

Changes in agricultural land use in Malinalco, State of Mexico, in the 1995-2022 period

Eufemio Gabino Nava Bernal^{1*}

Cecilia Cadena Inostroza²

Sergio Franco Maass¹

Rolando Endara Agramont¹

Abstract

The municipality of Malinalco has been characterized by its great diversity of agricultural landscapes. In this century, there have been important socioeconomic transformations that have caused both the loss of agricultural spaces and their productive transformation. For example, growing residential tourism and new trends in agricultural production have led to the loss or transformation of agricultural areas around the main population centers and to the disappearance of orchards. This research aimed to determine the changes in the agricultural land cover in the municipality of Malinalco that occurred between 1995 and 2022, as well as to explain these changes according to local producers' perceptions. A mixed methodological approach was used, based on cartographic analysis and the conduction and analysis of in-depth interviews. The stagnation of corn production in both irrigated and rainfed areas, the notable loss of home gardens, the incipient emergence of protected agriculture, and the substantial growth in avocado and mezcalero agave cultivation stand out among the main findings. The analysis of the compiled textual data reflects that, for agricultural producers, the transformations that are occurring in the area and at the productive level place them in conditions of social, economic and environmental fragility.

Keywords: Agricultural land use, change of land cover, Malinalco, avocado; mezcalero agave.

Los cambios en la ocupación del suelo agrícola en Malinalco, Estado de México, en el periodo 1995-2022

Resumen

Los territorios del actual municipio de Malinalco se han caracterizado por su gran diversidad de paisajes agrícolas. En el presente siglo, se han dado importantes transformaciones socioeconómicas que han impactado en la pérdida de espacios agrícolas o en su transformación productiva. Por ejemplo, el creciente turismo residencial y las nuevas tendencias de producción agrícola han provocado la pérdida o transformación de zonas agrícolas en torno a los principales centros de población y la desaparición de las huertas. El objetivo de la investigación fue determinar los cambios ocurridos en la ocupación del suelo agrícola en el municipio de Malinalco entre 1995 y 2022, así como explicar dichos cambios de acuerdo con la percepción de los productores locales. Se partió de un enfoque metodológico mixto, basado en el análisis cartográfico y en la aplicación y análisis de entrevistas a profundidad. Entre los principales hallazgos destacan el estancamiento de la producción de maíz tanto en zonas de riego como de temporal, la notable pérdida de los huertos familiares, la incipiente aparición de la agricultura protegida y el considerable crecimiento del cultivo de aguacate y agave mezcalero. El análisis de los datos textuales compilados refleja que, para los productores agrícolas, las transformaciones que están ocurriendo a nivel territorial y productivo los colocan en condiciones de fragilidad social, económica y ambiental.

Palabras clave: Uso del suelo agrícola, cambio de ocupación del suelo, Malinalco, aguacate, agave mezcalero.

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Carretera Toluca-Tlachaloya, km 4, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50295.

²El Colegio Mexiquense, A. C., Ex-hacienda Santa Cruz de los Patos s/n, Zinacantepec, México. C.P. 51350

*Corresponding author: gnavab@uaemex.mx Tel: 722 2965552, ORCID ID: 0000-0001-9329-2265

Introduction

The change in land cover and land use is a phenomenon involving multiple interactions with physical, social, economic, political and cultural factors. Its analysis implies a comprehensive understanding of the causes, effects, and processes that give rise to it, and for that, mixed methodologies are required that integrate quantitative (tele-detection) and qualitative data (social perception) (Pimienta & López, 2023). Land-cover changes are usually anthropogenic, impact ecosystems at the local, regional and global levels (Betru et al., 2019) and depend on direct human action at the local level, for example, changes in agricultural practices, overexploitation of forests, and development of infrastructures. Other indirect forces related to economic, cultural and demographic changes also have an impact (Chasia et al., 2023). All of them are dynamic processes that affect the sustainability of the area and express themselves as rapid soil erosion rates, loss of biodiversity and alterations of hydrological cycles.

According to Lambin et al. (2001), changes in land use and land cover depend on a complex set of factors that can change from one region to another and have diverse impacts, out of which deforestation stands out, as in the case of the deforestation and fragmentation processes of temperate forests in Michoacán, Mexico, that resulted from the increase in avocado demand (Denvir et al., 2022), as well as the erosion and degradation of soil as a result of changes in agriculture due to the cultivation of blue agave in the Sierra de Amula region, Jalisco, Mexico (Guevara-Gutiérrez et al., 2024).

In recent decades, the municipality of Malinalco has undergone important changes in land cover and land use as a result of modifications in economic and social structures in the region. Several authors have pointed out that the development of residential tourism has been a trigger for the conversion of agricultural areas (Guadarrama et al., 2020; Gutiérrez et al., 2018; Michua, 2022). This is viewed as a pernicious process that impacts the living conditions of the local population and induces the conversion of rural areas (Cortés et al., 2019; Gómez and Vargas, 2023; Chapulín et al., 2021), and it is claimed that residential tourism generates situations of conflict and contributes to the economic and commercial sectors

Introducción

El cambio de cobertura y uso del suelo es un fenómeno que involucra múltiples interacciones con factores físicos, sociales, económicos, políticos y culturales. Su estudio implica comprender de manera integral las causas, efectos y procesos que lo originan, y para ello, se requieren metodologías mixtas que integren datos cuantitativos (teledetección) y cualitativos (percepción social) (Pimienta & López, 2023). Los cambios de cobertura suelen ser de origen antrópico, generan impactos en los ecosistemas a nivel local, regional y global (Betru et al., 2019) y dependen de la acción humana directa a nivel local, como los cambios en la agricultura, la sobreexplotación forestal y el desarrollo de infraestructuras. También influyen fuerzas indirectas relacionadas con cambios económicos, culturales y demográficos (Chasia et al., 2023). Se trata de procesos dinámicos que afectan la sostenibilidad del territorio y se manifiestan en aceleradas tasas de erosión del suelo, pérdida de biodiversidad y alteración de los regímenes hidrológicos.

Según Lambin et al. (2001), los cambios de uso y cobertura del suelo dependen de un conjunto complejo de factores que pueden variar de una región a otra, teniendo diversos impactos, entre los que destacan la deforestación, como en el caso de los procesos de deforestación y fragmentación de bosques templados en Michoacán, México, como resultado del incremento en la demanda del cultivo de aguacate (Denvir et al., 2022); y la erosión y degradación del suelo a consecuencia de los cambios en la agricultura por el cultivo de agave azul en la región de la Sierra de Amula, Jalisco, México (Guevara-Gutiérrez et al., 2024).

En las últimas décadas, el municipio de Malinalco ha experimentado importantes cambios en la ocupación y uso del suelo como resultado de las modificaciones en la estructura económica y social de la región. Diversos autores han señalado que el desarrollo del turismo residencial ha sido un detonante para la reconversión de las zonas agrícolas (Guadarrama et al., 2020; Gutiérrez et al., 2018; Michua, 2022). Se habla de un proceso pernicioso que incide en las condiciones de vida de la población local y que induce la reconversión de las zonas rurales (Cortés et al., 2019; Gómez y Vargas, 2023; Chapulín et al., 2021), y se afirma que el turismo residencial genera situaciones de conflicto y contribuye a que el sector económico y comercial

exercising power and control over the peasant community (Colín, 2017, 2013; Chapulín, 2019). Likewise, it is argued that residential tourism generates greater consumption of natural resources, especially in the use of land, water and energy.

The increase in residential tourism does not entirely explain the changes in agriculture that have occurred in the municipality in recent decades. According to Fernández (2019), the municipality is made up of three major agricultural zones: the rainfed areas in the north and northwest; the poor quality hillside lands with some irrigated areas in the south and southeast; and the more fertile irrigated lands of the former hacienda of Jalmolonga in the south of the municipal seat. These zones form a mosaic of agricultural systems that are not necessarily linked to tourism activities in the municipal seat and its zone of influence.

There are several processes affecting agricultural systems that have not been sufficiently studied: the increasing concentration of land ownership, the increase in perennial fruit crops (mainly avocado), the emergence and intensification of agave cultivation for mezcal production, the adoption of protected agriculture (PA) production systems, and the increase in the cultivation of flowers (Arriaga & Vallejo, 2013; Vallejo, 2013). The aim of this study was to determine the changes that occurred in the use of agricultural land in the municipality of Malinalco between 1995, the reference time ten years before its designation as a *Pueblo Mágico* (Magic Town), and 2022, the year of the Agricultural Census, as well as to try to explain these changes according to local producers' perceptions.

Materials and methods

Study area

The municipality of Malinalco is located on the southwestern side of the State of Mexico, and has an average elevation of 1 750 meters above sea level. It is bordered to the north by the municipalities of Joquicingo and Ocuilan; to the south by the municipality of Zumpahuacan and the state of Morelos; to the east by the municipality of Ocuilan and the state of Morelos, and to the west by the municipalities of Tenancingo and Zumpahuacan (Figure 1).

The municipal area covers 21 487.3 hectares, of

ejerza el poder y control sobre la comunidad campesina (Colín, 2017, 2013; Chapulín, 2019). Asimismo, se argumenta que el turismo residencial genera un mayor consumo de recursos naturales, especialmente en el uso de tierra, agua y energía.

El incremento del turismo residencial no permite explicar plenamente los cambios en la agricultura que han ocurrido en el municipio en las últimas décadas. De acuerdo con Fernández (2019), el municipio se compone de tres grandes zonas agrícolas: las zonas de temporal del norte y noroeste; las tierras cerriles de mala calidad con algunas superficies de riego al sur y suroriental; y las tierras más fértiles de riego de la ex hacienda de Jalmolonga al sur de la cabecera municipal. Estas zonas conforman un mosaico de sistemas agrícolas que no necesariamente están vinculadas con las actividades turísticas en la cabecera municipal y su zona de influencia.

Existen diversos procesos que afectan los sistemas agrícolas y que no han sido suficientemente documentados: la creciente concentración de la propiedad de la tierra; el incremento de los cultivos perennes de frutales, principalmente de aguacate; la aparición e intensificación del cultivo de agave para la producción de mezcal; la adopción de sistemas de producción de Agricultura Protegida (AP); y el aumento en el cultivo de flores (Arriaga & Vallejo, 2013; Vallejo, 2013). El objetivo de la investigación fue determinar los cambios ocurridos en la ocupación del suelo agrícola en el municipio de Malinalco entre 1995, fecha de referencia diez años antes de la declaratoria de Pueblo Mágico, y 2022, fecha de realización del Censo Agropecuario, así como tratar de explicar dichos cambios de acuerdo con la percepción de los productores locales.

