, in different geofoms of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur (hills, valleys, plateaus, plains, ravines) so this region has been recognized as one of the most important and vulnerable floristic regions of Mexico.

The environments that make up the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur are characterized by the wide biological diversity, since according to the geographic and environmental conditions it has characteristics that explain and favor the socio-cultural diversity of the human settlements of the region, agrodiversity and application of strategies for the management of natural resources, as in the case of Progreso Hidalgo, Villa Guerrero, Estado de México, community located in the northern part of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur and very close to the Physiographic Province of the Eje Neovolcánico.

The geographical situation of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur in the context of the Mexican territory, its economic, demographic and socio-cultural relations influence the generation of environmental problems that in the medium term can affect the social well-being of human settlements. In the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur, the most particular problems are: clogging water storage, inadequate disposal of liquid and solid waste, erosive processes, forest cover reduction by slash-and-burn agriculture, clandestine forest

Introducción

En México, la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur (PFSMS) es considerada como la más compleja y la menos conocida (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981). El origen geológico de esta provincia le confiere amplia heterogeneidad, complejidad y diversidad de componentes geomorfológicos, edafológicos, hidrológicos, climáticos, paisajísticos, florísticos, faunísticos y socioculturales (Juan, 2014). En esta provincia un elemento natural importante y muy vinculado con sus condiciones fisiográficas es el sistema fluvial conformado por la cuenca del río Balsas e importantes afluentes como el río Tepalcatepec, el río Amacuzac y el río Cutzamala.

Desde el punto de vista biogeográfico, en distintas geoformas de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur (lomeríos, valles, mesetas, planicies, barrancos), existe amplia diversidad de comunidades vegetales, y por consiguiente, diversos grupos de animales silvestres, por lo que, ha sido reconocida como una de las regiones florísticas más importantes y vulnerables de México.

Los ambientes que conforman la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur se caracterizan por la amplia diversidad biológica, ya que de acuerdo con las condiciones geográficas y ambientales presenta características que explican y favorecen la diversidad sociocultural de los asentamientos humanos de la región, la agrodiversidad y la aplicación de estrategias para el manejo de los recursos naturales, como es el caso de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México, comunidad ubicada en la porción norte de la PFSMS y muy cerca de la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico.

La situación geográfica de la PFSMS en el contexto del territorio mexicano, sus relaciones económicas, demográficas y socioculturales influyen en la generación de problemas ambientales que a mediano plazo pueden incidir en el bienestar social de los asentamientos humanos. En la PFSMS los problemas más peculiares son: azolvamiento de cuerpos de agua, disposición inadecuada de residuos líquidos y sólidos, procesos erosivos, disminución de la cubierta forestal por roza-tumba-quema, tala clandestina de especies forestales, quemadas no controladas, disminución de la biodiversidad, incendios forestales, extracción clandestina de recursos naturales, plagas y

felling, uncontrolled forest fires, decrease in biodiversity, forest fires, clandestine extraction of natural resources, forest pests and diseases, land-use change and environmental impacts (Juan, 2014).

Taking into account that most of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur has land-use change processes, mainly in environments of tropical deciduous forest to establish agricultural crops (slash-and-burn agriculture, traditional agriculture, rainfed and irrigated agriculture), it was determined to analyze the land-use change processes at local level, choosing for this study the community of Progreso Hidalgo, because since 1952 in that agricultural area, different crops have been grown, both for family use and to supply local and regional markets.

The current environmental conditions of the regions of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur are the result of geographical, economic and socio-cultural interactions that directly and indirectly influence the quality of the environment. Given this situation, it is important to analyze locally the land-use change processes in Progreso Hidalgo, Villa Guerrero, Estado de México. This study has three research questions: which factors determine the land-use change in the community? How is the spatial behavior of land-use change in the years 2000 and 2017? And which is the triggering factor for land-use change processes?

The choice of the community of Progreso Hidalgo is based on the fact that peasant families establish in their plots a wide diversity of crops in the modalities of irrigated agriculture, traditional agriculture, rainfed, micro tunnel crops, mulching system crops, intercropping, combined crops and, recently (2005), crops grown under greenhouse conditions (commercialized technified agriculture).

The information contained in this article is the result of a multidisciplinary research project that began in 2000 in the geographic space that includes the ecological transition zone of the south of Estado de México. The general objective was to know and analyze the factors and processes that have influenced and currently influence land-use change, and the particular objective was to compare those processes of change that occurred between 2000 and 2017 with the purpose of representing by means of

enfermedades forestales, cambio de uso del suelo e impactos ambientales (Juan, 2014).

Considerando que en la mayor parte de la PFSMS están ocurriendo procesos de cambio de ocupación de uso del suelo, principalmente de ambientes de selva baja caducifolia para establecimiento de cultivos agrícolas (agricultura de roza-tumba-quema, agricultura tradicional, agricultura de temporal y agricultura de riego), se determinó analizar los procesos de cambio de uso del suelo a escala local, eligiendo para esto a la comunidad de Progreso Hidalgo, ya que desde 1952 en su espacio agrícola se han establecido diversos cultivos, tanto para la subsistencia familiar como para el abastecimiento de los mercados regionales y nacionales.

Las condiciones ambientales actuales de las regiones de la PFSMS son resultado de interacciones geográficas, económicas y socioculturales que influyen de manera directa e indirecta en la calidad del ambiente. Ante tal situación, es importante analizar a escala local los procesos de cambio de uso del suelo en Progreso Hidalgo, municipio del Villa Guerrero, Estado de México. En este artículo se formularon tres preguntas de investigación: ¿qué factores determinan el cambio de uso del suelo en la comunidad?, ¿cómo es el comportamiento espacial de cambio de uso del suelo en los años 2000 y 2017? y ¿cuál es el factor desencadenante de los procesos de cambio de uso del suelo?

La elección de la comunidad de Progreso Hidalgo se sustenta en que las familias campesinas establecen en sus parcelas una amplia diversidad de cultivos en las modalidades de agricultura de riego, agricultura tradicional, agricultura de temporal, cultivos en microtúneles, cultivos en sistema de acolchado, cultivos intercalados, cultivos combinados y, recientemente (2005), cultivos en sistemas de invernadero (agricultura comercial tecnificada).

La información contenida en este artículo es resultado de un proyecto de investigación multidisciplinario que inició en el año 2000 en el espacio geográfico que comprende la zona de transición ecológica del sur del Estado de México. El objetivo general fue conocer y analizar los factores y procesos que han influido y que influyen actualmente en el cambio de uso del suelo, asimismo

mapping the behavior of change that has occurred in the agricultural space of Progreso Hidalgo, regarding two moments, which allowed to determine the triggering factor of change and the consequences for the environment.

The use of Differential Global Positioning System (DGPS), tools of geographic information systems and remote sensing were important to represent by mapping the land-use changes that occurred in five categories of analysis: tropical deciduous forest, traditional agriculture, commercialized technified agriculture, water storage and human settlements.

The theoretical and methodological basis is based on the identification, quantification and analysis of the processes that cause land-use change Braimoh, 2006)(Pineda, Bosque, Gómez, & Plata, 2009) (Flores, Monterroso, & Ibrahim, 2003) (García, Schmook, & Espejel, 2005) (Ramírez & Zubieta, 2005) (Franco, Regil, González, & Nava, 2006), complemented with fundamentals of environmental geography (Bocco, Urquijo, & Vieyra, 2011; Bocco & Urquijo, 2013), rural geography (Clout, 1976; George, 1974) and cultural ecology (Steward, 1972).

The results of the research and contents in this article reflect the spatial analysis and land-use change behavior at local level (years 2000 and 2017) in the geographic space of the community of Progreso Hidalgo. Mapping is also represented (three maps) with the geographical location of the community in the context of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur and areas with significant changes with their spatial distribution, and also includes a table with the quantification of losses and gains.

Materials and methods

The community of Progreso Hidalgo, located in the south of Villa Guerrero, Estado de México, is located geographically at the coordinates 18° 51' 00.1" N and 99° 37' 10.1" W, with an altitude average of 1,717 meters above sea level (Map 1). From the biogeographic point of view, this community is in an ecological transition zone or ecotone, where the ecosystems of warm and temperate climates converge. The ecological transition zone is located in the Subprovince of mountain ranges and valleys of Guerrero, belonging to the Physiographic

el objetivo particular fue comparar estos procesos de cambio que ocurrieron entre los años 2000 y 2017 con el propósito de representar de manera cartográfica el comportamiento de cambio que ha ocurrido en el espacio agrícola de Progreso Hidalgo, considerando dos momentos, lo cual permitió determinar el factor desencadenante de cambio y las consecuencias que ocasiona al ambiente.

El uso de equipo de medición de precisión *Differential Global Positioning System (DGPS)*, herramientas de sistemas de información geográfica y teledetección, fueron fundamentales para representar de manera cartográfica los cambios de uso del suelo que ocurrieron en cinco categorías de análisis: selva baja caducifolia, agricultura tradicional, agricultura comercial tecnificada, cuerpos de agua y asentamientos humanos.

La fundamentación teórica y metodológica se sustenta en la identificación, cuantificación y análisis de los procesos que ocasionan el cambio de uso del suelo (Braimoh, 2006) (Pineda, Bosque, Gómez, & Plata, 2009) (Flores, Monterroso, & Ibrahim, 2003) (García, Schmook, & Espejel, 2005) (Ramírez & Zubieta, 2005) (Franco, Regil, González, & Nava, 2006), complementándose con fundamentos de geografía ambiental (Bocco, Urquijo, & Vieyra, 2011; Bocco & Urquijo, 2013), geografía rural (Clout, 1976; George, 1974) y ecología cultural (Steward, 1972).

Los resultados de la investigación y contenidos en este artículo reflejan el análisis espacial y comportamiento de cambio de uso del suelo a escala local (años 2000 y 2017) en el espacio geográfico de la comunidad de Progreso Hidalgo. También se representa la cartografía (tres mapas) con la ubicación geográfica de la comunidad en el contexto de la PFSMS y áreas de cambios significativos con su distribución espacial, asimismo está incluida una tabla con la cuantificación de pérdidas y ganancias.

Materiales y métodos

La comunidad de Progreso Hidalgo, localizada en la porción sur del municipio de Villa Guerrero, Estado de México, está ubicada geográficamente en las coordenadas 18° 51' 00.1" latitud norte y 99° 37' 10.1" longitud oeste, tiene una altitud promedio de 1,717 metros sobre el nivel del mar (Mapa 1). Desde el punto de vista

Province of the Sierra Madre del Sur. According to the classification system developed by Köppen and modified by Enriqueta García (2004), the climate in the community is tropical, rainy and semi-warm, a quality associated with its physiographic location.

The development of the research comprised three stages: First research, secondary research and application of Geographic Information Systems (GIS) tools and remote sensing. At each stage, complementary methods, techniques and tools were applied, with the use of precision measuring equipment, mapping materials, satellite images and the capture of photographic images.

