

Typology of agroforestry systems in the municipality of Calpan, Puebla, Mexico

Ana Karen Reyes Reyes
Primo Sánchez Morales*

Abstract

The typification of agroecosystems is considered a useful tool for the design of more efficient research and technology transfer programs for agricultural production. The objective was to construct a typology of agroforestry systems in the municipality of Calpan, Puebla. The sample size was 80 production units. Information was obtained from four areas: social, economic, production unit and agricultural practices. The data were examined by cluster analysis, obtaining three groups ($P < 0.05$). The variables that showed significant differences were: number of people working, area, rotation, main fruit tree species, total number of fruit tree species, why they have fruit tree species, type of traction and origin of labor. Group I consisted of 30 Agroforestry Systems (AFS), with tejocote as the main fruit tree species and an average area of 1.7 ha. Group II with 41 AFS has capulín as the main fruit tree species and an average area of 1.0 ha. The third group (9 AFS) has peach as the most important fruit tree and an average area of 0.9 ha, being the most vulnerable in terms of agrodiversity. The differences found between each group should be considered when planning or implementing any program or project.

Keywords: Fruit trees, biodiversity, maize, classification, peasant agroecosystems.

Tipología de los sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla, México

Resumen

La tipificación de agroecosistemas es contemplada como una herramienta de utilidad para el diseño de programas de investigación y transferencia de tecnología para la producción agrícola más eficiente. El objetivo fue construir una tipología de sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla. El tamaño de muestra fue de 80 unidades de producción. Se obtuvo información de cuatro áreas: social, económica, unidad de producción y prácticas agrícolas. Los datos se examinaron mediante análisis de conglomerados, obteniendo tres grupos ($P < 0.05$). Las variables que mostraron diferencias significativas fueron: número de personas que trabajan, superficie, rotación, frutal principal, total de especies frutales, por qué tienen especies frutales, tipo de tracción y procedencia de mano de obra. El grupo I se conformó por 30 Sistemas Agroforestales (SAF) tienen como frutal principal el tejocote y una superficie promedio de 1.7 ha. El grupo II con 41 SAF, tiene al capulín como principal especie frutal y una superficie media de 1.0 ha. El tercer grupo (9 SAF) presenta al durazno como frutal principal, y una superficie promedio de 0.9 ha, siendo el más vulnerable en su agrodiversidad. Las diferencias encontradas entre cada grupo deben ser consideradas al momento de planear o implementar algún programa o proyecto.

Palabras clave: Árboles frutales, biodiversidad, maíz, clasificación, agroecosistemas campesinos.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio VAL 1, km 1.7 carretera San Baltazar Tetela, Puebla, México.

*Corresponding author: primo.sanchez@correo.buap.mx Tel: 222 2295500 ORCID ID: 0000-0002-5222-6349

Introduction

Rural development involves understanding a number of factors and their various relationships in order to determine the ways in which it can be approached; however, there is a general limitation facing any plan or project that seeks this type of development, and that is that there is no knowledge of the variety of agroecosystems that can be found in a region (Merma & Julca, 2012).

Any area where a project is to be implemented will present a degree of heterogeneity. This is due to a set of ecological conditions, economic and sociocultural aspects, availability of production factors and the influence of macro conditions, such as market specialization and access to services and infrastructure necessary for production (Espinosa et al., 2016).

Having knowledge about the types and characteristics of the different agroecosystems within a delimited area will allow us to understand the dynamics of production, its composition and the social factors involved in decisions (Tuesta et al., 2014).

The typification and grouping of production systems or producers is seen as a useful tool for the design of more efficient research and technology transfer programs for agricultural production; in addition, knowledge of the variety of agroecosystems will allow the formulation of relevant diagnostic strategies for observing the conditions of producers and their production systems (Głębocki et al., 2019).

In Mexico, there is a need to typify or characterize agroecosystems in order to have an overview of the technological level of the resources available for productive diversity and thus be able to offer proposals in line with the needs of farmers (Arce et al., 2020).

In this sense, the systems of interest for this study are Agroforestry Systems (AFS), particularly those in which maize is the main crop in association with fruit tree species.

A particularity of AFS is that they combine forestry activities with agriculture or livestock, with the aim of producing food, without giving up the environmental services that trees provide (Sánchez et al., 2013).