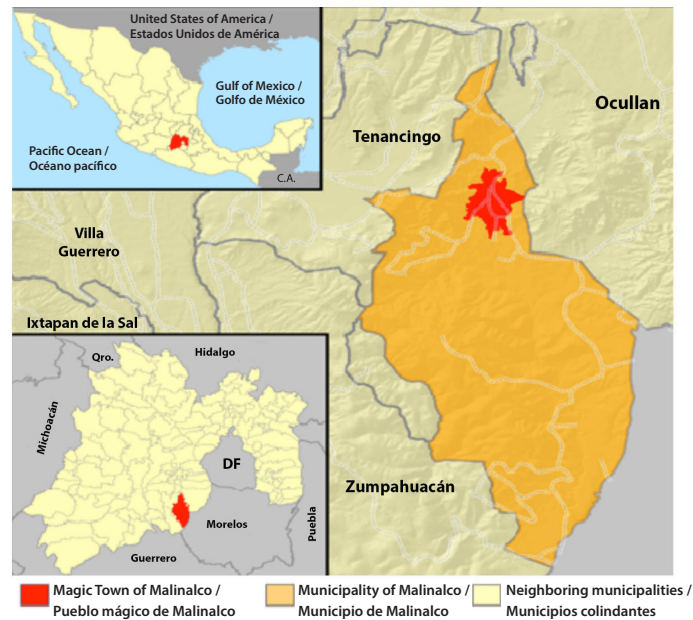
Materiales y métodos

El área de estudio

El municipio de Malinalco se localiza en la porción suroccidental del Estado de México y presenta una altitud promedio de 1 750 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Joquicingo y Ocuilan; al sur con el municipio de Zumpahuacán y el estado de Morelos; al este con el municipio de Ocuilan y el estado de Morelos y al oeste con los municipios de Tenancingo y Zumpahuacán (Figura 1).

El territorio municipal tiene una superficie de 21 487.3 hectáreas, de las cuales el 94.6 % es rural y

Figure 1. Location of the study area
Figura 1. Localización de la zona de estudio



Fuente: Escobedo et al. (2015)

Source: Escobedo et al. (2015)

which 94.6 % is rural and 27.5 % (5 922.4 ha) is used for farming (INEGI, 2022). The reported agricultural area totaled 3 588 ha, of which 1 888 ha (52 %) were used for annual crops and 1 369 ha (38 %) for perennial crops. In both cases, open field agriculture predominated, while the share of protected agriculture was marginal (less than 1 %).

Regarding irrigation, 716.6 ha (20 %) had irrigation systems, mainly by gravity (canals). Among the main rainfed crops, the most important was white grain corn, which covered 1 149.9 ha and produced 2 486.3 tons; as for perennial crops, the most important ones were mezcalero agave, with a production of 7 143.2 tons, and avocado, with a production of 2 474.4 tons. Table 1 shows a comparison of both crops as a part of state production.

Malinalco is characterized by the presence of a mountain range with flat peaks and a valley with gentle slopes, with elevations ranging between 1 000 and 2 600 meters above sea level. The predominant climate is semi-warm sub-humid with summer rains, being colder in the northern highlands and warmer in the south. The soils are predominantly sloping, stony and clayey (INEGI, 2010). The region belongs to the Grande de Amacuzac River basin (Balsas River hydrological region), and has perennial

el 27.5 % (5 922.4 ha) está destinado a uso o vocación agropecuaria (INEGI, 2022). La superficie agrícola reportada ascendía a 3 588 ha, de las cuales 1 888 ha (52 %) estaban dedicadas a cultivos anuales y 1 369 ha (38 %) a cultivos perennes. En ambos casos, prevalecía la agricultura a cielo abierto, mientras que la participación de la agricultura protegida era marginal (menor al 1 %).

En cuanto al riego, 716.6 ha (20 %) contaban con sistemas de riego, principalmente por gravedad o rodado (canales). Entre los principales cultivos de temporal, destacaba el maíz grano blanco, que abarcaba 1 149.9 ha y producía 2 486.3 toneladas. En cuanto a los cultivos perennes, sobresalían el agave mezcalero, con una producción de 7 143.2 toneladas, y el aguacate, con una producción de 2 474.4 toneladas. El Cuadro 1 presenta la comparación de ambos cultivos respecto a la producción estatal.

Malinalco se caracteriza por la presencia de la sierra de cumbres tendidas y el valle de laderas suaves, cuyas altitudes varían entre los 1 000 y 2 600 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, siendo más frío en las partes altas del norte y más cálido en el sur. Predominan los suelos con pendientes, pedregosos y arcillosos (INEGI, 2010). La región pertenece a la cuenca del río Grande de Amacuzac (Región

Table 1. Main perennial crops in the municipality of Malinalco as a share of state production.**Cuadro 1. Principales cultivos perenes del municipio de Malinalco en la producción estatal.**

Crop / Cultivo	Total area at state level / Superficie total a nivel estatal	Area at municipal level / Superficie a nivel municipal	Municipal share / Participación municipal	Area (in ha) at state level by plantation age / Superficie a nivel estatal de acuerdo con la edad de las plantaciones en ha				
	Ha	Ha	%	Up to five years / Hasta cinco años	From 6 to 10 years / De 6 a 10 años	From 11 to 15 years / De 11 a 15 años	From 16 to 20 years / De 16 a 20 años	More than 20 years / Más de 20 años
Agave	3 438	116	3.4	2 024	786	523	68	38
Avocado / Aguacate	9 195	398	4.3	4 733	2 104	1 114	528	716

Source: INEGI (2022) 2022 Agricultural Census.

Fuente: INEGI (2022) Censo Agropecuario 2022.

streams such as El Paraje, Tecomatlan, Tepolica, Chalma, Tlaxipehualco and San Miguel (Osorio, 2017).

In 2020, the municipality had 28 155 inhabitants, which represents an increase of 2 531 with respect to the previous census (INEGI, 2010). The Economically Active Population increased to 13 723 people, and the municipal seat concentrated 74 % of the urban population. There were 37 rural localities scattered throughout the territory. According to the 2022 Agricultural Census (INEGI, 2022), in that year there were 2 668 active agricultural production units in the municipality, which employed 11 835 day laborers, 97.2 % of whom were men.

Research design (methodology)

A mixed methodological approach divided into two main stages was used: first, data collection through remote sensing on land cover in the years 1995 and 2022; and second, the characterization of farmers' perceptions through in-depth interviews with key informants. Five key informants were selected in order to define the different possible scenarios and reveal the reality of farmers in relation to the social construction of the area.

Land-cover changes

The land cover maps of agricultural land of 1995 and 2022 were created through visual interpretation. For 1995, a collage of digital orthophotos was obtained, based on keys E14A58 (b, c, e and f), scale 1:20 000, and 2 meters of resolution provided by INEGI. The-

hidrológica del Balsas), y cuenta con corrientes perennes como El Paraje, Tecomatlán, Tepolica, Chalma, Tlaxipehualco y San Miguel (Osorio, 2017).

En 2020, la población del municipio era de 28 155 habitantes, lo que representa un aumento de 2 531 personas respecto al censo anterior (INEGI, 2010). La Población Económicamente Activa ascendía a 13 723 personas, y la cabecera municipal concentraba el 74 % de la población urbana. Existían 37 localidades rurales dispersas en el territorio. Según el Censo Agropecuario de 2022 (INEGI, 2022), en ese año había en el municipio 2 668 unidades de producción agropecuaria activas, las cuales daban empleo a 11 835 jornaleros, de los cuales el 97.2 % eran hombres.

Diseño de investigación (metodología)

Se utilizó un enfoque metodológico mixto dividido en dos grandes etapas: primero, la obtención de datos sobre la ocupación del suelo en los años 1995 y 2022 mediante teledetección; y segundo, la caracterización de la percepción de los productores a través de entrevistas a profundidad con informantes clave. Se seleccionaron cinco informantes clave con el fin de capturar los distintos escenarios posibles y revelar la realidad de los agricultores en relación con la construcción social del territorio.

Los cambios de ocupación del suelo

Se obtuvieron los mapas de ocupación del suelo agrícola de 1995 y 2022 mediante la interpretación visual. Para 1995 se obtuvo un mosaico de ortofotos digita-

se black-and-white orthophotos are in electronic format, with UTM projection and datum ITRF92, and were obtained from aerial photos taken in November of 1995. Source: <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>. The interpretation was made between May and June, 2022, through digitalization in a GIS environment, using knowledge of the area as reference information, as well as land use and vegetation map E14A58, scale 1:50,000, made by INEGI in 1976.

The land use cover of 2022 was obtained from high-resolution (5 m) satellite imagery from Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. The interpretation was performed through digitalization in a GIS interactive environment, using as reference information the 1995 map, knowledge of the area and the plotting of on-field observation points for resolving classification conflicts. The interpretation was made between August and September, 2022.

Finally, the map of land cover changes was obtained by means of cartographic overlaying in a GIS environment and the matrix of land cover changes was generated.

Qualitative analysis of the changes

Five semi-structured in-depth interviews were conducted, as well as at least 20 informal conversations and direct observation. The interviews were with producers representing the main types of agriculture conducted in the municipality: rainfed agriculture, irrigation agriculture, protected agriculture, home gardens, fruit orchards, and avocado and mezcalero agave plantations. The data were analyzed through content review (audio data transcriptions, listening of recordings, and reading and re-reading of data), so the main analytical ideas related to the changes perceived in the agricultural systems were obtained with the Atlas.Ti (License Ti R-C0C-C9C-FEF-5E8-14E-BC6) software. This allowed us to have a critical analysis about what was done, how it was done and its influence on the research (Cano, 2020). The interviews yielded a set of detailed and systematic data that allowed us to identify potentially interesting or significant segments about the stated objective. For this purpose, we conducted a codification of diffe-

les, claves E14A58 (b, c, e y f), escala 1:20 000, con resolución de 2 metros proporcionadas por INEGI. Dichas ortofotos en blanco y negro se encuentran en formato electrónico, proyección UTM, datum ITRF92 y fueron obtenidas a partir de fotografías aéreas tomadas en noviembre de 1995. Fuente: <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>. La interpretación se realizó entre mayo y junio de 2022, mediante la digitalización en ambiente de SIG, utilizando como información de referencia el conocimiento de la zona y la cartografía de uso del suelo y vegetación E14A58, escala 1:50,000, elaborada por INEGI en 1976.

La cobertura del suelo de 2022 se obtuvo a partir de la imagen satelital de alta resolución (5 m), fuente: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. La interpretación se realizó mediante la digitalización en ambiente interactivo de SIG, utilizando como información de referencia el mapa de 1995, el conocimiento de la zona y el levantamiento de puntos de observación en campo para la resolución de conflictos de clasificación. La interpretación se realizó entre agosto y septiembre de 2022.