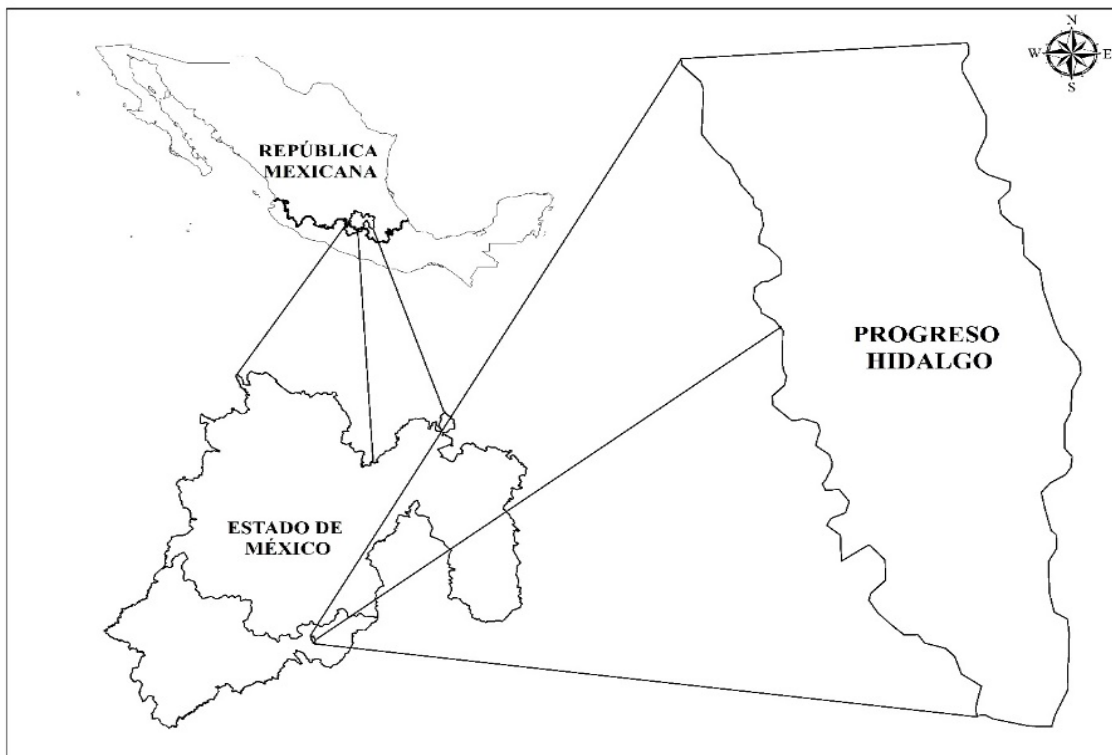
The geographical method was used to characterize the geographic, environmental, ecological, socio-cultural and economic conditions of the community of Progreso Hidalgo, from an integral perspective and in the context of the ecological

biogeográfico esta comunidad se encuentra en una zona de transición ecológica o ecotono, donde convergen los ecosistemas de climas cálidos y templados. La zona de transición ecológica está ubicada en la Subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses, perteneciente a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. De acuerdo al sistema de clasificación elaborado por Köppen y modificado por Enriqueta García (2004), el clima en la comunidad es tropical, lluvioso y semicálido, cualidad asociada con su ubicación fisiográfica.

El desarrollo de la investigación comprendió tres fases: trabajo de gabinete, trabajo de campo y aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección. En cada una de estas fases fueron aplicados métodos, técnicas y herramientas complementarias entre sí, siendo importante el uso de equipo de medición

Map 1. Geographic location of Progreso Hidalgo, Estado de México, within the context of the Sierra Madre del Sur.

Mapa 1. Ubicación geográfica de Progreso Hidalgo, Estado de México, en el contexto de la Sierra Madre del sur.



Source: Compiled by author based on mapping data from INEGI, 2015.
Fuente: Elaboración propia con base en datos cartográficos de INEGI, 2015.

transition zone of the South of Estado de México and the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur.

The implementation of the method of cultural ecology allowed the analysis of Progreso Hidalgo as an interrelated system, where the interaction of geographic, environmental and socio-cultural components favors agrobiodiversity and fosters relationships among environment, society and culture.

The geographic space of Progreso Hidalgo was delimited and located with mapping, remote sensing and the application of geographic information system tools. The Spot 4 satellite image (year 2000) and Spot 5 (year 2017), with a resolution of five and 10 meters, respectively, were useful to identify, determine and quantify land-use changes in the five study categories, as well as to analyze the transformation of the landscape, agricultural space and behavior of land-use change of the community.

A questionnaire and interviews were applied to 100% of the peasant families owning agricultural spaces in order to know the perception of the peasant families on factors and processes that provoke land-use change in the environments of their community.

Mapping land use was done using two satellite images, Spot 4 of year 2000 (spatial resolution of 10 meters) and Spot 5 of 2017 (spatial resolution of five meters). With the application of the Supervised Classification method and the use of the Differential Global Positioning System (DGPS), training camps were recorded directly in the geographic space of the community, being processed in the ERDAS Imagine 2015 platform. This process allowed to establish the statistical parameters of the five land use covers (Table 1). Thematic classification of satellite images was performed using the Nearest Neighbor algorithm. The information contained in the maps was verified and proven directly in the field.

General characterization of Progreso Hidalgo within the context of the Sierra Madre del Sur

The natural vegetation in the community ecosystems and, of course, their ecological and environmental diversity, correspond to the tropical deciduous forest characterized by plant species that

de precisión, materiales cartográficos, imágenes de satélite y captura de tomas fotográficas.

El método geográfico fue utilizado para hacer la caracterización de las condiciones geográficas, ambientales, ecológicas, socioculturales y económicas de la Comunidad de Progreso Hidalgo, esto desde una perspectiva integral y en el contexto de la zona de transición ecológica del Sur del Estado de México y la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur.

La aplicación del método de la ecología cultural permitió realizar el análisis de la comunidad de Progreso Hidalgo como un sistema interrelacionado, donde la interacción de los componentes geográficos, ambientales y socioculturales favorece la agrobiodiversidad y fomenta las relaciones entre el ambiente, la sociedad y la cultura.

Con el método cartográfico, teledetección y la aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica, fue delimitado y ubicado el espacio geográfico de Progreso Hidalgo. Las imágenes de satélite Spot 4 (año 2000) y Spot 5 (año 2017), con una resolución de cinco y 10 metros, respectivamente, fueron útiles para identificar, determinar y cuantificar los cambios de uso del suelo ocurridos en las cinco categorías de estudio, asimismo, para analizar la transformación del paisaje, el espacio agrícola y el comportamiento de cambio de uso del suelo de la comunidad.

Para conocer la percepción de las familias campesinas acerca de los factores y procesos que ocasionan el cambio de uso del suelo en los ambientes de su comunidad, fue aplicado un cuestionario y entrevistas al 100% de las familias campesinas propietarias de espacios agrícolas.

La obtención de mapas de uso del suelo se realizó mediante dos imágenes de satélite, Spot 4 del año 2000 (resolución espacial de 10 metros) y Spot 5 de 2017 (resolución espacial de cinco metros). Con la aplicación del método de Clasificación Supervisada y la utilización del equipo *Differential Global Positioning System* (DGPS) fueron registrados directamente en el espacio geográfico de la comunidad, campos de entrenamiento, siendo éstos procesados en la plataforma *ERDAS Imagine* 2015. Este procedimiento permitió establecer los parámetros

peasant families use for different purposes. There are various forms of relief, variation of altitudes, geological structures, soil types, hydrological basin and climatic variations that interacting with other factors favor a wide biological, agroecological and socio-cultural diversity.

The geographic space of the community of Progreso Hidalgo is located on hills and plateaus. It has an area of approximately 571,016 hectares. Its territorial boundaries are determined by hydrological, geographic, ecological and agricultural elements. Hydrographically, the community is part of the basin of the river Grande de Amacuzac, which is born on the slopes of the volcano Xinantécatl and corresponds to the hydrological region of the river Balsas. In the community there are no natural sources of water, water is available in water storage, natural depressions and wetland areas.

estadísticos de las cinco coberturas de uso del suelo (Cuadro 1). La clasificación temática de las imágenes de satélite se realizó con el algoritmo *Nearest Neighbor*. La información contenida en los mapas fue verificada y comprobada directamente en campo.

Caracterización general de Progreso Hidalgo en el contexto de la Sierra Madre del Sur

La vegetación natural existente en los ecosistemas de la comunidad y, por supuesto, su diversidad ecológica y ambiental, corresponden a la selva baja caducifolia caracterizada por especies vegetales que las familias campesinas utilizan para varios fines. Hay diversas formas de relieve, variación de altitudes, estructuras geológicas, tipos de suelos, cuencas hidrográficas y variaciones climáticas que en interacción con otros factores favorecen una amplia diversidad biológica, agroecológica y sociocultural.

Table 1. Land use covers (categories) used in mapping representation and analysis of change processes.
Cuadro 1. Coberturas (categorías) de uso del suelo utilizado en la representación cartográfica y análisis de los procesos de cambio.

Category/Categoría	Description/Descripción
Tropical deciduous forests/ Selva baja caducifolia	Spaces with arboreal vegetation located in environments adjacent to agricultural areas, river banks, ravines and hills. It includes gallery forests / Espacios con vegetación arbórea ubicados en ambientes adyacentes a las zonas agrícolas, márgenes de los ríos, barrancos y lomeríos. Incluye vegetación de bosque de galería
Traditional agriculture/ Agricultura tradicional	Areas with subsistence agricultural crops (maize, beans, zucchini) and conventional crops of strawberries, tomatoes, onions and flowers. It includes irrigation crops and rainfed crops / Áreas con cultivos agrícolas de subsistencia (maíz, frijol, calabaza) y cultivos convencionales de fresa, tomate, cebolla y flores. Incluye cultivos de riego y cultivos de temporal
Commercialized technified agriculture/ Agricultura comercial tecnificada	Areas destined to the production of strawberries, tomatoes and flowers under greenhouse conditions / Áreas destinadas a la producción de fresa, tomate y flores en sistema de invernadero.
Water storage/ Cuerpos de agua	Geographic spaces occupied with reservoirs or storage of water for irrigation / Espacios geográficos ocupados con depósitos o almacenamientos de agua para riego
Human settlements/ Asentamientos humanos	Areas with peasant-families' houses, it includes streets and roads / Áreas con viviendas de las familias campesinas, incluye vías de comunicación, calles y caminos

Source: Compiled by author. /Fuente: Elaboración propia.

The predominant soil is the vertisol pelic, characterized by being clayish with black and grayish coloration. It is fertile and has agronomic capacity to be used in the management of high diversity of crops, as is the case of the strawberry, crop introduced in agricultural fields of the community since 1972.

Until 2017, the most important economic activity in Progreso Hidalgo was agriculture (rainfed, irrigated and technified), 57.0% of the total area is used for cultivating, the main crops are: strawberry (*Fragaria* sp.), Gladiolus (*Gladiolus* sp.), husk tomato (*Physalis ixocarpa*), tomato (*Solanum lycopersicum*), onion (*Allium cepa*), zucchini (*Cucurbita pepo*), cucumber (*Cucumis sativus*), chili (*Capsicum annum*), sweet potato (*Ipomoea batatas*), guava (*Psidium guajava*), roses (*Rosa* sp.), marigolds (*Tagetes erecta*) and cockscomb flower (*Celosia cristata*). Rainfed is practiced by 100% of the families and is intended to provide them with food. The most important rainfed crops are maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*).