Finalmente se obtuvo el mapa de cambios de ocupación mediante la sobreposición cartográfica en ambiente SIG y se generó la matriz de cambios de ocupación

Análisis cualitativo de los cambios

Se aplicaron cinco entrevistas semi estructuradas a profundidad, así como al menos 20 conversaciones informales y observación directa. Las entrevistas estuvieron dirigidas a productores representativos de los principales tipos de agricultura que se practican en el municipio: agricultura de temporal; agricultura de riego; agricultura protegida; huertos familiares; huertos de frutales; aguacate y agave mezcalero. Los datos fueron analizados a través de la revisión del contenido (transcripciones de datos de audio, escucha de grabaciones y lectura y relectura de los datos), de tal manera que se obtuvieron las principales ideas analíticas de la relación con los cambios percibidos en los sistemas agrícolas, utilizando para ello el programa Atlas.Ti (Licencia Ti R-C0C-C9C-FEF-5E8-14E-BC6). Esto permitió a los autores una reflexión crítica acerca de lo que se hizo, como se hizo y la influencia sobre la investigación (Cano, 2020). Las entrevistas proporcionaron un con-

rent aspects that would provide a thorough analytic vision of the agricultural systems and their transformation in the territory (Braun & Clarke, 2022). The codification is presented in [Table 2](#).

Results and discussion

Agricultural land cover in the municipality of Malinalco, in 1995 and 2022

Agricultural land cover maps were obtained for the years 1995 and 2022 with a high thematic resolution and a high level of detail since the Minimum Mapping Unit was 100 m² ([Figures 2 and 3](#)).

We identified 12 land use categories, 8 out of which are related to agricultural activities: irrigated agriculture, rainfed agriculture, idle agricultural plots, avocado orchards, mezcalero agave plantations, fruit orchards, home gardens and protected agriculture. The other types of land cover included temperate forests and tropical dry deciduous forests, hillside vegetation, other uses and human settlements (which included both urban and rural zones, as well as empty lots within population centers).

junto de datos detallados y sistemáticos que permitieron identificar segmentos potencialmente interesantes o significativos sobre el objetivo planteado, para lo cual se llevó a cabo la codificación de distintos aspectos que proporcionaran una visión analítica exhaustiva de los sistemas agrícolas y de su transformación en el territorio (Braun & Clarke, 2022). La codificación se presenta en el Cuadro 2.

Resultados y discusión

La ocupación del suelo agrícola en el municipio de Malinalco en 1995 y 2022

Se obtuvieron los mapas de ocupación del suelo agrícola para los años 1995 y 2022 con una alta resolución temática y un nivel de detalle elevado dado que la Unidad Mínima Cartografiada fue de 100 m² (Figuras 2 y 3).

Se identificaron 12 categorías de ocupación del suelo, de las cuales 8 están relacionadas con la actividad agrícola: agricultura de riego, agricultura de temporal, terrenos agrícolas ociosos, huertas de aguacate, plantaciones de agave mezcalero, frutales,

Table 2. Codification of the qualitative analysis of the interviewees.

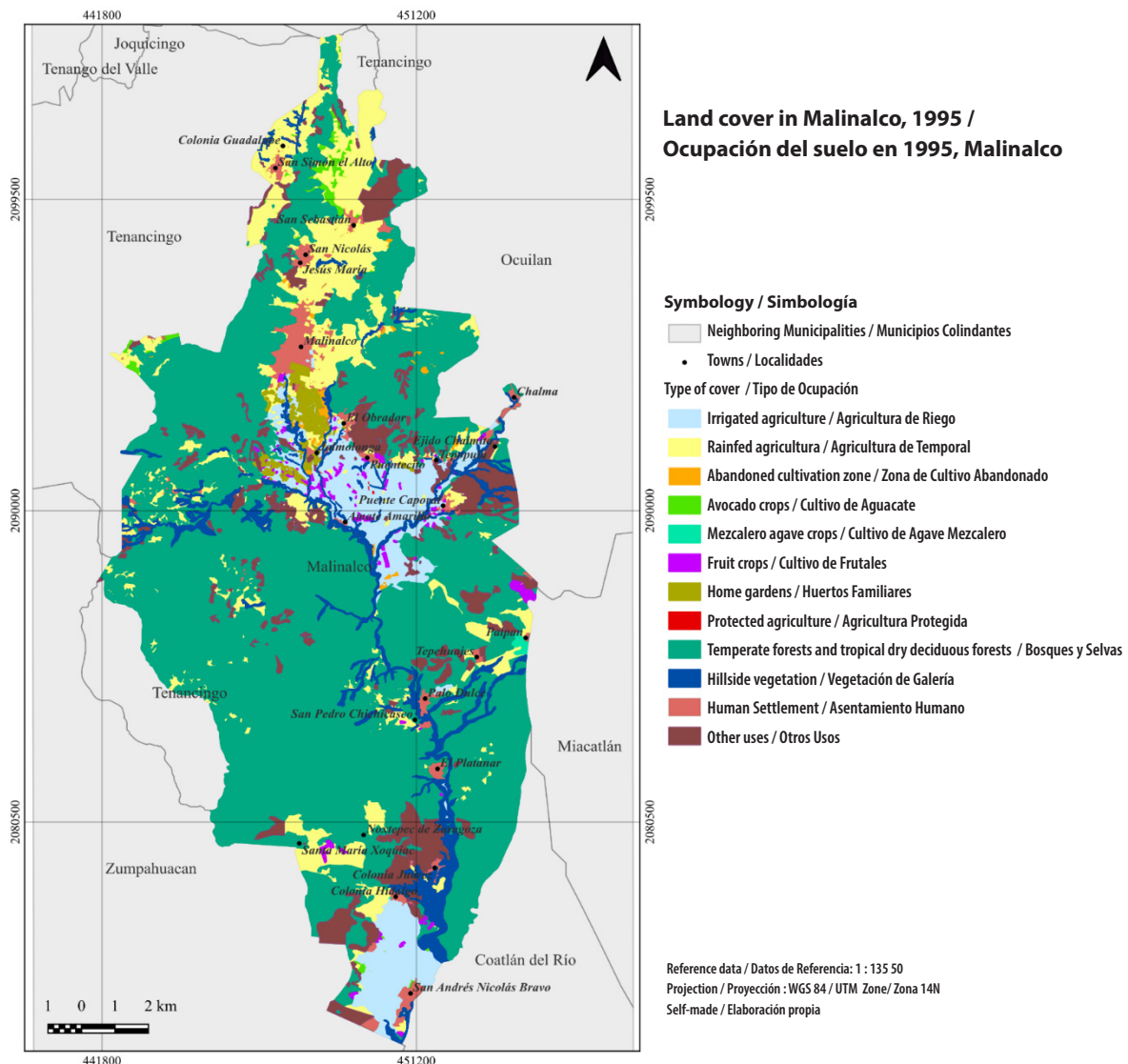
Cuadro 2. Codificación del análisis cualitativo de los entrevistados.

Code / Código	Description / Descripción
Area / Territorio	Aspects related to belonging and time spent living in the community, identification of land uses, access points and sites of major importance. / Aspectos relacionados con la pertenencia y el tiempo de vivir en la comunidad, identificación de usos de la tierra, puntos de acceso y sitios de mayor importancia.
Quality / Calidad	Quality of the area's environment, soils, crops and production / Calidad ambiental del lugar, de los suelos, de los cultivos y de la producción.
Fragility / Fragilidad	Negative implications for the area and for agricultural production in terms of soil, environment, social and economic situation, identification of degraded zones and negative changes in the landscape. / Implicaciones negativas para el territorio y para la producción agrícola en términos del suelo, medio ambiente, situación social y económica, identificación de zonas degradadas y cambios negativos en el paisaje.
Transformation / Transformación	Agricultural situation in different temporalities, consequences of the identified changes, what has caused these changes, and the vision for the future. / Situación agrícola en diferentes temporalidades, consecuencias de los cambios identificados, que ha originado estos cambios, y la visión a futuro.
Organization / Organización	Relationships of the producer with the family unit and the community. / Las relaciones del productor con la unidad familiar y la comunidad.
Appraisal / Aprecio	Tangible and intangible well-being produced by the place where they live. / Bienestar tangible e intangible que produce el lugar donde vive.
Infrastructure / Infraestructura	Access to local and regional markets, services and natural resources for agricultural production. / Acceso a mercados locales y regionales, servicios y recursos naturales para la producción agrícola.

Source: Self-made

Fuente: Elaboración propia

Figure 2. Land cover in Malinalco, 1995
Figura 2. Ocupación del suelo en 1995, Malinalco



Fuente: Elaboración propia con base en interpretación visual de ortoimagen escala 1:20,000 de INEGI

Source: Self-made based on INEGI's 1:20,000 orthoimage visual interpretation.

Changes in agricultural land cover between 1995 and 2022

The cartographic overlaying allowed us to identify the zones where changes occurred in the studied period (Figure 4).

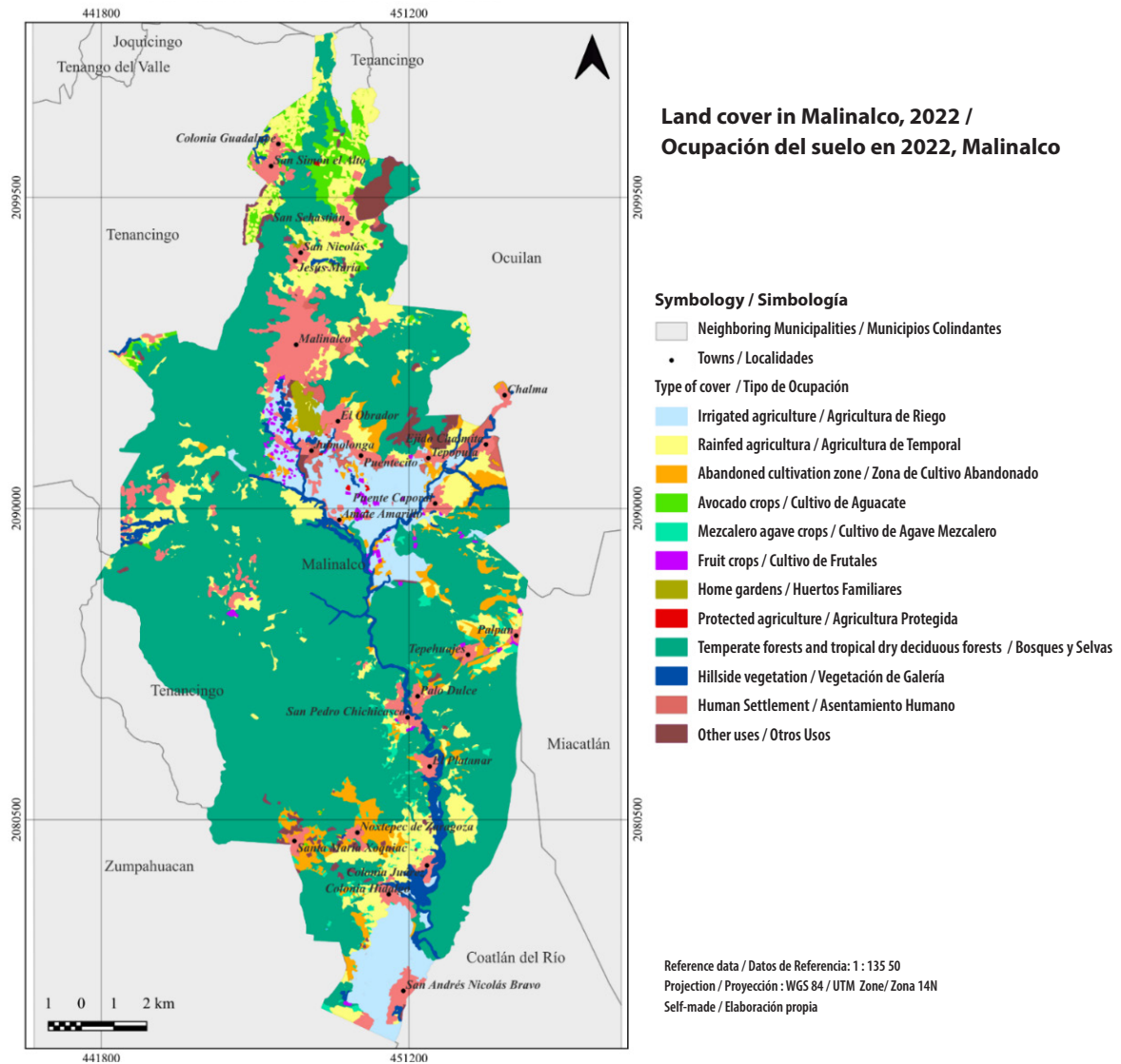
The main changes were observed in 27.5 % of the municipal area, especially in the north, due to the expansion of avocado production, the growth in human settlements in the Malinalco-Chalma corridor, and the increase in residential tourism. In the south, changes were related to abandonment of agricultural land and the expansion of mezcalero agave.