Results

Information reported in this study is supported by direct observation, participant observation, field (geo-referenced) records, and photographic shots. It is complemented by land-use change mapping in the years 2000 and 2007 and a table containing the increments and decreases of the five categories of analysis.

Changes from tropical deciduous forest to traditional agriculture

The areas of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur are subject to demographic, environmental, political, economic and socio-cultural pressures that directly influence land-use change processes. In the years 2000 and 2017, land-use changes in the community of Progreso Hidalgo were notorious as some areas occupied with tropical deciduous forest vegetation (includes gallery forest in ravine environments) recorded decrease in their cover. One of the factors that has affected this process is clandestine logging and slash-and-burn activity, to open and increase new agricultural areas and grazing areas.

El espacio geográfico de la comunidad de Progreso Hidalgo está ubicado en lomeríos y mesetas. Tiene una superficie aproximada de 571,016 hectáreas. Sus límites territoriales están determinados por elementos hidrológicos, geográficos, ecológicos y agrícolas. Hidrográficamente, la comunidad forma parte de la cuenca del río Grande de Amacuzac, que nace en las pendientes del Volcán Xinantécatl y que corresponde a la región hidrológica del río Balsas. En la comunidad no existen fuentes naturales de agua, ésta se encuentra disponible en almacenamientos, depresiones naturales y zonas de humedales.

El suelo predominante es el vertisol pélico, caracterizado por ser arcilloso de coloración negra y grisácea. Es fértil y tiene capacidad agrológica para usarse en el manejo de una alta diversidad de cultivos, como es el caso de la fresa, cultivo introducido en los terrenos agrícolas de la comunidad desde 1972.

Hasta 2017, la actividad económica más importante en Progreso Hidalgo es la agricultura (de temporal, de riego y comercial tecnificada), se cultiva 57.0% de la superficie total, los cultivos principales son: fresa (*Fragaria* sp.), gladiolo (*Gladiolus* sp.), tomate (*Physalis ixocarpa*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), cebolla (*Allium cepa*), calabaza (*Cucurbita pepo*), pepino (*Cucumis sativus*), chile (*Capsicum annum*), camote (*Ipomoea batatas*), guayaba (*Psidium guajava*), rosa (*Rosa* sp.), cempasúchil (*Tagetes erecta*) y flor de terciopelo (*Celosia cristata*). La agricultura de temporal la practica 100% de las familias y tiene como finalidad proporcionarles alimento. Los cultivos de temporal más importantes son maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Resultados

La información reportada en este artículo tiene sustento en observación directa, observación participante, registros (georreferenciación) en campo, y tomas fotográficas, se complementa con la representación cartográfica de los cambios de uso del suelo en los años 2000 y 2007 y una tabla que contiene los incrementos y decrementos de las cinco categorías de análisis.

Of the five categories of analysis, tropical deciduous forest recorded a decrease of 6,751 ha, the same happened with traditional agriculture, in which its area decreased 1,249 ha. From these two changes, the most notorious is associated with the decrease of areas that in 2000 were occupied by tropical deciduous forest vegetation and currently (in 2017) are being used for the establishment of agricultural crops, mainly rainfed, intended for family subsistence. This change (decrease) was verified directly in the field and is visible in steep slope environments greater than 25° (Maps 2 and 3).

Map 2 (land use, year 2000) shows that in the community of Progreso Hidalgo there were areas occupied by tropical deciduous forest vegetation, however, Map 3 (land use, year 2017) shows that these spaces have diminished their area and are used for agricultural activities (rainfed agriculture).

Between 2000 and 2017, traditional agriculture gradually expanded into areas that were previously occupied by tropical deciduous forest vegetation, gradually decreasing the forest cover adjacent to agricultural areas. Only in the environments of ravines and steep slopes greater than 25% there are areas occupied by tropical deciduous forest, because in these places relief is a factor that limits and makes difficult the access and introduction of crops (Map 3). This process of change also has significant association with the opening of spaces for grazing, conditioning of areas to drive freight vehicles and handle agricultural products.

The change from tropical deciduous forest to traditional agriculture is observed in the decrease of areas with own ecosystem vegetation, which are replaced by rainfed crops, a process that reflects significant changes (decrease of tropical deciduous forest and increase of area with traditional agriculture). The change has occurred in parts of the community classified as "lands of common use" (slopes and environments adjacent to ravines), since these have no specific owners, are occupied by native vegetation, located on slopes greater than 25° and adjacent to agricultural plots.

When decreasing the forest cover of areas adjacent to agricultural plots increases the agricultural area. This activity causes negative and positive impacts, in the case of the former, there is a decrease in the forest area and deterioration

Cambios de selva baja caducifolia por agricultura tradicional

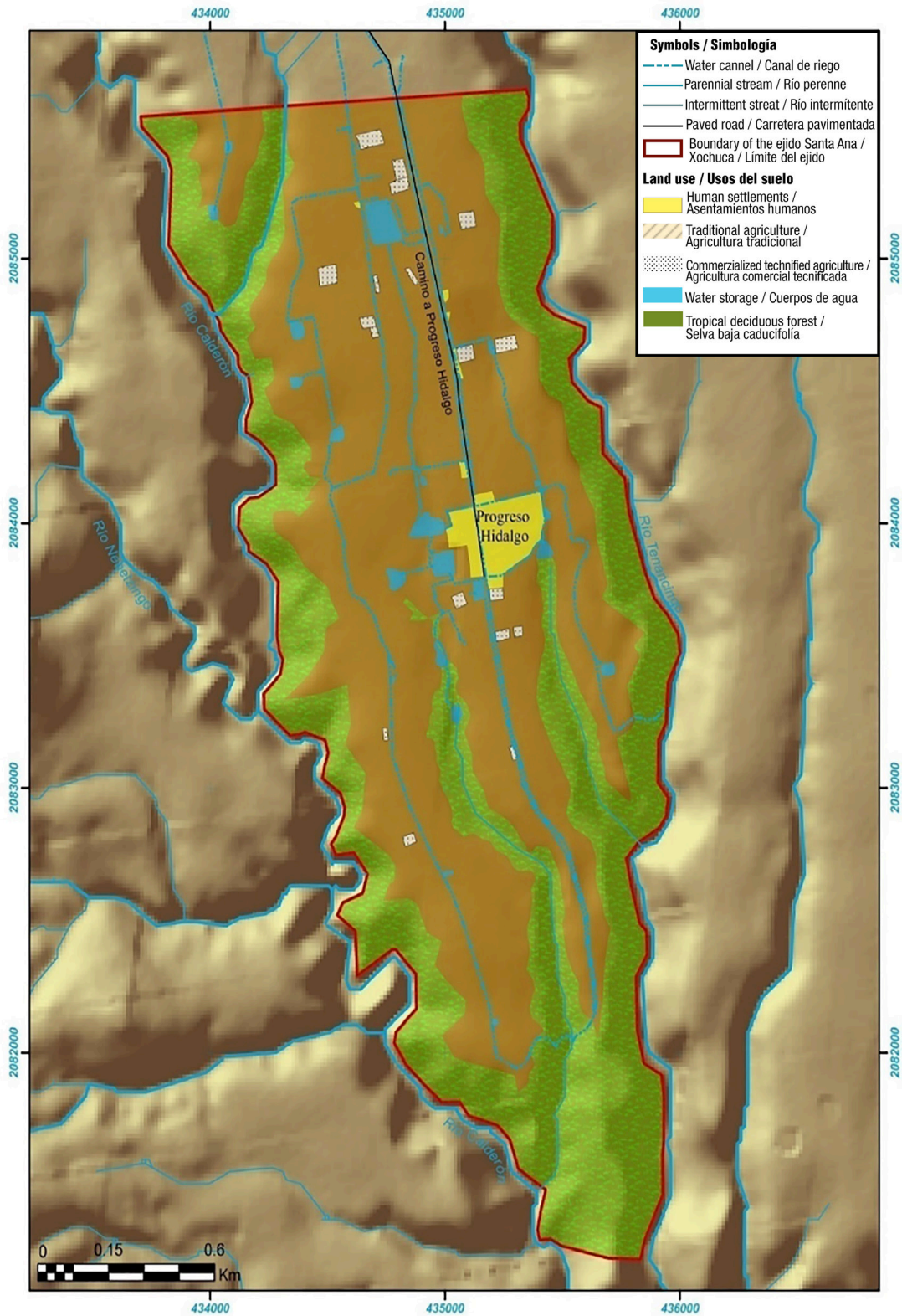
Las regiones de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur están sujetas a presiones demográficas, ambientales, políticas, económicas y socioculturales que influyen directamente en los procesos de cambio de uso del suelo. En los años 2000 y 2017, en la comunidad de Progreso Hidalgo, los cambios de uso del suelo fueron notorios ya que algunas áreas ocupadas con vegetación propia del ecosistema de selva baja caducifolia (incluye bosque de galería existente en los ambientes de barrancos) registró disminución en su cobertura. Uno de los factores que ha incidido en este proceso, es la tala clandestina y la actividad de roza-tumba-quema, para apertura e incremento de nuevas zonas agrícolas y pastoreo de animales domésticos.

De las cinco categorías de análisis, la selva baja caducifolia registró un decremento de (6,751 ha), lo mismo ocurrió con la categoría agricultura tradicional, en la que su superficie disminuyó 1,249 ha. De estos dos cambios, el más notorio está asociado con la disminución de áreas que en el año 2000 estaban ocupadas con vegetación propia de selva baja caducifolia y que actualmente (año 2017) están siendo utilizadas para el establecimiento de cultivos agrícolas, principalmente de temporal, destinados a la subsistencia familiar. Este cambio (decremento) fue comprobado directamente en campo y es observable en ambientes de laderas con pendientes mayores a 25° (Mapas 2 y 3).

En el Mapa 2 (uso del suelo, año 2000) se muestra que en la comunidad de Progreso Hidalgo existían espacios ocupados con vegetación propia de la selva baja caducifolia, sin embargo, en el Mapa 3 (uso del suelo, año 2017) se observa que estos espacios han disminuido su superficie y están siendo utilizados en actividades agrícolas (agricultura de temporal).