huertos familiares y agricultura protegida. En cuanto a otros tipos de ocupación del suelo, se incluyeron bosques y selvas, vegetación de galería, otros usos y asentamientos humanos (que comprenden tanto zonas urbanas y rurales como terrenos baldíos en los núcleos de población).

Los cambios en la ocupación del suelo agrícola entre 1995 y 2022

La sobreposición cartográfica permitió obtener la distribución de las zonas donde ocurrió algún cambio durante el periodo (Figura 4).

Figure 3. Land cover in Malinalco, 2022.
Figura 3. Ocupación del suelo en 2022, Malinalco



Source: Self-made based on visual interpretation of high resolution (5 m) satellite imagery. Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Fuente: Elaboración propia con base en interpretación visual de la imagen satelital de alta resolución (5 m), Fuente: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

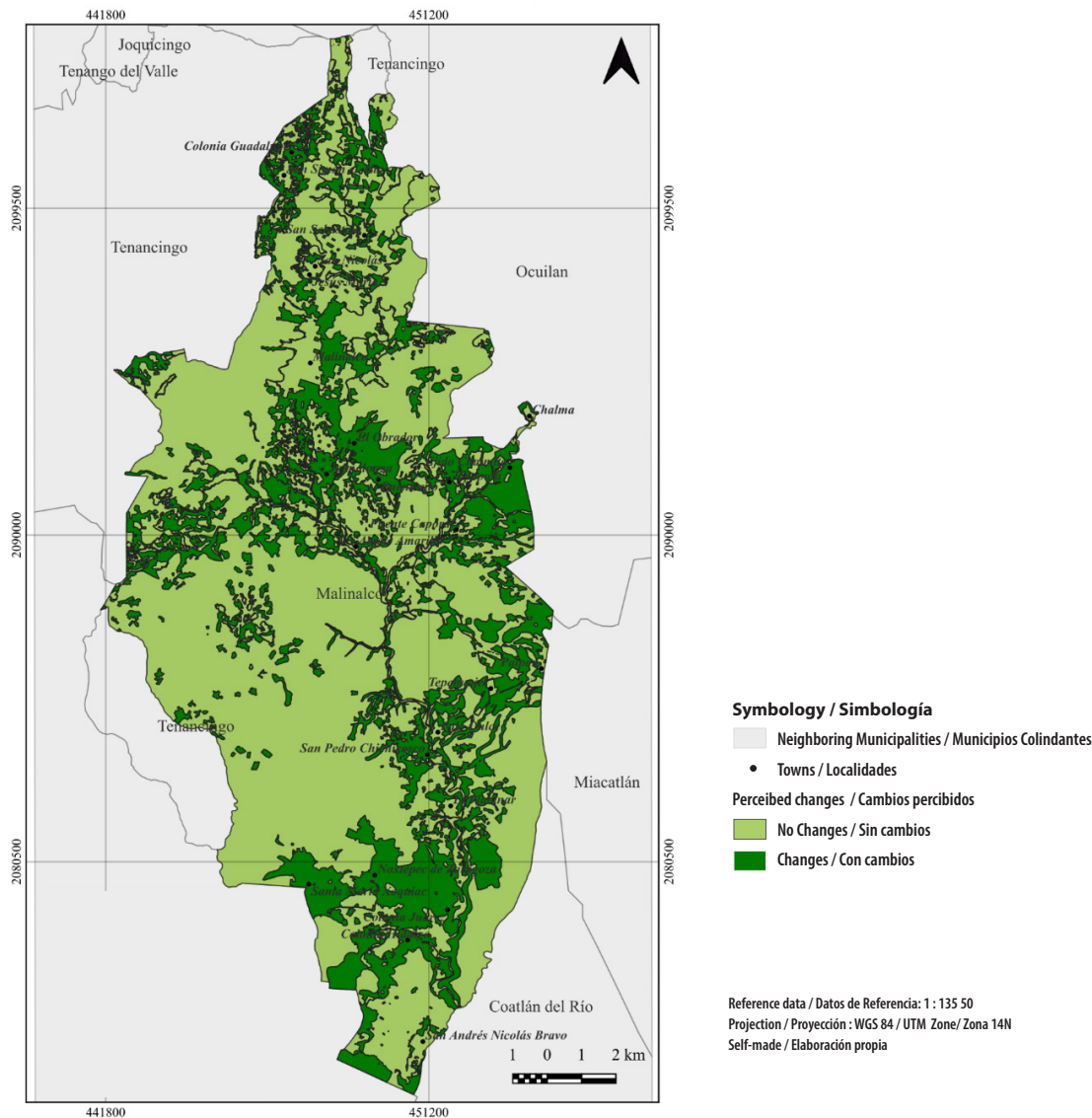
Table 3 presents the changes that took place in the municipality, confirming that there has been a territorial reconfiguration based on agricultural production activities, which configure the area construct, as mentioned by Brookfield (1984). On the other hand, Table 4 presents changes in area by cover type.

The analysis of Tables 3 and 4 allows us to draw important conclusions about land-cover changes. The area assigned to avocado cultivation increased

Los principales cambios se observaron en el 27.5 % de la superficie municipal, especialmente al norte, debido a la expansión de la producción de aguacate, el crecimiento de los asentamientos humanos en el corredor Malinalco-Chalma y el incremento del turismo residencial. Hacia el sur los cambios se relacionaron con el abandono de tierras agrícolas y la expansión del cultivo de agave mezcalero.

El Cuadro 3 muestra los cambios ocurridos en el municipio, lo cual permite corroborar que ha habi-

Figure 4. Land cover transition zones; Malinalco, 1995-2022.
Figura 4. Zonas de cambio en la ocupación del suelo 1995-2022, Malinalco.



Source: Self-made

Fuente: Elaboración propia

by 397.9 %, reaching 554.8 hectares; 68.9 % of this change occurred on rainfed agricultural land. This coincides with the findings of Sáenz-Ceja & Pérez-Salicrup (2021), who stated that more than 80 % of new avocado plantations are established on agricultural land.

Agave-producing areas also experienced a significant 380.5 % increase, mainly due to replacing forest areas (54.7 %) and rainfed crops (21.6 %).

do una reestructuración territorial basada en actividades productivas agrícolas, las cuales configuran el constructo del territorio, como menciona Brookfield (1984). Por su parte, el Cuadro 4 resume los cambios de superficie según el tipo de cobertura.

El análisis de los Cuadros 3 y 4 permiten obtener conclusiones importantes sobre los cambios en la cobertura del suelo. La superficie destinada al cultivo de aguacate se incrementó en un 397.9 %, alcanzando las

Table 3. Matrix of cover changes 1995-2022.
Cuadro 3. Matriz de cambios de ocupación 1995-2022.

		2022											
		Avocado orchards / Huertas de Aguacate	Protected agriculture / Agricultura Protegida	Agave plantations / Plantaciones de Agave	Irrigated agriculture / Agricultura de Riego	Rainfed agriculture / Agricultura de Temporal	Idle agricultural land / Tierras Agrícolas Ociosas	Fruit trees / Frutales	Temperate forests and tropical dry deciduous forests Woods and wet forests / Bosques y selvas	Home gardens / Huertos Familiares	Human settlements / Asentamientos humanos	Other uses / Otros usos	1995 totals in ha / Totales en 1995 en ha
1 9 9 5	Avocado orchards / Huertas de Aguacate	112.0	1.9	0.6	5.8	14.7	4.5	0.0	7.7	0.0	5.8	3.9	156.9
	Protected agriculture / Agricultura Protegida	0.0	2.1	0.0	1.5	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
	Agave plantations / Plantaciones de Agave	0.0	0.0	9.6	0.0	6.1	2.0	2.7	0.2	0.0	4.9	0.0	25.5
	Irrigated agriculture / Agricultura de Riego	0.6	21.6	5.6	1 370.8	46.4	43.7	32.0	23.0	2.5	133.0	19.2	1698.4
	Rainfed agriculture / Agricultura de Temporal	382.2	2.5	87.8	51.1	1 409.0	205.5	6.7	286.5	3.6	216.9	19.7	2671.5
	Idle agricultural land / Tierras Agrícolas Ociosas	0.5	0.1	1.3	18.4	13.4	8.0	0.4	7.8	1.6	11.8	7.2	70.5
	Fruit trees / Frutales	0.0	0.7	2.1	40.8	8.3	18.0	6.6	32.0	0.1	16.2	5.6	130.4
	Temperate forests and tropical dry deciduous forests / Bosques y selvas	35.1	0.6	222.1	48.1	599.2	396.8	10.7	11794.2	0.0	177.6	78.0	13362.4
	Home gardens / Huertos Familiares	0.0	0.4	0.9	25.5	3.8	6.4	1.2	20.1	67.4	50.3	14.1	190.1
	Human settlements / Asentamientos humanos	2.9	0.9	1.1	7.9	44.4	6.1	0.5	18.5	9.4	596.7	5.4	693.8
	Other uses / Otros usos	21.6	1.8	74.9	106.6	593.4	199.7	5.7	876.7	1.3	121.0	480.7	2483.5
2022 totals in ha. / Totales en el 2022 en ha.		554.8	32.6	406.0	1676.5	2738.8	890.7	67.2	13066.7	85.9	1334.3	633.8	21487.3

Source: Self-made

Fuente: Elaboración propia

The area of human settlements increased by 640.5 %, to the detriment of rainfed agricultural areas (16.3 %), irrigated areas (10.0 %) and forests and woods (13.3 %). Both rainfed and irrigated agriculture maintained approximately the same area, but not their spatial distribution, since 17.6 % of the land in rainfed areas became avocado and agave crops, which coincides with Terrones et al. (2020) and Szasz (1987), who point out that tradi-

554.8 hectáreas; el 68.9 % de este cambio ocurrió sobre tierras agrícolas de temporal. Esto coincide con los hallazgos de Sáenz-Ceja & Pérez-Salicip (2021), quienes señalaron que más del 80 % de las nuevas plantaciones de aguacate se establecen en tierras agrícolas.

Las áreas productoras de agave también experimentaron un aumento significativo, del 380.5 %, ocupando principalmente terrenos forestales (54.7 %) y cultivos de temporal (21.6 %).

Table 4. Area change by type of cover in hectares
Cuadro 4. Cambio de superficie por tipo de cobertura en hectáreas

Type of cover / Tipo de cobertura	1995	2022	Increase / Incremento
Idle agricultural land / Tierras Agrícolas Ociosas	70.5	890.7	820.2
Human settlements / Asentamientos humanos	693.8	1 334.3	640.5
Avocado / Aguacate	156.9	554.8	397.9
Agave	25.5	406.0	380.5
Rainfed agriculture / Agricultura de Temporal	2 671.5	2 738.8	67.3
Protected agriculture / Agricultura Protegida	4.4	32.6	28.2
Type of cover / Tipo de Ocupación	1995	2022	Decrease / Decremento
Other uses / Otros usos	2 483.5	633.8	-1 849.6
Forest / Forestal	13 362.4	13 066.7	-295.7
Orchard / Huerto	190.1	85.9	-104.2
Fruit / Frutal	130.4	67.2	-63.2
Irrigated / Riego	1 698.4	1 676.5	-22.0
Total area in ha / Área total en ha	21 487.3	21 487.3	0.0

Source: Self-made

Fuente: Elaboración propia

tional crops tend to change to crops with higher economic remuneration.

Human settlement growth and residential tourism

Between 2010 and 2020, the population of the municipality increased by 9.9 %, which partly explains the growth of the population centers, particularly the municipal seat, but also, as pointed out by various authors, there has been an increase in residential tourism that has occupied empty spaces in the urban fabric, extending towards surrounding rural areas (Osorio, 2017; Cortés et al., 2019; Chapulín et al., 2021) (Figure 5).

Table 5 shows the spatial characteristics of properties used for residential tourism.

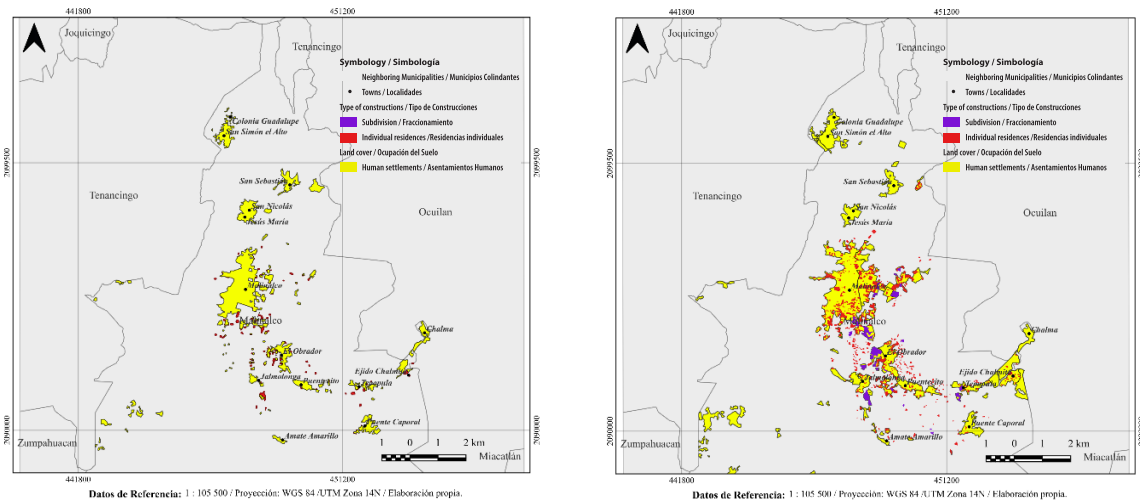
We identified two types of properties: landscaped residences and country subdivisions. In both cases there was a significant increase of 376 %. The average size of the residential plots decreased, whereas the average areas of the country subdivisions increased. The most affected covers were rainfed and irrigated agricultural areas, and, to a lesser extent,

La superficie de los asentamientos humanos se incrementó un 640.5 %, esto en detrimento de zonas agrícolas de temporal (16.3 %), las zonas de riego (10.0 %) y los bosques y selvas (13.3 %). La agricultura de temporal como la de riego mantuvieron aproximadamente la misma superficie, no así su distribución espacial, ya que 17.6 % de las tierras de las zonas temporales pasaron a ser cultivos de aguacate y agave, lo que coincide con Terrones et al. (2020) y Szasz (1987), quienes mencionan que los cultivos tradicionales tienden a reconvertirse en cultivos con mayor remuneración económica.

El crecimiento de los asentamientos y el turismo residencial

Entre 2010 y 2020, la población del municipio se incrementó un 9.9 %, lo que explica en parte el crecimiento de los centros poblados, particularmente de la cabecera municipal, pero también, como lo señalan diversos autores, ha ocurrido un incremento del turismo residencial que ha ocupado los espacios vacíos del tejido urbano, extendiéndose hacia las zo-

Figure 5. Zones used for residential tourism, 1995-2022.
Figura 5. Zonas ocupadas por el turismo residencial, 1995-2022.



Source. Self-made based on INEGI's 1:20,000 orthoimage visual interpretation, and visual interpretation of high resolution (5 m) satellite imagery.

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Fuente. Elaboración propia con base en interpretación visual de ortoimagen escala 1:20,000 e interpretación visual de la imagen satelital de alta resolución (5 m), Fuente: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Table 5. Characteristics of the residential tourism lots.

Cuadro 5. Características de los predios de turismo residencial.

Type / Tipo	Total lots / Total de predios			Total area in ha / Superficie total en ha			Average area in m ² / Superficie media en m ²		
	1995	2022	Inc.	1995	2022	Inc.	1995	2022	Increase
Residential lots / Predios residenciales	204	942	738	52.3	209.3	157.0	2 564.3	2 226.7	-337.6
Housing developments / Fraccionamientos	19	27	8	17.9	54.7	36.9	9 403.5	20 276.6	10 873.1

Source: Self-made.

Fuente: Elaboración propia

forest, rainforest and home garden areas. Gómez & Vargas (2023) state that residential tourism depletes natural resources, and its development affects the adaptability and resilience of the agricultural production systems.

Development of agave mezcalero cultivation

The increase in demand for mezcal in recent years has led to an increase in its production for domestic and international marketing (Lucio, 2022; González et al., 2023). According to the 2022 Agricultural Census (INEGI, 2022) (Table 1), the municipal area devoted to this crop was 116 ha; however, the area estimated by visual interpretation reached 406 ha. In

nas rurales de la periferia (Osorio, 2017; Cortés et al., 2019; Chapulín et al., 2021) (Figura 5).

El Cuadro 5 permite observar las características espaciales de los predios destinados al turismo residencial.

Se distinguen dos tipos de propiedad: residencias ajardinadas y fraccionamientos campestres. En ambos casos, hubo un incremento significativo del 376 %. Mientras que el tamaño promedio de los predios residenciales disminuyó, la superficie media de los fraccionamientos campestres aumentó. Las principales coberturas afectadas fueron los terrenos agrícolas de temporal y de riego, y, en menor medida, las zonas de bosques y selvas y los huertos familia-

2022, agave cultivation was mainly in the mountains south of the municipality (Figure 6). Lucio (2022: 25) notes that agave production is fostering the emergence of “green deserts... monoculture zones where large quantities of industrial agents are used, particularly herbicides, insecticides and fungicides, whose impact has not been accurately assessed.” Sánchez & León (2023) report that agave cultivation entails a series of historical modifications around its use and social organization, leading to transformations in cultural landscapes and loss of biodiversity.

This type of crop has replaced rainfed corn and has led to the clearing of 222 ha of lowland rainforest. Its expansion on forested slopes is causing the degradation of soils susceptible to water and wind erosion (Lucio, 2022). This situation coincides with

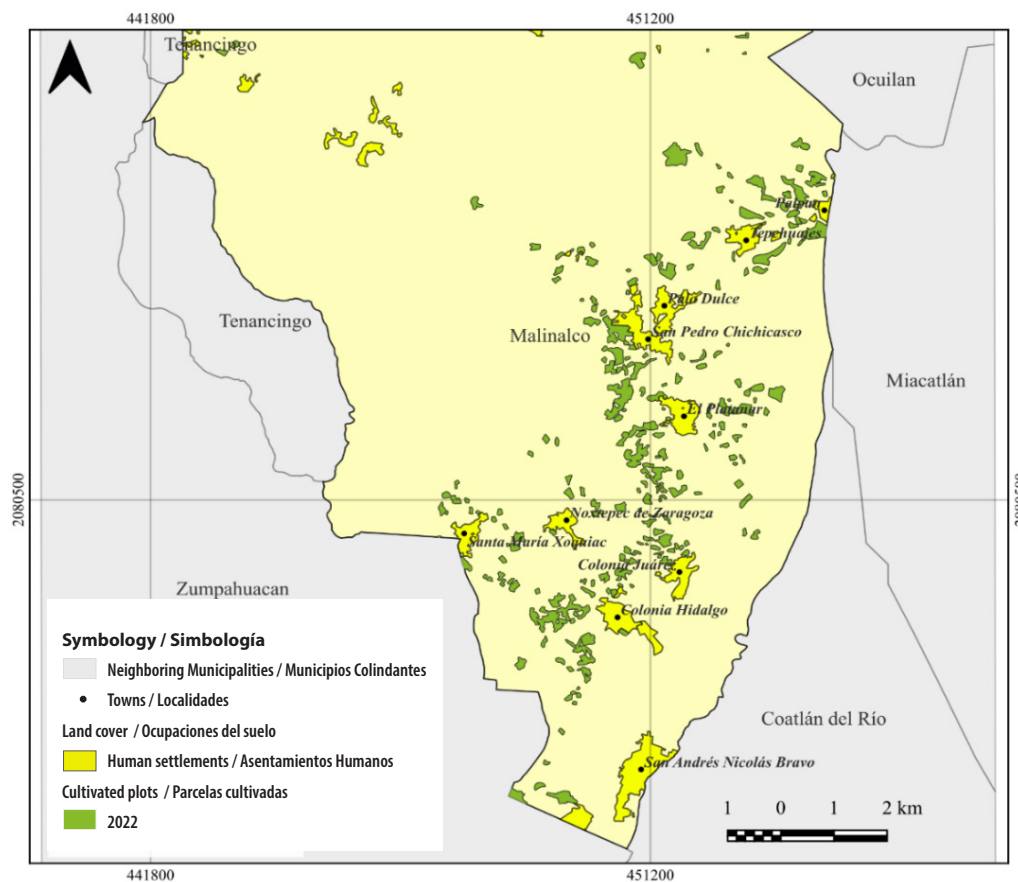
res. Gómez & Vargas (2023) afirman que el turismo residencial es un consumidor de recursos naturales, y su dinámica afecta la adaptabilidad y la capacidad de resiliencia de los sistemas de producción agrícola.