Entre los años 2000 y 2017 la agricultura tradicional se expandió progresivamente hacia espacios que anteriormente estaban ocupados con vegetación de selva baja caducifolia, disminuyendo paulatinamente la cubierta forestal adyacente a las zonas agrícolas. Solamente en los ambientes de barrancos y laderas con pendientes mayores a 25% hay áreas ocupadas con selva baja caducifolia, ya que en estos lugares el relieve es un factor que

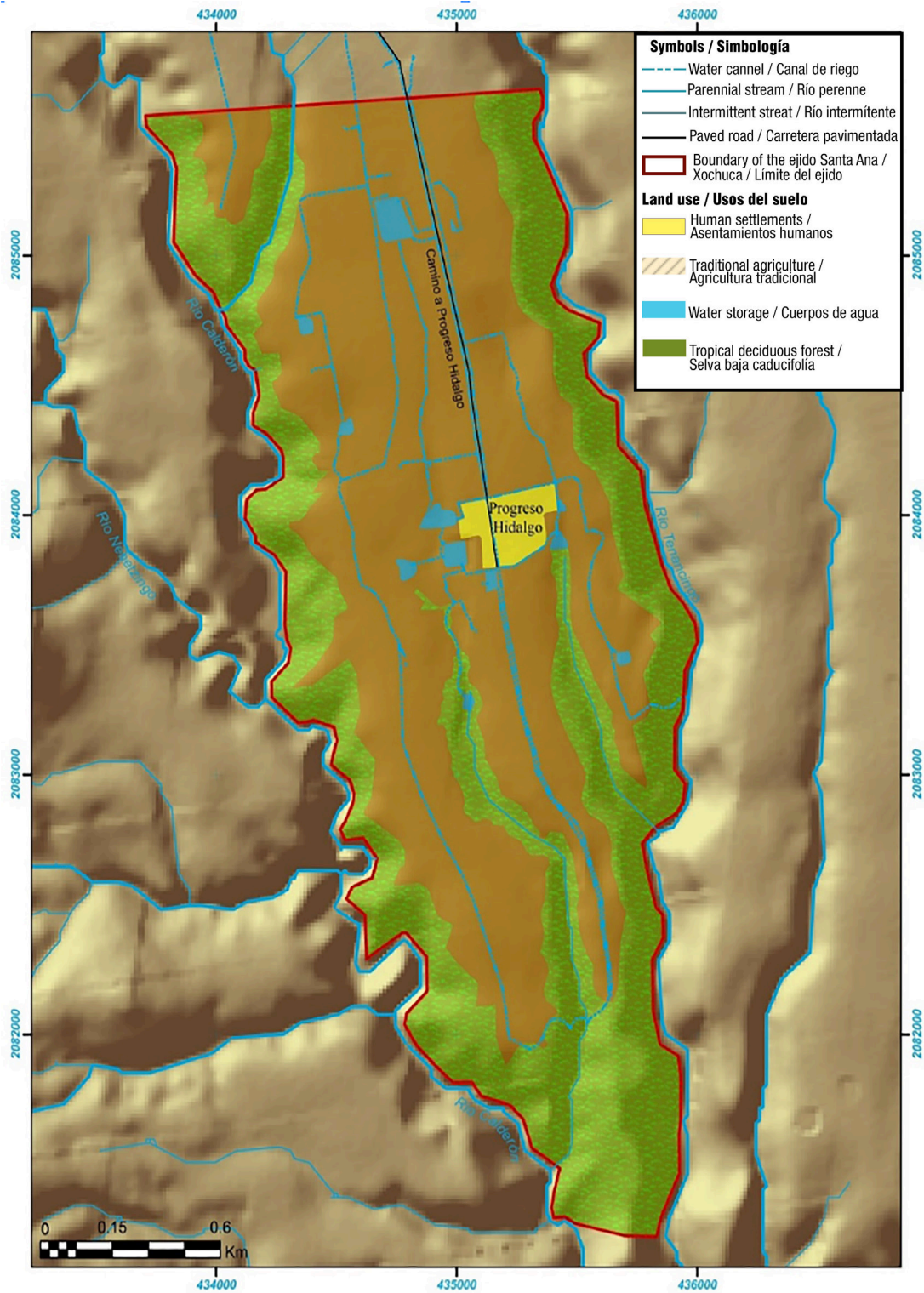
Map 2. Land use, Progreso Hidalgo, Estado de México. Year 2000.
Mapa 2. Usos del suelo, Progreso Hidalgo, Estado de México. Año 2000.



Source: Compiled by author based on SPOT 4 image and workfield. Software Erdas Imagine, 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en imagen SPOT 4 y trabajo de campo. Software Erdas Imagine, 2015.

Map 3. Land use, Progreso Hidalgo, Estado de México. Year 2017.
Mapa 3. Usos del suelo, Progreso Hidalgo, Estado de México. Año 2017.



Source: Compiled by author based on SPOT 5 image and workfield. Software Erdas Imagine, 2015.
 Fuente: Elaboración propia con base en imagen SPOT 5 y trabajo de campo. Software Erdas Imagine, 2015.

of the tropical deciduous forest ecosystem, while in the latter the soil fertility is conserved, due to the fact that the new position of the plots with the slopes of the ravines is delimited with rock fences and shrubs, a situation that contributes to the prevention and control of erosive processes.

Change from traditional agriculture to commercialized technified agriculture

Traditional agriculture is the main activity in Progreso Hidalgo. In 2000, the establishment of crops in this modality occupied 321,648 hectares, there was no infrastructure to produce in a system of commercialized technified agriculture (greenhouses), therefore, it is not represented in Map 2. By 2017, commercialized technified agriculture occupies an area of 5,084 hectares (Map 3) and is practiced in environments adjacent to the main road, a situation associated with easy access and rapid transportation of agricultural products. Although this area is still minimal, the process of change is evident and is observed in the practice of other production modalities (mulching and micro tunnels). Mulching consists of the placement of a plastic (silver-colored polyethylene) on furrows with openings of approximately five centimeters in diameter, through which strawberry plants grow.

Mulching and micro tunnels are agricultural production modalities that represent the initial process in the change from traditional agriculture to commercialized technified agriculture, which indicates that one of the key elements for the change process to occur is the use of plastic, material similar to the infrastructure of the greenhouses. The largest area occupied by commercialized technified agriculture is located in the central and northern part of Progreso Hidalgo (Map 3).

In total, there are 16 greenhouses with different dimensions, the smaller ones occupy areas ranging between 0.5 and 1.0 hectares, while the largest ones have up to 1.6 hectares. The sum of the areas occupied with greenhouse infrastructure is about 5,084 hectares. All greenhouses have water storage to irrigate crops. The establishment of greenhouses is carried out in areas that before 2016 were used for traditional agriculture, a situation linked to the importance of producing for markets. Map 3 shows

limita y dificulta el acceso y la introducción de cultivos (Mapa 3). Este proceso de cambio también tiene asociación significativa con la apertura de espacios para el pastoreo de animales domésticos, acondicionamiento de áreas para maniobra de vehículos de carga y manejo de productos agrícolas.

El cambio de selva baja caducifolia por agricultura tradicional se observa en la disminución de áreas con vegetación propia del ecosistema, las cuales son sustituidas por cultivos de temporal, proceso que refleja cambios significativos (decremento de selva baja caducifolia e incremento de la superficie con agricultura tradicional). El cambio ha ocurrido en porciones de la comunidad clasificadas como "tierras de uso común" (laderas y ambientes adyacentes a barrancos), ya que éstas no tienen propietarios específicos, son ambientes ocupados con vegetación nativa, ubicados en pendientes mayores a 25 ° y adyacentes a las parcelas agrícolas.

Al disminuir la cubierta forestal de las áreas contiguas a las parcelas agrícolas se incrementa la superficie agrícola. Esta actividad provoca impactos negativos y positivos, en el caso de los primeros, ocurre disminución de la superficie forestal y deterioro del ecosistema selva baja caducifolia, mientras en los segundos se conserva la fertilidad del suelo, esto en virtud de que la nueva colindancia de las parcelas con las laderas de los barrancos es delimitada con cercos de roca y arbustos, situación que coadyuva en la prevención y control de los procesos erosivos.

Cambio de agricultura tradicional por agricultura comercial tecnificada

La agricultura tradicional es la principal actividad en Progreso Hidalgo. En el año 2000 el establecimiento de cultivos en esta modalidad ocupaba 321,648 hectáreas, no existía infraestructura para producir en sistema de agricultura comercial tecnificada (invernaderos), por lo tanto, no está representada en el Mapa 2. Para 2017 la agricultura comercial tecnificada ocupa una superficie de 5,084 hectáreas (Mapa 3) y es practicada en ambientes adyacentes a la principal vía de comunicación, situación asociada con un fácil acceso y transporte rápido de productos agrícolas. Aunque esta superficie aún es mínima, el proceso de cambio es

the areas occupied by greenhouse infrastructure. During 2017, traditional agriculture recorded a decrease in its area, practiced in 320,399 hectares, although the decrease is minimal, it is significant compared to the area of common use.

Traditional agriculture and water storage

In 2000, water storage occupied an area of approximately 6,628 hectares, and by 2017 it occupies 7,799 hectares, which indicates an increase of 1,171 hectares (17.6%). In Progreso Hidalgo, traditional agriculture is closely linked to rainfall and the availability of water for crop irrigation, so that changes occurring in water storage influence the area used for traditional agriculture. Between 2000 and 2017 the area devoted to traditional agriculture showed a decrease of 1,249 hectares (0.38%).

Regarding the traditional agriculture modality (including rainfed crops), 47% of the respondents report two important advantages: a) harvested products have good quality because they directly receive the sun's rays, and b) it is possible to combine more than two crops in the same agricultural cycle. Eighty percent believes that in the case of traditional agriculture it is not possible to produce throughout the year, since rainfall affects strawberry and flower crops; 13% believes that in the case of traditional agriculture the working day is longer, since the spread of pests and diseases must be controlled.

In Progreso Hidalgo it is not possible to understand the agricultural processes without the presence of water, this is a natural resource associated with land-use change processes, since economy and well-being of the population are according to water management. In 2000 water storage occupied an area of 6,628 hectares and by 2017 increased to 7,799 hectares, 1,171 hectares (17.6%) more compared to 2000. In that same year (late 2000), there were only 13 water storages located in the immediate vicinity of human settlements, in lands of common use and some cultivation plots. Between the period from 2000 to 2017, 36 water storages more were built, resulting in a total of 49. This situation is linked to the interest of families to store water in their plots.

A total of 82.4% of the families owning agricultural plots have water storage facilities whose size varies

notorio y se observa en la práctica de otras modalidades de producción (acolchado y microtúneles). El acolchado consiste en la colocación de un plástico (polietileno de color plateado) sobre los surcos y con aberturas de aproximadamente cinco centímetros de diámetro, a través de las cuales crecen las plantas de fresa.

El acolchado y los microtúneles son modalidades de producción agrícola que representan el proceso inicial en el cambio de agricultura tradicional, por agricultura comercial tecnificada, lo cual indica que uno de los elementos clave para que ocurra el proceso de cambio es el uso de plástico, material semejante al de la infraestructura de los invernaderos. La mayor superficie ocupada con agricultura comercial tecnificada está ubicada en la porción central y norte de la comunidad (Mapa 3).

En total existen 16 infraestructuras de invernadero con distintas dimensiones, las menores ocupan superficies que oscilan entre 0.5 y 1.0 hectáreas, mientras las mayores tienen hasta 1.6 hectáreas. La suma aproximada de las superficies ocupadas con infraestructura de invernadero es de 5,084 hectáreas. Todos los invernaderos disponen de un depósito de agua para el riego de los cultivos. El establecimiento de infraestructura de invernaderos se realiza en áreas que antes de 2016 eran utilizadas en agricultura tradicional, situación vinculada con la importancia de producir para los mercados. En el Mapa 3 se observan las áreas ocupadas con infraestructura de invernaderos. Durante 2017 la agricultura tradicional registró decremento en su superficie, practicándose en 320,399 hectáreas, aunque el decremento es mínimo, sí es significativo en comparación con la superficie de la comunidad.