El desarrollo del cultivo de agave mezcalero

El aumento en la demanda de mezcal en los últimos años provocó un incremento en su producción con miras a la comercialización nacional e internacional (Lucio, 2022; González et al., 2023). Según el Censo Agropecuario 2022 (INEGI, 2022) (Cuadro 1), la superficie municipal destinada a este cultivo era de 116 ha; sin embargo, la superficie estimada mediante interpretación visual alcanzó las 406 ha. En 2022, el cultivo de agave se realizaba principalmente en las montañas al sur del municipio (Figura 6). Lucio (2022: 25)

Figure 6. Zones used for agave cultivation in 2022, Malinalco.

Figura 6. Zonas destinadas al cultivo de Agave en 2022, Malinalco.



Source. Self-made based on visual interpretation of high resolution (5 m) satellite imagery. Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Fuente: Elaboración propia con base en interpretación visual de la imagen satelital de alta resolución (5 m), Fuente: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

the analysis of García et al. (2005), who show that the deterioration and retreat of the forests in the state of Guerrero is due to the presence of local economies that transform the valuation of the territory, substituting traditional crops for more profitable agricultural activities.

The increase in avocado production

In 2022, avocado production accounted for 4.3 % of state production (Table 1), and the area cultivated in the municipality increased by 398.1 ha (Table 3). This growth is consistent with the age of plantations statewide, which are less than 20 years old. According to Cruz et al. (2022), between 1995 and 2020, both avocado production and consumption at the national level had continuous growth. The producing region is concentrated in the northern part of the municipality, on hillsides and higher parts of the highlands, where deeper soils and a temperate climate are found (Figure 7).

According to local producers, the avocado crop replaced the maguey pulquero plantations, which were not very profitable, as well as peach (native and prisco), which, although it generated good profits, only produced once a year and required replacement every 7 years. Initially, thin-skinned native avocado (*Persea americana* var. *Drymifolia*) and smooth-skinned avocado (*Persea americana* var. *Fuerte*, a Mexican-Guatemalan hybrid race) were grown. Although some *Fuerte* avocado orchards still exist, Hass avocado (*Persea americana* var. *Hass*) has prevailed due to its longer storage time. These changes in production are the result of transformations in local economies, as suggested by Vargas (2019), indicating that intensive food production can adopt diverse forms of organization under different conditions and economic decisions within production units.

The social construction of the area

The reflexive approach to field data processing started with familiarization, the information and creation of a word cloud as a visual representation, highlighting the most interesting aspects of the textual data gathered. This cloud allowed us to communicate relevant elements of what informants think about each category, represented by a set of words

señala que la producción de agave está fomentando la aparición de “desiertos verdes... zonas de monocultivo donde se utilizan grandes cantidades de agentes industriales, particularmente herbicidas, insecticidas y fungicidas, cuyo impacto no se ha valorado con exactitud”. Sánchez & León (2023) informan que el cultivo de agave conlleva una serie de modificaciones históricas en torno a su aprovechamiento y organización social, lo que lleva a transformaciones en los paisajes culturales y a la pérdida de biodiversidad.

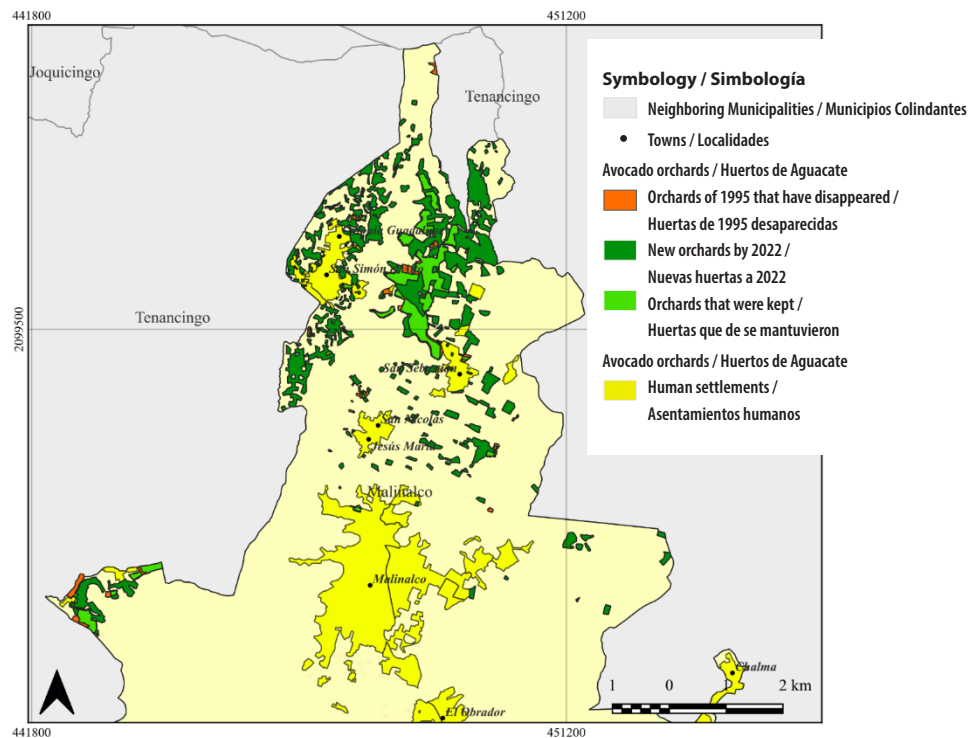
Este tipo de cultivo ha reemplazado al cultivo de maíz de temporal y ha llevado al desmonte de 222 ha de selvas bajas. Su expansión sobre las laderas de vocación forestal está provocando la degradación de suelos susceptibles a la erosión hídrica y eólica (Lucio, 2022). Esta situación coincide con el análisis de García et al. (2005), que muestran que el deterioro y retroceso de las selvas en el estado de Guerrero se debe a la presencia de economías locales que transforman la valoración del territorio, sustituyendo los cultivos tradicionales por actividades agropecuarias más rentables.

El incremento de la producción aguacatera

En 2022, la producción de aguacate representaba el 4.3 % de la producción estatal (Cuadro 1), y la superficie cultivada en el municipio aumentó en 398.1 ha (Cuadro 3). Este crecimiento es coherente con la edad de las plantaciones a nivel estatal, que tienen menos de 20 años. Según Cruz et al. (2022), entre 1995 y 2020, tanto la producción como el consumo de aguacate a nivel nacional mostraron un crecimiento continuo. La región productora se concentra en el norte del municipio, en las laderas y partes altas de la serranía, donde se encuentran suelos más profundos y un clima templado (Figura 7).

De acuerdo con los productores locales, el cultivo de aguacate sustituyó los plantíos de maguey pulquero, que resultaban poco rentables, así como de durazno (criollo y prisco), que, aunque generaba buenas utilidades, solo producía una vez al año y requería reemplazo cada 7 años. Inicialmente se cultivaba aguacate criollo de cáscara delgada (*Persea americana* var. *Drymifolia*) y aguacate fuerte de cáscara lisa (*Persea americana* var. *Fuerte*, raza híbrido mexicano-guatemalteco). Aunque todavía existen algunas huertas de aguacate fuerte, el cultivo de aguacate Hass (*Persea*

Figure 7. Location of avocado orchards in 1995-2022, Malinalco.
Figura 7. Distribución de huertas de aguacate en 1995-2022, Malinalco.



Source. Self-made based on visual interpretation of high resolution (5 m) satellite imagery. Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Fuente: Elaboración propia con base en interpretación visual de la imagen satelital de alta resolución (5 m), Fuente: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

having similarities. The compiled responses provided an exploration of the most relevant aspects through word frequencies under the established categories, leaving out meaningless words (Rojas et al., 2022). The perception of the key informants was classified into established categories such as area, fragility, transformation, quality, organization and infrastructure. As a result, a word cloud was generated with the highest percentage reflecting the ideas extracted from the interviews (Figure 8).

For the informants, the area has a fundamentally regional connotation, referring to specific areas such as the avocado or mezcal zone, the corn valley or the irrigation zone. It is a space to which they belong and which they hold in high esteem. They perceive themselves as independent holders and producers, with little or no organization for production and no affiliation to any producer organization. They work their land in a traditional way, with little or no infrastruc-

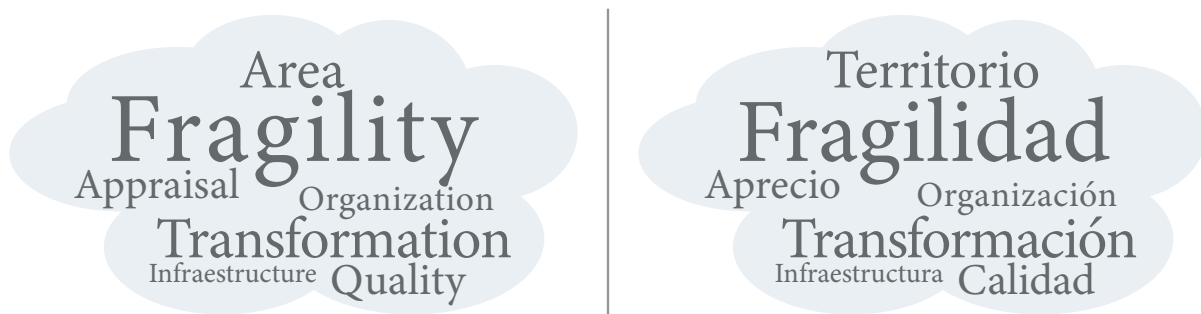
americana var. Hass) ha prevalecido debido a su mayor tiempo de almacenamiento. Estos cambios en la producción son el resultado de transformaciones en las economías locales, tal como sugiere Vargas (2019), indicando que la producción intensiva de alimentos puede adoptar diversas formas de organización bajo diferentes condiciones y decisiones económicas dentro de las unidades de producción.