Agricultura tradicional y cuerpos de agua

En el año 2000 los cuerpos de agua ocupaban una superficie aproximada de 6,628 hectáreas, y para 2017 éstos ocupan 7,799 hectáreas, lo cual indica un incremento de 1,171 hectáreas (17.6%). En Progreso Hidalgo la agricultura tradicional está muy vinculada con la precipitación pluvial y la disponibilidad de agua para el riego de los cultivos, por lo que los cambios que ocurren en los cuerpos de agua influyen en la superficie utilizada para la agricultura tradicional. Entre 2000 y 2017 la superficie

Table 2. Land use, Progreso Hidalgo, Estado de México: 2000 and 2017 (area in hectares).
Cuadro 2. Usos del suelo, Progreso Hidalgo, Estado de México: 2000 y 2017 (superficie en hectáreas).

Land use/Usos del suelo	2000	2017	Losses/ Pérdidas	Gains/ Ganancias	%
Tropical deciduous forest/ Selva baja caducifolia	234.201	227.451	6.751	---	2.88
Traditional agriculture/ Agricultura tradicional	321.648	320.399	1.249	---	0.38
Commercialized technified agriculture/ Agricultura comercial tecnificada	---	5.084	---	---	---
Water storage/ Cuerpos de agua	6.628	7.799	---	1.171	17.66
Human settlements/ Asentamientos humanos	8.539	10.282	---	1.743	20.43
Total	571.016	571.016	8.0	2.914	41.35%

Source: Compiled by author base on Maps 2 and 3.
Fuente: Elaboración propia con base en Mapas 2 y 3.

according to the area of the plot and the proximity to the water system, and during rainy season they try to store most of the runoff in order to have the resource for irrigation and fish farming for most of the year.

The community of Progreso Hidalgo, Villa Guerrero, Estado de México, located in the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur (Mexican subtropics) is characterized by strategies used by peasant families to manage and conserve water for irrigation, the establishment of rainfed and irrigation agricultural crops, the knowledge of the environment, the conservation of the soil and the use of natural resources in agricultural processes.

Increment of water storage as guiding principle of land-use change

The increase in the number of water storages in areas used for traditional agriculture is evident, this is an important aspect due to the absence and access to natural sources of water in the community (access to river water is not easy). Between 2000 and 2007, the increase in the number of water storages, area and storage capacity has the following behavior:

a) In the year 2000 there were only 13 water storages, with a total volume of 112,515.52 m³.

destinada a la agricultura tradicional manifestó un decremento de 1,249 hectáreas (0.38%).

Respecto a la modalidad de agricultura tradicional (incluye cultivos de temporal), 47% de los encuestados refieren dos ventajas importantes: a) los productos cosechados son de buena calidad, pues reciben directamente los rayos solares, y b) es posible combinar más de dos cultivos en un mismo ciclo agrícola. El 80% considera que en la agricultura tradicional no es posible producir durante todo el año, ya que la precipitación afecta a los cultivos de fresa y flores; 13% considera que en la agricultura tradicional la jornada de trabajo es más prolongada, ya que se debe controlar la propagación de plagas y enfermedades.

En Progreso Hidalgo no es posible entender los procesos agrícolas sin la presencia del agua, éste es un recurso natural muy asociado con los procesos de cambio de uso de suelo, ya que la economía y el bienestar de la población están en función del manejo de agua. En el año 2000 los cuerpos de agua ocupaban una superficie de 6,628 hectáreas y para 2017 se incrementó a 7,799 hectáreas, 1,171 hectáreas (17.6%) más en comparación con el año 2000. En ese mismo año (finales del 2000), había solamente 13 cuerpos de agua (almacenamientos) ubicados en las colindancias inmediatas al asentamiento humano, en las tierras de uso común

By 2017, the number of water storages is 49, that is, 36 more compared to 2000, this represents an increase of 300%. The storage volume was 166,711.41 m³ (20.9% more compared to 2000). Although by 2017 the increase in water storages was 300%, the increase in the volume of water storage was minimal, this is because 15 of the new water storages have a capacity less than 300 m³ and, therefore, they occupy less surface area. Eighty-three percent of the families report that having availability of water for irrigation increases the possibility of intensifying land use, as well as establishing, combining or rotating crops.

b) Eighty-nine percent of the peasant families consider that before the year 2000 the supply of irrigation water for agriculture was sufficient, but after that year the rainy season was irregular, can start in May or June, for that reason families have managed excavation and conditioning water storages.

c) In 2017 the area occupied by water storages is 77,992 m², which represents 1.4% of the total area of Progreso Hidalgo. The water storage with the smallest area is 29.21 m², while the largest water storage is 19,818 m². The difference of area of the water storages is associated to the area of the plots and the conditions of the natural depressions of the field. Seventy-eight percent of the respondents consider that it is better to have a smaller, but deeper water storage, since a water storage with a large area affects (decreases) the arable land.

Increase in the area of human settlements

The origin of Progreso Hidalgo is linked to the expropriation of Hacienda La Merced (1936). The community did not exist before the agrarian distribution, this community was formed from the provision of water for irrigation (1952 and 1955), a fact that marks the principle of irrigated agriculture in the community and, consequently, land-use change processes, because before 1952, natural environment corresponded to tropical deciduous forest ecosystem (Table 2). The introduction of commercial crops began in 1972 and since that year the increase in the number of inhabitants has

y en algunas parcelas de cultivo. Entre el periodo comprendido de 2000 a 2017 fueron construidos 36 almacenamientos más, sumando un total de 49. Esta situación está vinculada con el interés de las familias por almacenar agua en sus parcelas.

El 82.4% de las familias propietarias de parcelas agrícolas dispone de almacenamientos de agua cuya dimensión es variable en función de la superficie de la parcela y de la proximidad con los canales de conducción, además durante la época de lluvias tratan de almacenar la mayor parte de los escurrimientos, esto con la finalidad de disponer del recurso para riego y cultivo de peces la mayor parte del año.

La comunidad de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México y ubicada en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur (subtrópico mexicano) se caracteriza por las estrategias que utilizan las familias campesinas para el manejo y conservación del agua para riego, el establecimiento de cultivos agrícolas de temporal y de riego, el conocimiento del ambiente, la conservación del suelo y la utilización de recursos naturales en los procesos agrícolas.

El incremento de cuerpos de agua como eje rector de cambio de uso del suelo

El incremento del número de cuerpos de agua (almacenamientos) en áreas utilizadas para la agricultura tradicional es notorio, aspecto relevante por la ausencia y acceso a fuentes naturales de agua en la comunidad (no es fácil el acceso al agua de los ríos). Entre los años 2000 y 2007 el incremento del número de almacenamientos, superficie y capacidad de almacenamiento tiene el siguiente comportamiento:

a) En el año 2000 solamente existían 13 depósitos, con un volumen total de almacenamiento de 112,515.52 m³. Para 2017, el número de depósitos es de 49, o sea, 36 más en comparación con 2000, esto representa un incremento de 300%. El volumen de almacenamiento fue de 166,711.41 m³ (20.9% más en comparación con 2000). Aunque para 2017 el aumento de depósitos fue de 300%, el incremento en el volumen de almacenamiento fue mínimo, esto se debe a que 15 de los nuevos depósitos tienen

been constant. From 1990, an average of 17 people immigrate to the community each year. In the year 2000, there were 965 inhabitants, who occupied an area of 8,539 hectares. Currently (2017) there are 1,204 inhabitants, occupying 10.28 ha (increase of 20.4%) (Maps 2 and 3).

The increase in the area used to establish homes and satisfy the demands of natural growth of the population and immigrants has occurred in areas previously used for traditional agriculture and, as shown in Map 3, the establishment of new houses has occurred in parts of agricultural plots adjacent to the main road.

Discussion

Environmental geography and processes of change

In the analysis of the community of Progreso Hidalgo, its components and interactions in the environmental context were important, the environmental geography to which Bocco et al. (2011) refer as an auxiliary science of geography, focused on the analysis of the manifestations, phenomena and events that occur in the biosphere. It analyzes the conditions in which the components of the environment are found. The initial theoretical support of environmental geography refers to the relationships between man and environment, as well as to the delimitation of the set of combinations that occur between natural and social space. The spatial analysis of land-use change processes in Progreso Hidalgo was contextualized with environmental geography, establishing associations between agriculture, tropical deciduous forest, water storage and human settlements.

Regarding the notion of "environment", to which Bocco et al. (2011) are referred to as a socially, culturally and historically constructed object, or what Reboratti (2011) defines as the *continuum* of natural elements, modified natural elements and artificial elements that constitute the particular area that surrounds us. This article demonstrates how the opening of new spaces for agriculture, grazing areas and the strategies for water management are guiding principles of land-use change and impact processes to the landscape, highlighting the interrelation

capacidad menor a 300 m³ y, por lo tanto, ocupan menor superficie. El 83% de las familias comenta que al tener mayor disponibilidad de agua para el riego existe la posibilidad de intensificar el uso del suelo, así como el establecimiento, combinación o rotación de cultivos.

b) El 89% de las familias campesinas considera que antes del año 2000 el suministro de agua de riego para la agricultura era suficiente, pero después de ese año la época de lluvias es irregular, puede iniciar en mayo o junio, por lo que las familias han gestionado la excavación y acondicionamiento de depósitos.

c) En 2017 el área que ocupan los almacenamientos es de 77,992 m², lo cual representa 1.4% de la superficie total de Progreso Hidalgo. El depósito de menor área tiene 29.21 m², mientras el mayor, 19,818 m². La diferencia de área de los depósitos está asociada a la superficie de las parcelas y las condiciones de las depresiones naturales del terreno. El 78% de los encuestados considera que es mejor disponer de un depósito de menor área, pero de mayor profundidad, ya que un depósito con área grande afecta (disminuye) la superficie cultivable.

Incremento en la superficie de asentamientos humanos

El origen de Progreso Hidalgo está vinculado con la expropiación de la Hacienda La Merced (1936). Antes del reparto agrario no existía la comunidad, ésta se conformó a partir de la dotación de agua para el riego (1952 y 1955), hecho que marca el principio de la agricultura de riego en la comunidad y, por consiguiente, de los procesos de cambio de uso del suelo, pues antes de 1952 el ambiente natural correspondía al ecosistema selva baja caducifolia (Cuadro 2). En 1972 inició la introducción de cultivos comerciales y desde ese año el incremento del número de habitantes ha sido constante. A partir de 1990 cada año inmigra a la comunidad un promedio de 17 personas. En el año 2000 había 965 habitantes, los cuales ocupaban una superficie de 8,539 hectáreas. Actualmente (2017) hay 1,204 habitantes, ocupando 10.28 ha (incremento de 20.4%) (Mapas 2 y 3).

established between society and environment (Reboratti, 2011).

The rural-agricultural environment and its relation with the processes of change

According to Clout (1976), rural geography is the study of the recent social and economic use of land, and the spatial changes that have taken place in areas of lower population density, which, by virtue of their visual components, recognized as the "field". One of the important aspects that rural geography analyzes is the social and economic use of the land, as well as the spatial changes. The temporal analysis of land-use change in Progreso Hidalgo is located in the context of rural geography.

Although afforestation has taken place throughout history in different regions of the world, other processes such as the conversion of tree lands to crop plots and grasslands for livestock have also occurred on a continuous basis, giving rise to the concept agricultural space. According to George (1974), the agricultural space is a fact of human geography, is the result of an action of the human group, voluntary or differential, with respect to natural space, which may be a space already occupied by a natural vegetation. Taking place the substitution of a biological medium with zero or little use value for man, by a biological medium useful to him, it is a mutation of vital processes.

Factors such as relief, altitudinal gradient, accessibility of the land, proximity of the homes of the inhabitants and availability of infrastructure for transport, can directly influence how complex the conquest of the wasteland can be. In this regard, George (1974) points out that the creation of agricultural space from naturally improper areas for vegetation and animal husbandry needs the application of complex techniques and labor force investment, both at the time of passing from the sterile phase of the land to the productive phase and during the production process. The current demographic growth forces the conquest of new spaces despite of the complexity that this demands, as is the case of Progreso Hidalgo.

El incremento de la superficie utilizada para establecer viviendas y satisfacer las demandas del crecimiento natural de la población y de los inmigrantes ha ocurrido en espacios que anteriormente eran utilizados para la agricultura tradicional y, como se observa en el Mapa 3, el establecimiento de las nuevas viviendas ha ocurrido en porciones de las parcelas agrícolas adyacentes a la principal vía de comunicación.

Discusión

La geografía ambiental y los procesos de cambio

En el análisis de la comunidad de Progreso Hidalgo, sus componentes e interacciones en el contexto ambiental fue importante, la geografía ambiental a la que Bocco et al. (2011) refieren como una ciencia auxiliar de la geografía, enfocada al análisis de las manifestaciones, fenómenos y hechos que ocurren en la biosfera. Analiza las condiciones en las que se encuentran los componentes del ambiente. El soporte teórico inicial de la geografía ambiental hace referencia a las relaciones entre el hombre y el ambiente, asimismo, a la delimitación del conjunto de imbricaciones que ocurren entre el espacio natural y el espacio social. El análisis espacial de los procesos de cambio de uso de suelo en Progreso Hidalgo fue contextualizado con la geografía ambiental, estableciendo asociaciones entre agricultura, selva baja caducifolia, almacenamientos de agua y asentamientos humanos.

El entorno rural-agrícola y su relación con los procesos de cambio

Según Clout (1976), la geografía rural es el estudio del reciente uso social y económico de la tierra, y de los cambios espaciales que han tenido lugar en áreas de menor densidad de población, las cuales, en virtud de sus componentes visuales, se reconocen como el "campo". Uno de los aspectos importantes que analiza la geografía rural es el uso social y económico de la tierra, así como los cambios espaciales que en ésta ocurren. El análisis temporal de cambio de uso de suelo en Progreso Hidalgo está ubicado en el contexto de la geografía rural.

Taking into account that reported by George (1974), in economic terms, the space added to the agricultural space is an *expensive space* that demands labor effort and that could be justified, in his point of view, by the possible high quality of the lands for agricultural purposes which could have been conquered, however, it should be thought that this could have other implications, for example ecological deterioration and imbalance, loss of biodiversity, destruction of habitat and decrease in the production of environmental services, which would affect the quality of life of the population beyond the local scale of analysis.

Research on land-use change and land use processes are models to establish trends in the processes of deforestation, decline and loss of biodiversity. As mentioned by Clout (1976); George (1974) and Reboratti (2011), agriculture in its various modalities in association with the processes involved, is the human activity that directly influences the processes of land-use change, landscape transformation, deterioration and ecological imbalance.

Agricultural processes and landscape impact

Commercialized technified agriculture causes impacts to landscape elements (visual surface, composition and provision of objects) and influences the processes of land-use change at the local level. Shape, line, color, texture, scale, scene, spatial position and background are important aspects of the landscape. In the natural landscape, vegetation is a creator of texture through its forms, variety of shades and, above all, its density and spatial disposition or regularity (Gómez, 2004). Most of the landscapes have cultural content, sometimes the decline of traditional activities brings with it the deterioration of the landscape. At present human activity, capable of transformation, shows strong tendencies to impact the environment. In Progreso Hidalgo, both traditional and commercialized technified agriculture directly influence land-use change processes.

Commercialized technified agriculture causes the following impacts: transformation of the local landscape, health risks due to the excessive use of agrochemicals, reduction of pollination process, soil

Si bien la repoblación forestal ha tenido lugar a través de la historia en diversas regiones del mundo, otros procesos como la conversión de tierras arboladas a parcelas de cultivo y tierras de pastizales para el pastoreo de ganado también han ocurrido de manera continua, dando lugar al concepto de espacio agrícola. De acuerdo con George (1974), el espacio agrícola es un hecho de geografía humana, es la resultante de una acción del grupo humano, voluntaria o diferencial, con respecto al espacio bruto (natural), que puede ser un espacio ya ocupado por una vegetación natural. Tiene lugar entonces la sustitución de un medio biológico con nulo o escaso valor de uso para el hombre, desde su perspectiva, por un medio biológico útil a él, se trata de una mutación de procesos vitales.

Factores como el relieve, el gradiente altitudinal, la accesibilidad del terreno, la proximidad de las viviendas de los pobladores y la disponibilidad de infraestructura para el transporte, pueden influir directamente en qué tan compleja puede ser la conquista de los terrenos yermos. Al respecto, George (1974) señala que la creación del espacio agrícola a partir de superficies naturalmente impropias para la vegetación y la cría de animales requiere de la aplicación de técnicas complejas y de la inversión de fuerza de trabajo, tanto en el momento de pasar del estado estéril del terreno al productivo como durante el proceso de producción en sí. El crecimiento demográfico actual obliga a la conquista de nuevos espacios a pesar de la complejidad que ello demanda, como es el caso de Progreso Hidalgo.

Considerando lo expuesto por George (1974), en términos económicos el espacio añadido al espacio agrícola es un *espacio caro* que demanda esfuerzo de trabajo y que podría quedar justificado, desde su punto de vista, por la eventual alta calidad de las tierras para fines agropecuarios que pudieran haberse conquistado, sin embargo, debe pensarse que esto podría tener otro tipo de implicaciones, por ejemplo, deterioro y desequilibrio ecológico, pérdida de biodiversidad, destrucción del hábitat y disminución en la producción de servicios ambientales, lo que influiría en la calidad de vida de la población más allá de la escala local de análisis.

damage due to inadequate disposal of solid wastes and abandonment of infrastructure due to lack of knowledge of crop management under greenhouse systems. Sixty-four percent of respondents believe that infrastructure for agricultural production under greenhouse systems has very high costs, but over time, profits obtained compensate the expenses incurred. Twenty-one percent believe that agricultural products (strawberries, flowers and tomatoes) produced under greenhouses conditions have poor quality, 5% mention that production under greenhouse conditions does not require much labor force, water consumption is minimal and the risk of pests and diseases is smaller. Combined crops is not possible in the case of commercialized technified agriculture.

Land-use change is a process that occurs mainly in rural environments and is associated with the demand for food, housing and geographic spaces to meet the needs of the population. It is necessary to increase the agricultural area to produce food, build houses and implement public services (urbanization), and, of course, for this to happen land-use change processes must occur, which usually begin with the elimination of forest cover (García, Gutiérrez, Juan, & Balderas, 2012; Camacho et al., 2011, López, Balderas, Chávez, Juan, & Gutiérrez, 2015; Figueroa Ibáñez, Arteaga, Arellano, & Vázquez, 2011).

The processes of land-use change in Progreso Hidalgo are related to the decrease of vegetation cover (tropical deciduous forest) and the increasing opening of spaces for water storage, a situation different from that reported by Pineda, Bosque, Gómez, & Plata (2009), García, Gutiérrez, Juan, & Balderas, (2012) and López, Balderas, Chávez, Juan, & Gutiérrez (2015), where the main process of land-use change is the population increase, by occupying large areas of forest for agriculture and the establishment of human settlements. These authors establish that in the Mexican Highlands, sequential processes of change start in forests, continue with crops and finish with the presence of grasslands, sometimes this sequence can provoke erosion or the establishment of human settlements.

Land-use changes on a regional level

At the regional level (Estado de México), sequential

Las investigaciones sobre procesos de cambio de ocupación y usos del suelo son referentes para establecer escenarios tendenciales de los procesos de deforestación, disminución y pérdida de la biodiversidad. Como lo mencionan Clout (1976); George (1974) y Reboratti (2011), la agricultura en sus diversas modalidades en asociación con los procesos que ésta implica, es la actividad humana que influye de manera directa en los procesos de cambio de uso del suelo, transformación del paisaje, deterioro y desequilibrio ecológico.

Procesos agrícolas e impacto del paisaje

La agricultura comercial tecnificada provoca impactos a los elementos del paisaje (superficie visual, composición y disposición de los objetos) e influye en los procesos de cambio de uso del suelo a nivel local. La forma, la línea, el color, la textura, la escala, la escena, la posición espacial y el fondo son aspectos importantes del paisaje. En el paisaje natural la vegetación es una creadora de textura a través de sus formas, variedad de tonalidades y, sobre todo, de su densidad y disposición espacial o regularidad (Gómez, 2004). La mayor parte de los paisajes tienen contenido cultural, en ocasiones el declive de actividades tradicionales trae aparejado el deterioro del paisaje. En la actualidad la actividad humana, con su capacidad transformadora, manifiesta fuertes tendencias a impactar el ambiente. En Progreso Hidalgo tanto la agricultura tradicional como la agricultura comercial tecnificada influyen directamente en los procesos de cambio de uso del suelo.

La agricultura comercial tecnificada provoca los siguientes impactos: transformación del paisaje local, riesgos a la salud por uso excesivo de agroquímicos, disminución del proceso de polinización, afectación al suelo por disposición inadecuada de residuos sólidos y abandono de infraestructura por desconocimiento del manejo de cultivos en sistemas de invernaderos. El 64% de los encuestados considera que la infraestructura para la producción agrícola en sistemas de invernadero tiene costos muy elevados, pero al transcurrir el tiempo, las ganancias obtenidas compensan los gastos realizados. El 21% considera que los productos agrícolas (fresa, flores y tomate) producidos en invernaderos carecen de calidad,

processes of land-use change also start in forests (Camacho, et al., 2011) and finish with erosive processes, abandoned land or human settlements, by virtue of being environments very close to Mexico City. Unsustainable human activities are the main factors of land-use change in the regions of the Mexican Highlands (García et al., 2012, Camacho et al., 2011 y López et al., 2015).

Research carried out in environments similar to those of Progreso Hidalgo have been approached by Camacho, Juan, Pineda, Cadena, & Bravo (2015) in the southwest part of Estado de México (Mexican mountain transition zone). Although the regional level of analysis is larger compared to the local level (Progreso Hidalgo), land-use change processes and impacts are similar, for example, in the southwest part of Estado de México the forest cover decreased considerably and was replaced by water storages, agricultural areas, human settlements and controlled technified agriculture.