La construcción social de territorio

El enfoque reflexivo del procesamiento de datos de campo comenzó con la familiarización, la información y la creación de una nube de palabras como representación visual, que resalta los aspectos más interesantes de los datos textuales recopilados. Esta nube permitió expresar los elementos relevantes de lo que los informantes opinan sobre cada categoría, representada por un conjunto de palabras con similitud. Las respuestas compiladas proporciona-

Figure 8. Words with the highest percentages

Figura 8. Palabras con mayor carga porcentual



Source: Self-made.

Fuente: Elaboración propia.

ture. They acknowledge that transformation processes are undergoing in the municipality's agricultural activities, which entail a problem related to the conservation of resources and the peasant way of life.

The fundamental element of this transformation process is the fragility of the production systems, which is perceived in various ways:

One can see the fragility of agricultural soils subject to inadequate management, overexploitation, erosion and pollution. One can identify environmental fragility, which is a product of deforestation, loss of natural ecosystems, excessive use of agro-chemical products, and water pollution. The productive systems are fragile because they face serious insecurity problems, high production costs, lack of distribution chains, and coyotaje (abusive intermediaries). In particular, corn production is severely affected by low grain prices and high agricultural input costs. The social fragility of the production systems expresses itself in the loss of traditional knowledge, aging of peasants and the lack of interest among youth since they don't want work on farms anymore, which has led to the abandonment of agricultural land and emigration. Finally, the fragility expresses itself in terms of territory since various regions of the municipality are characterized by forming a mosaic of idle land and low productivity agricultural land, which leads to changes in land use and privatization processes (summary of the perception of key informants in the municipality).

ron una exploración de los aspectos más relevantes a través de frecuencias de palabras bajo las categorías establecidas, descartando palabras vacías o sin contenido (Rojas et al., 2022). La percepción de los informantes clave se dirigió en función de categorías establecidas, tales como territorio, fragilidad, transformación, calidad, organización e infraestructura. Como resultado, se generó una nube de palabras con mayor carga porcentual que refleja las ideas extraídas de las entrevistas (Figura 8).

Para los informantes, el territorio tiene una connotación fundamentalmente regional, refiriéndose a las áreas específicas como la zona aguacatera o mezcalera, el valle maicero o la zona de riego. Se trata de un espacio al que pertenecen y al que guardan un gran aprecio. Se perciben a sí mismos como poseedores y productores independientes, con poca o ninguna organización para la producción y sin afiliación a alguna organización de productores. Trabajan su tierra de forma tradicional, con infraestructura muy escasa o nula. Reconocen que están ocurriendo procesos de transformación en las actividades agrícolas del municipio, lo cual conlleva una problemática relacionada con la conservación de los recursos y los modos de vida campesina.

El acento fundamental de dicho proceso de transformación radica en la fragilidad de los sistemas de producción que se percibe de diversas formas:

Se identifica la fragilidad de los suelos agrícolas sujetos al mal manejo, la sobreexplotación, la erosión y la

The research shows that the productive systems that are gaining the most importance in the region are the mezcalero agave and avocado plantations. González et al. (2023) emphasize that agave production in the municipality has a certain resilience based on two fundamental aspects: the reactivation of agricultural land and pluriactivity, since this crop requires little maintenance. However, this same crop is perceived as fragile due to the proliferation of pests, erosion and soil degradation, as stated by Guevara-Gutiérrez et al. (2024). In addition, producers face great uncertainty due to fluctuations in demand, which is consistent with Lira et al. (2022).

Regarding avocado production, the main concern is the impact on the surrounding native forests. This coincides with Sáenz-Ceja & Pérez-Salicrup (2021), who indicate that the conversion of traditional farmland to avocado cultivation has caused significant environmental impacts, such as a decrease in the stability of hillsides, the spread of contaminants and their impact on local fauna, excessive water consumption and the modification of the regional hydrological system.

On the other hand, there are three productive systems within the area of influence of the municipal seat: the rainfed agricultural zones in the valley with slopes facing east; the southern zone of the valley, which includes irrigated and protected agriculture zones; and the zone of home gardens in the conurbation zone. Tourism researchers point out that the main fragility of the region is the aggressive process of land appropriation for residential tourism by some groups of wealthy people, structured by an elite ideology, who take advantage of low land prices and a lack of regulations that together result in the most vulnerable population being pushed out of the area, thus generating a process of spatial segregation (Gómez & Vargas, 2023). However, evidence from the interviews shows that the situation is much more complex.

Although the area of irrigated land has been maintained, there have been important productive changes, such as the loss of traditional crops like rice, the abandonment of fruit orchards and milpa (which includes several varieties of beans, corn, squash, chilacayote, purslane and quintoniles), the adoption of intensive monoculture such as sugarcane, and the

contaminación. Se reconoce la fragilidad medioambiental, producto de la deforestación, la pérdida de los ecosistemas naturales, el uso excesivo de agroquímicos y la contaminación del agua. Los sistemas productivos son frágiles porque enfrentan serios problemas de inseguridad, altos costos de producción, falta de cadenas de distribución y coyotaje y en particular la producción de maíz se ve seriamente afectada por los bajos precios del grano y la carestía de los insumos agrícolas. La fragilidad social de los sistemas de producción se expresa por la pérdida del conocimiento tradicional, el envejecimiento de la población campesina y la falta de interés de los jóvenes que ya no quieren trabajar en el campo, lo que ha conducido al abandono de las tierras agrícolas y la emigración. Finalmente, la fragilidad se expresa en términos territoriales ya que diversas regiones del municipio se caracterizan por ser un mosaico de tierras ociosas y tierras agrícolas de baja productividad lo que propicia cambios en el uso del suelo y procesos de privatización (resumen de la percepción de los informantes clave en el municipio).

La investigación demostró que los sistemas productivos que están ganando mayor relevancia en la región son el cultivo del agave mezcalero y el aguacate. González et al. (2023) destacan que la producción de agave en el municipio muestra cierta resiliencia basada en dos aspectos fundamentales: la reactivación de superficies agrícolas y la pluriactividad, ya que los sembradíos requieren poco mantenimiento. Sin embargo, esta producción se percibe frágil debido a la proliferación de plagas, la erosión y la degradación del suelo, tal como señalan Guevara-Gutiérrez et al. (2024). Además, los productores enfrentan una gran incertidumbre por las fluctuaciones en la demanda, lo cual concuerda con lo indicado por Lira et al. (2022).

En cuanto a la producción de aguacate, la principal preocupación radica en la afectación que se ejerce sobre los bosques nativos circundantes. Esto coincide con lo señalado por Sáenz-Ceja & Pérez-Salicrup (2021), quienes indican que la conversión de tierras tradicionales de cultivo, hacia el cultivo de aguacate, ha provocado impactos ambientales importantes, tales como la disminución en la estabilidad de laderas, la difusión de contaminantes y su impacto en la

introduction of protected agriculture. There is a clear trend towards an increase in the construction of micro tunnels and larger cover crops dedicated to vegetable cultivation, mainly cucumber and tomato, as well as flowers (perception of key informant 1). Their presence in irrigated areas is transforming the regional agricultural landscape. Although these high quality and water-abundant lands are being abandoned due to the aging of the peasant population and land grabbing, the most valuable agricultural lands in the municipality are being urbanized, partly due to the incursion of residential tourism and also due to the growing local population that is subdividing and reconvertig their plots of land into housing.

Home gardens constitute an invaluable heritage of regional ethnobotany, but they have practically disappeared. Several decades ago, they had sentimental value and profitable production (perception of key informant 2). All the gardens included black and white sapote, huaje, seven varieties of banana, mamey, jocote, sour orange, four varieties of avocado and coffee, among others. However, these gardens were abandoned and sold due to the high maintenance costs and the lack of interest of the owners, who see no economic use for them. If they are kept, it is for sentimental reasons, knowing that their heirs will probably sell them.

Conclusions

The evidence presented shows that traditional agricultural production systems in the region are subject to increasing appropriation by farmers. Social and economic changes have resulted in a spatial and temporal transformation of the area, generating a context of fragility, even in the most economically successful production systems. Avocado and mezcalero agave producers have managed to increase their productivity to offset rising input costs, and while prices of agricultural products have decreased, they are not exempt from fragility.

The new configuration of the area implies that: (a) the rainfed areas in the northwest, formerly devoted to corn production, are being used for avocado cultivation, extending towards the northern peaks and connecting with the extensive avocado orchards of Tenancingo; (b) the poor quality hill lands in the south and southeast, formerly devoted to rainfed

fauna local, el consumo excesivo de agua y la modificación del sistema hidrológico regional.

Por otro lado, existen tres sistemas productivos dentro de la zona de influencia de la cabecera municipal: las zonas agrícolas de temporal en el valle de laderas tendidas al oriente; la zona sur del valle, que incluye las zonas de regadío y agricultura protegida; y la zona de huertos familiares en la zona conurbada. Los investigadores turísticos señalan que la principal fragilidad de la región es el proceso agresivo de apropiación del suelo para el turismo residencial por parte de algunos grupos de personas acaudaladas, estructurados por una ideología de élite, que se aprovechan de los bajos precios de la tierra y la falta de normatividad para expulsar a la población más vulnerable, generando así un proceso de segregación espacial (Gómez & Vargas, 2023). Sin embargo, la evidencia de las entrevistas muestra que la situación es mucho más compleja.

Aunque la superficie de tierras de regadío se ha mantenido, se han producido cambios productivos importantes, tales como la pérdida de cultivos tradicionales como el arroz, el abandono de huertas de frutales y la milpa (que incluye diversas variedades de frijol, maíz, calabaza, chilacayote, verdolagas y quintoniles), la adopción del monocultivo intensivo como la caña de azúcar y la introducción de la agricultura protegida. Existe una clara tendencia hacia el incremento en la construcción de micro túneles y tapados de mayores dimensiones dedicados al cultivo de hortalizas, principalmente pepino, jitomate y flores (Percepción del informante clave 1). Su presencia en las zonas de regadío está transformando el paisaje agrícola regional. Aunque estas tierras de alta calidad y abundante agua están siendo abandonadas debido al envejecimiento de la población campesina y al acaparamiento de tierras, las tierras agrícolas más valiosas del municipio se están urbanizando, en parte por la incursión del turismo residencial y también por la creciente población local que está lotificando y reconvirtiendo sus parcelas en viviendas.

Las huertas familiares constituyen un patrimonio invaluable de la etnobotánica regional, pero prácticamente han desaparecido. Hace varias décadas, tenían un valor sentimental y una producción rentable (Percepción del informante clave 2). Todas las huertas incluían zapote negro y blanco, huaje, siete va-

corn, are being used for mezcalero agave cultivation; and c) the more fertile and irrigated valley lands in the center and south of the municipality, formerly very productive in rice and sugar cane, now form a complex agricultural mosaic with a strong presence of human settlements.