When comparing the results of Camacho et al. (2015) (Mexican mountain transition zone) with those obtained in Progreso Hidalgo (ecological transition zone) there are three differences: *a*) in the southwest part of Estado de México the change of forest cover is occupied by water storages, agricultural uses and controlled technified agriculture, *b*) decreases in area occupied by water storages, and *c*) processes of change are associated with clandestine felling, forest fires, slash-and-burn and opening of spaces for livestock activities, different situation compared to that in Progreso Hidalgo, where some areas of traditional agriculture are occupied by water storages.

In Progreso Hidalgo there are no erosive processes associated with land-use change, this is because peasant families use agroecological techniques for soil and water management, a situation different from that reported by Pineda et al. (2009), García et al. (2012), Camacho et al. (2015), López et al. (2015) and Gordillo and Castillo (2017), where the erosive processes are particular to the geographic spaces studied. The authors have analyzed the land-use change at the regional level (basins, states), of course, using different categories or classes, cartographic materials, methods, techniques and geo-technological tools. Gordillo and Castillo

5% menciona que la producción en invernaderos no requiere mucha fuerza de trabajo, el consumo de agua es mínimo y el riesgo de plagas y enfermedades es menor. En la agricultura comercial tecnificada no es posible la combinación de cultivos.

El cambio de uso del suelo es un proceso que ocurre principalmente en los ambientes rurales y está asociado con la demanda de alimentos, vivienda y espacios geográficos para satisfacer las necesidades de la población. Se requiere incrementar la superficie agrícola para producir alimentos, construir viviendas e implementar servicios públicos (urbanización), y, por supuesto, para su cumplimiento deben ocurrir procesos de cambio de uso del suelo que generalmente inician con la eliminación de la cubierta forestal (García, Gutiérrez, Juan, & Balderas, 2012; Camacho et al., 2011, López, Balderas, Chávez, Juan, & Gutiérrez, 2015; Figueroa Ibáñez, Arteaga, Arellano, & Vázquez, 2011).

Los procesos de cambio de uso del suelo en Progreso Hidalgo están vinculados con la disminución de la cubierta vegetal (selva baja caducifolia) y la creciente apertura de espacios para cuerpos de agua, situación diferente a la reportada por Pineda, Bosque, Gómez, & Plata, (2009), García, Gutiérrez, Juan, & Balderas, (2012) y López, Balderas, Chávez, Juan, & Gutiérrez (2015) donde el proceso principal de cambio de uso del suelo es el incremento poblacional, al ocupar amplias zonas de bosque para la agricultura y el establecimiento de asentamientos humanos. Estos autores determinan que en ambientes del Altiplano Mexicano, los procesos secuenciales de cambio inician en los bosques, continúan con los cultivos y culminan con la presencia de pastizales, en ocasiones esta secuencia puede conducir a la erosión o al establecimiento de asentamientos humanos.

Los cambios de uso del suelo a escala regional

A nivel regional (Estado de México), los procesos secuenciales de cambio de uso del suelo también inician en los bosques (Camacho, et al., 2011) y culminan con procesos erosivos, terrenos abandonados o asentamientos humanos, esto en virtud de ser ambientes muy próximos a la Ciudad de México. Las actividades humanas no sustentables

(2017) emphasize the importance of analyzing land-use change processes at the local level, so Progreso Hidalgo is a reference for research in other communities in the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur.

The basin of the River Sabinal located in the state of Chiapas (southeastern Mexico) presents climatic, ecological, vegetation and agricultural characteristics similar to those of Progreso Hidalgo, then, the processes of land-use change and the impacts that these cause should be similar, but they don't. In the basin of the River Sabinal, land-use change is associated with mining activities (Gordillo, & Castillo, 2017), which is not the case in Progreso Hidalgo.

On the other hand, Figueroa, Ibañez, Arteaga, Arellano, & Vázquez (2011) show that forest loss in the basin of San Cristóbal de las Casas, Chiapas, is similar to what happens in other tropical and subtropical areas: erosive processes have been increased by loss of forest cover and some areas occupied by rainfed have been abandoned by local indigenous families in the basin, bringing with it a positive impact, that is the regeneration of the forest. In this basin, a negative impact caused by land-use change is the presence of extensive areas with rainfed very close to the small populations in the entire basin (urbanization), a situation that does not occur in Progreso Hidalgo, where the largest impact is brought by commercialized technified agriculture, of course, the scale of analysis in the referred basin is greater (regional).

The dynamics of land-use change in Progreso Hidalgo is influenced by the pressure of markets, with the purpose of meeting the nutritional needs of the growing population living in urban environments, as indicated by Seto et al. (2012), Müller and Munroe (2014) and Gordillo and Castillo (2017) in order to understand land-use change processes, it is important to consider the interactions exercised by the capitalist system, globalization and teleconnection.

In several regions of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur (Mexican subtropics, ecological transition zones, Mexican mountain transition zone), government agencies are financially supporting peasants to produce under greenhouse conditions

son los factores principales de cambio de uso del suelo en las regiones del Altiplano Mexicano (García et al., 2012, Camacho et al., 2011 y López et al., 2015).

Investigaciones realizadas en ambientes similares a los de Progreso Hidalgo han sido abordadas por Camacho, Juan, Pineda, Cadena, & Bravo (2015) en el surponiente del Estado de México (zona de transición mexicana de montaña). Aunque la escala regional de análisis es mayor en comparación con la escala local (Progreso Hidalgo) los procesos de cambio de uso del suelo y los impactos ocasionados son semejantes, por ejemplo, en el surponiente del Estado de México la cobertura de bosque disminuyó considerablemente y fue sustituida por cuerpos de agua, espacios agropecuarios, asentamientos humanos y agricultura tecnificada controlada.

Al comparar los resultados de Camacho et al. (2015) (zona de transición mexicana de montaña) con los obtenidos en Progreso Hidalgo (zona de transición ecológica) existen tres diferencias: *a*) en el surponiente del Estado de México el cambio de cobertura de bosque es ocupada por cuerpos de agua, usos agropecuarios y agricultura tecnificada controlada, *b*) decremento en la superficie ocupada con cuerpos de agua, y *c*) los procesos de cambio están asociados con tala clandestina, incendios forestales, roza-tumba-quema y apertura de espacios para actividades pecuarias, situación diferente a lo que ocurre en Progreso Hidalgo, donde algunas áreas de agricultura tradicional están ocupadas por cuerpos de agua.

En Progreso Hidalgo no existen procesos erosivos asociados con el cambio de uso del suelo, esto se debe a que las familias campesinas aplican técnicas agroecológicas para manejo del suelo y agua, situación diferente a lo que reportan Pineda et al. (2009), García et al. (2012), Camacho et al. (2015), López et al. (2015) y Gordillo y Castillo (2017), donde los procesos erosivos son peculiares de los espacios geográficos estudiados. Los autores han analizado a nivel regional (cuencas, estados) el cambio de uso del suelo, por supuesto, utilizando diferentes categorías o clases, materiales cartográficos, métodos, técnicas y herramientas geotecnológicas. Gordillo y Castillo (2017) hacen énfasis en la importancia de analizar los procesos de cambio de uso del suelo a escala local, por lo que Progreso Hidalgo es un referente

(Juan, 2013; Camacho et al., 2015), to supply regional and local markets (Camacho et al., 2011), ignoring the impacts of the environment and social welfare. In the short term (2020) commercialized technified agriculture will occupy approximately 11 hectares of the surface of Progreso Hidalgo. Ninety percent of the peasant families are waiting for financial support from the federal and state government to establish greenhouses, which will affect the local and regional landscape.

All land-use changes bring with it the alteration of processes and cycles, as reported by Lambin (1997). In Progreso Hidalgo, the vegetation of the tropical deciduous forest ecosystem, which is located in areas near the ravines, is decreasing. The triggering factor is the expansion of the agricultural border in areas classified as land in common use.

Regarding the environmental impacts associated with land-use change processes, López et al. (2015) show that in regions of the Mexican Highlands the reduction of forests and the decrease in the capacity to capture water as good and environmental service are significant, a situation different from that reported for Progreso Hidalgo, where land-use changes do not affect the water resource, but on the contrary, there is an increase in the opening of spaces to condition water storages and, consequently, it favors the capacity of capturing and recharging aquifers.

The geographical situation of Progreso Hidalgo under the regional and local context, its proximity to the capital of Mexico, the economic importance and diversity of natural resources, are factors that influence land-use change processes, because as pointed out by Lambin, Helmunt, & Lepers (2003), short-term transitions are caused by internal and external factors such as migratory phenomena and macroeconomic conditions.

Palacios and Escobar (2016) emphasize that agriculture in general and irrigated agriculture are activities that have significantly changed the landscape of our planet and altered many of the delicate ecosystems. It is pertinent that Mexican environmental policies focus on the sustainable management of agriculture to avoid and control land-use changes. Progreso Hidalgo urgently needs to apply policies to maintain the spaces occupied

para hacer investigaciones en otras comunidades de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur.

La Cuenca del río Sabinal ubicada en el estado de Chiapas (sureste de México) presenta características climáticas, ecológicas, de vegetación y agrícolas similares a las de Progreso Hidalgo, entonces, los procesos de cambio de uso del suelo y los impactos que estos ocasionan también debieran ser similares, y en realidad no lo son. En la Cuenca del río Sabinal el cambio de uso del suelo está asociado con actividades mineras (Gordillo, & Castillo, 2017), lo cual no ocurre en Progreso Hidalgo.

Por otra parte, Figueroa, Ibañez, Arteaga, Arellano, y Vázquez (2011) exponen que la pérdida de bosques en la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, es similar a lo que sucede en otras zonas tropicales y subtropicales: los procesos erosivos se han incrementado por pérdida de la cubierta forestal y algunas áreas ocupadas con agricultura de temporal han sido abandonadas por las familias indígenas locales de la cuenca, trayendo consigo un impacto positivo, la regeneración del bosque. En esta cuenca, un impacto negativo provocado por el cambio de uso del suelo es la presencia de extensas áreas con agricultura de temporal muy cercanas a las pequeñas poblaciones en toda la cuenca (urbanización), situación que no ocurre en Progreso Hidalgo, donde el mayor impacto es provocado por la agricultura comercial tecnificada, desde luego, la escala de análisis en la cuenca referida es mayor (regional).

La dinámica de cambio de uso del suelo en Progreso Hidalgo es influida por la presión que ejercen los mercados, esto con la finalidad de satisfacer las necesidades alimenticias de la creciente población que habita en ambientes urbanos pues, como lo expresan Seto, et al. (2012), Müller y Munroe (2014) y Gordillo y Castillo (2017), para comprender los procesos de cambio de uso del suelo, es importante considerar las interacciones que ejercen el sistema capitalista, la globalización y la teleconexión.

En varias regiones de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur (subtrópico mexicano, zonas de transición ecológica, zona de transición mexicana de montaña), las dependencias gubernamentales

with tropical deciduous forest vegetation, since there are records of tendencies towards losses. If this behavior continues, by 2020 the landscape of Progreso Hidalgo will have a significant impact.

Conclusions

Land-use change processes, landscape transformation, deterioration and ecological imbalance are occurring in all the rural regions of the Physiographic Province of Sierra Madre del Sur with different intensity, frequency and scale.

The opening and increase of agricultural spaces in areas with native vegetation, the implementation of commercialized technified agriculture and water management, are the guiding principles of land-use change process and landscape transformation in Progreso Hidalgo. A major challenge faced by peasant families is the urgency of local and regional regulations for the sustainable management of natural resources and land use. This is because transnational companies producing flowers are buying plots with agricultural potential to produce under greenhouse conditions (commercialized technified agriculture), modality that causes environmental impact and affects the modes of production of peasant.

Between traditional agriculture and commercialized technified agriculture there are significant relationships, the former to produce food for peasant families, while the latter to produce to supply regional and local markets. In Progreso Hidalgo, the subsistence of the peasant families that produce under greenhouse conditions depends on the production of maize, beans, peppers and zucchini, crops that are obtained from traditional agriculture, otherwise the families could not survive successfully in the context of a capitalist and globalizing system that deteriorates and impacts peasant's production modes.

The use of tools of geographic information systems, remote sensing, direct observation, data recording in the field and the effective participation of peasant families favored the analysis of land-use change processes at the local level, so that interactions of the methods,

están apoyando económicamente a los agricultores para que éstos produzcan en sistemas de invernadero (Juan, 2013; Camacho et al., 2015), y de esta manera abastecer a los mercados regionales y nacionales (Camacho et al., 2011), haciendo caso omiso de los impactos que se provoca al ambiente y bienestar social. A corto plazo (2020) la agricultura comercial tecnificada ocupará aproximadamente 11 hectáreas de la superficie de Progreso Hidalgo. El 90 % de las familias están en espera de apoyos financieros por parte del gobierno federal y estatal para establecer invernaderos, infraestructura que afectará al paisaje local y regional.

Todos los cambios de uso de suelo traen consigo la alteración de procesos y ciclos, así lo refiere Lambin (1997). En Progreso Hidalgo está disminuyendo la vegetación propia del ecosistema selva baja caducifolia que se encuentra en áreas próximas a los barrancos, el factor desencadenante es la expansión de la frontera agrícola en áreas clasificadas como tierras de uso común.

Respecto a los impactos ambientales asociados con los procesos de cambio de uso del suelo, López et al. (2015) demuestran que en regiones del Altiplano Mexicano la reducción de los bosques y la disminución de la capacidad de captación del agua como bien y servicio ambiental son significativos, situación diferente a lo reportado para Progreso Hidalgo, donde los cambios de uso del suelo no afectan al recurso hídrico, sino todo lo contrario, hay incremento en la apertura de espacios para acondicionar cuerpos de agua y, por consiguiente, se favorece la capacidad de captación y recarga de acuíferos.

La situación geográfica de Progreso Hidalgo en el contexto regional y nacional, su proximidad con la capital del país, la importancia económica y la diversidad de recursos naturales, aún existentes, son factores que influyen en los procesos de cambio de uso del suelo, pues como lo señalan Lambin, Helmut, & Lepers (2003), las transiciones de cambios a corto plazo son causadas por factores internos y externos, como los fenómenos migratorios y las condiciones macroeconómicas.

Palacios y Escobar (2016) enfatizan que la agricultura en general y la agricultura de riego en

techniques, materials, tools and theoretical considerations can be useful for the analysis of land-use change at the regional level.

End of English version

References / Referencias

- Braimoh, A. K. (2006). "Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 113, Issues 1-4, pp. 254-263.
- Bocco, G., Urquijo, P., & Vieyra, A. (coord.) (2011). *Geografía y ambiente en América Latina*. CIGA, UNAM; INE-SEMARNAT. México. p. 355.
- Bocco, G., & Urquijo, P. (2013). "Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional". *Región y Sociedad*. Vol. 25, núm. 56, pp. 75-102.
- Camacho, J. M., Juan, J. I., Pineda, N. B., Cadena, E. G., & Bravo, L. C. (2015). "Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña". *Madera y Bosque*. Vol. 21, núm. 5, pp. 93-112.
- Camacho, J. M., Juan, J. I., Franco, R., Gutiérrez, J. G., Pineda, N. F., Campos, J., Antonio, X., & Balderas, M. A. (2011). "Procesos y cambios de ocupación del suelo en un espacio geográfico de México, 1976 y 1993". *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*. Vol. 2, núm. 2, pp. 61-67.
- Clout, H. D. (1976). *Geografía rural. Elementos de geografía*. Oikos – Tau, S. A. Ediciones. España. p. 362.
- Figuroa, M. L., Ibáñez, L. A., Arteaga, R., Arellano, J. L., & Vázquez, M. (2011). "Cambio de uso del suelo en la cuenca de San Cristóbal de Las Casas, México". *Agrociencia*. Núm. 45, pp. 531-544.
- Flores, L. J. C., Monterroso, O., & Ibrahim, M. (2003). "Factores económicos que afectan el uso de la tierra en el bosque seco tropical de Costa Rica: Una revisión de la teoría y estudio de caso". *Boletín Digital del Centro Virtual LEAD*. Vol. 3, núm. 2.
- Franco, S., Regil, H., González, C., & Nava, C. (2006). "Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México en el periodo 1972-2000". *Investigaciones Geográficas*.

particular, son actividades que han cambiado de modo significativo el paisaje de nuestro planeta y alterado muchos de los delicados ecosistemas. Es pertinente que las políticas ambientales mexicanas se enfoquen hacia el manejo sustentable de la agricultura para evitar y controlar los cambios de uso del suelo. En Progreso Hidalgo es urgente aplicar políticas para mantener los espacios ocupados con vegetación de selva baja caducifolia, esto en virtud de que registran tendencia hacia la pérdida. De continuar este comportamiento, antes del año 2020 el paisaje de Progreso Hidalgo será impactado significativamente.

Conclusiones

Los procesos de cambio de uso del suelo, transformación del paisaje, deterioro y desequilibrio ecológico están ocurriendo en todas las regiones rurales de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, por supuesto, con distinta intensidad, frecuencia y escala.

La apertura e incrementos de espacios agrícolas en áreas con vegetación nativa, la implementación de la agricultura comercial tecnificada y el manejo del agua, son los ejes rectores del proceso de cambio de uso del suelo y transformación del paisaje en Progreso Hidalgo, por lo que un reto importante que enfrentan las familias campesinas es la urgencia de una reglamentación local y regional para el manejo sustentable de los recursos naturales y uso del suelo, esto en virtud de que empresas transnacionales productoras de flores están comprando parcelas con potencial agrícola para producir en sistema de invernadero (agricultura comercial tecnificada), modalidad que provoca impacto ambiental y afecta los modos de producción campesina.

Entre la agricultura tradicional y la agricultura comercial tecnificada existen vínculos significativos, la primera produce alimentos para las familias campesinas, mientras la segunda produce para abastecer a los mercados regionales y nacionales. En Progreso Hidalgo, la subsistencia de las familias campesinas que producen en sistemas de invernadero depende de la producción de maíz, frijol, chile y calabaza, cultivos que se obtienen de la agricultura tradicional, pues de otra manera las familias no podrían subsistir con éxito en el contexto

- Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Núm. 61, pp. 38-57.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México. UNAM.
- García, G. B., B. Schmook, B., & Espejel, C. (2005). "Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo". *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Número 58, pp. 122-139.
- García, J. A., Gutiérrez, J. G., Juan, J. I., & Balderas, M. A. (2012). "Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el Altiplano Mexicano: el caso del río San José en el Estado de México". *Papeles de Geografía*. Núm. 55-56, pp. 63-73.
- George, P. (1974). *Geografía Rural*. Barcelona España. Ariel, p. 362.
- Gobierno del Estado de México. Dirección de Agricultura y Ganadería. (1958). *Catálogo. Los Ejidos del Estado de México*. México.
- Gómez, O. D. (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Ediciones Mundi-Prensa. España, p. 580.
- Gordillo, R., & Castillo, M. (2017). "Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México". *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Vol. 4, núm.10, pp. 39-49.
- Juan, J. I. (2013). "Análisis del cambio de uso del suelo en una región del Altiplano Mexicano, Retos e impactos: 1986-2011". *OIDLES* Vol. 7, núm. 13. <http://www.eumed.net/rev/oidles/13/cambio-uso-suelo.html>: fecha de consulta 25 de febrero 2017.
- Juan, J. I. (2014). "Uso y manejo de recursos naturales en los procesos agrícolas de una comunidad del subtrópico mexicano. Progreso Hidalgo, México". *Perspectivas Latinoamericanas*. Núm. 11. Centro de Estudios Latinoamericanos, Universidad Nanzan, Nagoya, Japón.
- Lambin, E. F. (1997). Modelling and monitoring land-cover changes processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*. Vol. 21, núm. 3, pp. 375-393.
- Lambin, E. F., Helmut G., & E. Lepers. (2003). "Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions". *Annual Reviews Environment Resource*. Vol. 28.
- López, V. H., Balderas, M. A., Chávez, M. C.; Juan de un sistema capitalista y globalizante que deteriora e impacta a los modos de producción campesina.
- El uso de herramientas de sistemas de información geográfica, teledetección, observación directa, registro de datos en campo y la participación efectiva de las familias campesinas, favorecieron el análisis de los procesos de cambio de uso del suelo a escala local, por lo que las interacciones de los métodos, técnicas, materiales, herramientas y fundamentos teóricos pueden ser útiles para el análisis del cambio de uso del suelo a nivel regional.

Fin de la versión en español

-
- J. I., & Gutiérrez, J. G. (2015). "Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano". *Ciencia Ergo Sum*. Vol. 22, núm. 2, julio-octubre, pp. 136-144.
- Müller, D., & Munroe, D. K. (2014). "Current and future challenges in land-use science". *Journal of Land Use Science*. 9, pp. 133-142.
- Palacios, O., & Escobar, B. S. (2016). "La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos". *Tecnología y ciencias del agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. Vol. 7, núm. 2, pp. 5-16.
- Pineda, J., Bosque, J., Gómez, M., & Plata, 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. Estado de México". *Investigaciones Geográficas*. UNAM. México. núm. 69, pp. 33-52.
- Ramírez, I., & Zubieta, R. (2005). Análisis regional y comparación metodológica del cambio en la cubierta forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Reporte técnico preparado para el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. México.
- Reboratti, C. (2011). Geografía y ambiente. En Bocco, G., Urquijo P., & Vieyra A. (coord.). En: *Geografía y ambiente en América Latina*. CIGA, UNAM; INE-Semarnat. México, p. 355.
- Seto, K. C., Reenberg, A., Boone, C., Fragkias, M.,

Haase, D., Langanke, T., Marcotullio, P., Munroe, D. K., Olah, B., & Simon, D. (2012). "Urban land teleconnections and sustainability". *Proceeding of the National Academy of Sciences* 109, pp. 7687-7692.

Secretaría de Programación y Presupuesto. (1981). *Síntesis Geográfica del Estado de México*. México.

Steward, J. (1972). *Theory of Culture Change*. The methodology of multilinear evolution. Illinois University Press. USA, p. 244.