The producers' perceptions indicate a clear fragility of the area in the face of the new transformation processes, with the common denominator being the lack of organization among farmers. This lack of organization prevents them from mitigating low agricultural productivity in irrigated or rainfed lands, obtaining fairer prices for products such as avocados, confronting intermediaries and modernizing mezcal production processes with a view to certification.

The impact of residential tourism is mainly found around the Magical Town of Malinalco. Rather than being a cause of the abandonment and sale of rainfed agricultural land and home gardens, it is perceived as an inevitable consequence of the development and transformation dynamics of the area.

End of English version

References / Referencias

- Arriaga, O.J.L. & Vallejo, L.V.L. (2013). Implicaciones socio-ambientales por la adopción de una agricultura alternativa en el ejido de Jalmolonga, Malinalco Estado de México. En: Conde Flores, A.; Ortiz Báez, P.A.; Delgado Rodríguez, A. & Gómez Rábago, F. (Coords). *Naturaleza-Sociedad: Reflexiones desde la complejidad*. Universidad Autónoma de Tlaxcala: 106-129.
- Betru, T., Tolera, M., Sahle, K., & Kassa, H. (2019). Trends and drivers of land use/land cover change in Western Ethiopia. *Applied Geography*, 104, 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.007>
- Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis. A practical guide*. SAGE, London.
- Brookfield, H. (1984). Intensification Revisited. *Pacific Viewpoint* 25, 15 - 44.
- Cano, M. J. J. (2020). Imaginarios sociales y las 'nubes de palabras'. Elementos clave en la construcción de redes grupales de aprendizaje. *CITAS*, 6(1). <https://doi.org/10.15332/24224529.6355>
- Chapulín, C. J. de V. (2019). Pueblos mágicos y turismo, desde la teoría crítica y de género. El caso de Malinalco, Estado de México. Tesis

riedades de plátano, mamey, jocote, naranjo agrio, cuatro variedades de aguacate, café, entre otros. Sin embargo, estas huertas fueron abandonadas y vendidas debido a los altos costos de mantenimiento y la falta de interés de los propietarios, que no les ven utilidad económica. Si llegan a conservarse, es por razones sentimentales, sabiendo que sus herederos probablemente las venderán.

Conclusiones

La evidencia presentada muestra que los sistemas tradicionales de producción agrícola en la región están sujetos a una apropiación creciente por parte de los agricultores. Los cambios sociales y económicos han provocado una transformación espacial y temporal del territorio, generando un escenario de fragilidad, incluso en los sistemas de producción más exitosos económicamente. Los productores de aguacate y agave mezcalero han logrado incrementar su productividad para contrarrestar el aumento de los costos de insumos, mientras que los precios de los productos agrícolas han disminuido, pero no están exentos de fragilidad.

La nueva configuración del territorio implica que: a) las zonas de temporal del noroeste, anteriormente dedicadas a la producción de maíz, se están destinando al cultivo de aguacate, extendiéndose hacia las cumbres del norte y conectándose con los extensos aguacatales de Tenancingo; b) las tierras cerriles de mala calidad al sur y suroriente, antes dedicadas al maíz de temporal, se están destinando al cultivo de agave mezcalero; y c) las tierras de valles tendidos, más fértiles y de riego del centro y sur del municipio, anteriormente muy productivas en arroz y caña de azúcar, ahora conforman un mosaico agrícola complejo con una fuerte presencia de asentamientos humanos.

La percepción de los productores indica una clara fragilidad del territorio ante los nuevos procesos de transformación, siendo el denominador común la falta de organización de los campesinos. Esta falta de organización les impide mitigar la baja productividad agrícola en tierras de riego o temporal, obtener precios más justos para productos como el aguacate, enfrentar a los intermediarios y modernizar los procesos de producción mezcalera con miras a su certificación.

- de Maestría en Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Chapulín, J. de V., Zapata, M. E., Ayala, C. M. del R., Pérez, H. L. M., & Gutiérrez, V. V. (2021). Turismo, ¿opción de desarrollo? Un análisis desde la experiencia de Malinalco, Estado de México. *Ra Ximhai* 17(3), 19-46.
- Chasia S., Olang L.O., & Sitoki L. (2023) Modelling of land-use/cover change trajectories in a transboundary catchment of the Sio-Malaba-Malakisi Region in East Africa using the CLUE-s model. *Ecological Modelling*. 476, February 2023, 110256. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110256>
- Colín, M. I. (2013). Sociogénesis del conflicto: una interpretación desde la tradición oral y el imaginario turístico en la comunidad de Malinalco, Estado de México. *Espacios Públicos* 16(37), 93-112.
- Colín, M. I. (2017). Imaginario social y turismo: la emergencia de una tensión entre el poblador y el visitante en la comunidad de Malinalco. *Contextualizaciones latinoamericanas* 9 (16), 1-10.
- Cortés, S. I. Y., Osorio, G. M., Nieto, H. R., González, G. G., Munguía Reyes, M. M., & Regil García, H. H. (2019). La localización de las segundas residencias turísticas. Caso de estudio: Malinalco, México. *Aportes y transferencias*. 17(2), 9-17.
- Cruz, L. D. F., Caamal, C. I., Pat-Fernández, V. G., & Reza-Salgado, J. (2022). Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13 (2), 355-362. doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2885
- Denvir, A., Arima, Y. E., González-Rodríguez, A., & Young, R. K. (2022). Ecological and human dimensions of avocado expansion in México: Towards supply-chain sustainability. *Ambio*. 51, 152-166.
- Escobedo, I. V. A., Osorio, G. M., Cortés, S.I., & López, L. Á. (2015). El turismo residencial en Malinalco. Un destino rural del interior de México. *Teoría y Praxis*. 17, 37-70.
- Fernández, P. A. M. (2019). Dinámicas espaciales, sociales y culturales: el turismo en Malinalco (México). *Revista Turydes: Turismo y Desarrollo* 12 (27). En línea: <https://www.eumed.net/rev/turydes/27/turismo-malinalco.html>
- García, R. A., Mendoza, R. K. I., & Galicia, S. L. (2005). Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México. *Investigaciones Geográficas*. 56, 77-100.
- Guadarrama, N. M., Chávez, M. C. M., Rubí, M. A., & White, L. O. (2020). La diversidad biocultural de frutales en huertos familiares de San Andrés Nicolás Bravo, Malinalco, México. *Sociedad y Ambiente* 22, marzo-junio 2020: 237-264. [doi: 10.31840/sya.vi22.2107](https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2107)
- Gutiérrez, J. G. C., Juan, J. I. P., Chávez, M. C. M., & Villarreal, E. H. (2018). Análisis Espacial de la Distribución Biogeográfica, de Árboles y Arbustos Medicinales en el Valle de Malinalco, México. En Olmos Cruz, A., Carreto Bernal, F., Reyes Torres, C., Pérez Alcántara, B.D. *Tendencias y retos de la geografía en América Latina en el siglo XXI: Una perspectiva desde el VII CGAL*. UAEMex: 36-61.
- Guevara-Gutiérrez, R. D., Palomera-García, C., Olguín-López, J. L., Mancilla-Villa, O. R., Rosales-Almendra, M. P., & Barreto-García, O. A. (2024). Effect of Blue Agave (*Agave tequilana* Weber) Management on Soil Erosion. *Air, Soil and Water Research*. 17, 1-10 [doi:10.1177/11786221241236632](https://doi.org/10.1177/11786221241236632)
- González, V. S. E., Tapia, G. L. A., Martínez, G. G. A., & Toledo, L. A. (2023). Resiliencia agrícola en los pequeños productores de agave en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 14(2), 197-209. doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3055
- Gómez, B. L. B., & Vargas, M. E. E. (2023). Transformaciones ambientales derivadas del metabolismo turístico residencial en Malinalco, Estado de México. *Turismo* 25(1), 94-110.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010: Malinalco. Aguascalientes. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Aguascalientes. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Censo Agropecuario 2022. Aguascalientes. INEGI.
- Lambin, F. E., Turner, B. L., Helmut, J., Geist, B. S., Agbola, A. A., Bruce, W. J., Coomes, T. O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li X., Moran, F. M., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards F. J., Skånes, H., ... & Jianchu, X. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11 (4), 261-269, [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3).
- Lira, M. G., Davidson-Hunt, I. J., & Robson, J. P. (2022). Artisanal Products and Land-Use Land-Cover Change in Indigenous Communities: The Case of Mezcal Production in Oaxaca, Mexico. *Land*, 11, 387. <https://doi.org/10.3390/land11030387>

Fin de la versión en español

- Lucio, L. C. F. (2022). Los destilados de agave en México: Una exploración desde la economía ecológica radical. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 35 (3), 21-38.
- Michua, M. H. (2022). Recursos forestales para la elaboración de artesanías en la comunidad de Malinalco, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Osorio, G. M. (2017). El turismo residencial en Malinalco, Estado de México. Análisis crítico desde la posmodernidad. En Osorio y Bringas (Coords.) *El turismo residencial en México*. Comportamientos socio-espaciales, El Colegio de la Frontera Norte: 117-180.
- Pimienta L. R., & López E. M. G. (2023). El cambio de cobertura y uso del terreno desde el enfoque de la metodología mixta: una revisión de la literatura. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. IV, 2, p 4495. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.915>
- Rojas, R. E., Espinoza, O. A., Thomé, O. H., & Cuffia, F. (2022). More than words! A Narrative review of the use of the projective technique of Word Association in the studies of food consumer behavior: methodological and theoretical implications, *Food Research International*. 156,111-124.
- Sáenz-Ceja, J. E., & Pérez-Salicrup, D. R. (2021). Avocado Cover Expansion in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Central Mexico. *Conservation*, 1, 299–310. <https://doi.org/10.3390/conservation1040023>
- Sánchez, J. E., & León, R. G. I. (2023). El sistema de producción agave-mezcal en la región Tierra Caliente de México. Un estudio desde los sistemas complejos. En: Mercado Salgado P. y Herrera Tapia F. (Coords). *Agave y Mezcal entre la tradición y la denominación de origen*. IICA, México.
- Szasz P. I. (1987). Notas para una historia social de la población en la zona de Malinalco, México, 1987 (fotocopia).
- Terrones C. A., Martínez, D. M. Á., & Sánchez, T. Y. (2020). Análisis dual del comportamiento del sector primario en México 1980-2020. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11 (5), 1179-1187.
- Vallejo L. V. L. (2013). Implicaciones socio-ambientales por la reconversión productiva agrícola basada en la agricultura protegida. Estudio de caso: Ejido de Jalmolonga en Malinalco, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vargas, R. J. C. (2019). Economía e intensificación agrícola: variabilidad en trayectorias de cambio agrícola en la América Prehispánica. *Revista jangwa Pana*. 18 (2), 232-248.