AFS can be defined as a set of silvicultural techniques that meet the needs of producers through the diversity of products and services they generate. These techniques encourage the natural regeneration capacity of different species and the resources on which

Introducción

El desarrollo rural conlleva a entender una serie de factores y sus diversas relaciones para saber cuáles son las vías por las que puede abordarse; sin embargo, existe una limitante general con la que se enfrenta cualquier plan o proyecto que busque este tipo de desarrollo, y es que no existe conocimiento de la variedad de agroecosistemas que pueden encontrarse en una región (Merma & Julca, 2012).

Cualquier área donde se desee implementar un proyecto, presentará un grado de heterogeneidad. Esto se debe a un conjunto de condiciones ecológicas, aspectos económicos, socioculturales, disponibilidad de factores de producción y la influencia de condiciones macro, como la especialización del mercado y el acceso a los servicios y la infraestructura necesaria para la producción (Espinosa et al., 2016).

Tener el conocimiento sobre los tipos y características de los diferentes agroecosistemas dentro de una zona delimitada, permitirá comprender las dinámicas de producción, su composición y los factores sociales que intervienen en las decisiones (Tuesta et al., 2014).

La tipificación y agrupación de sistemas de producción o de productores, es contemplada como una herramienta de utilidad para el diseño de programas más eficientes de investigación y transferencia de tecnología para la producción agrícola; aunado a lo anterior, el conocimiento de la variedad de agroecosistemas permitirá formular estrategias pertinentes de diagnóstico para observar las condiciones de los productores y sus sistemas de producción (Głębocki et al., 2019).

En México, se necesita tipificar o caracterizar los agroecosistemas para tener un panorama de nivel tecnológico de los recursos con los que cuentan la diversidad productiva y así poder ofrecer propuestas acordes a las necesidades de los agricultores (Arce et al., 2020).

En este sentido, los sistemas de interés para este estudio son los Sistemas Agroforestales (SAF), de manera particular aquellos en los que se encuentra presente el maíz como cultivo principal en asociación con especies frutales.

Una particularidad de los SAF es que combinan la actividad forestal con la agricultura o la ganadería, con la finalidad de producir alimentos, sin renunciar

they develop, which is why they are considered a tool for the conservation of ecosystems and preserve the floristic and faunistic resources present in these habitats (CONABIO, 2006; Jadán et al., 2015).

In the case of Latin America and Mexico in particular, agroforestry systems have existed practically since the beginning of agriculture, arising from the combination of the use of natural resources, the practice of agriculture and in some cases the management of small animals, such as birds and small mammals. These types of systems are generally characterized by their contribution to solving problems in the scarcity and use of natural resources due to the biological and socioeconomic functions they fulfil, which they achieve through techniques used in regions with diverse ecological, economic and social conditions (Pérez & García, 2021).

In this context, AFS represent an alternative land use that provides a diversity of products, both agricultural and forestry in nature (timber, firewood, fruits, fodder, and medicines, among others), and services such as: shade for crops and animals, protection (in the case of windbreaks) and soil improvement; they also contribute to the generation of environmental services and the biological diversity of agroecosystems (Beer et al., 2004).

In Mexico, these systems represent a form of management of ecological, cultural, environmental, economic and social relevance; however, it is necessary to further develop this field of research throughout the country in order to have elements to carry out more forceful actions in the recognition, identification, assessment and improvement of AFS, as well as in the political incidence in local, regional and national agendas (Moreno-Calles et al., 2014).

An important region that conserves these systems is the area near the Iztaccihuatl and Popocatepetl volcanoes (Izta-Popo region). However, knowledge of AFS is still fragmented, not only because of the scarcity of studies aimed at documenting agroforestry systems and practices, but also because this form of agroecosystem management is in constant transformation and development (Moreno-Calles et al., 2013).

In the municipality of Calpan, located in the Izta-Popo area of the state of Puebla, there are AFS made up of the milpa and fruit trees, from which families

a los servicios ambientales que los árboles ofrecen (Sánchez et al., 2013).

Los SAF pueden ser definidos como un conjunto de técnicas silviculturales que satisfacen las necesidades de los productores, por la diversidad de productos y servicios que generan. Estas técnicas fomentan la capacidad natural de regeneración de diferentes especies y los recursos sobre los cuales se desarrollan; es por esto, por lo que son considerados como una herramienta para la conservación de los ecosistemas y preservan los recursos florísticos y faunísticos presentes en estos hábitats (CONABIO, 2006; Jadán et al., 2015).

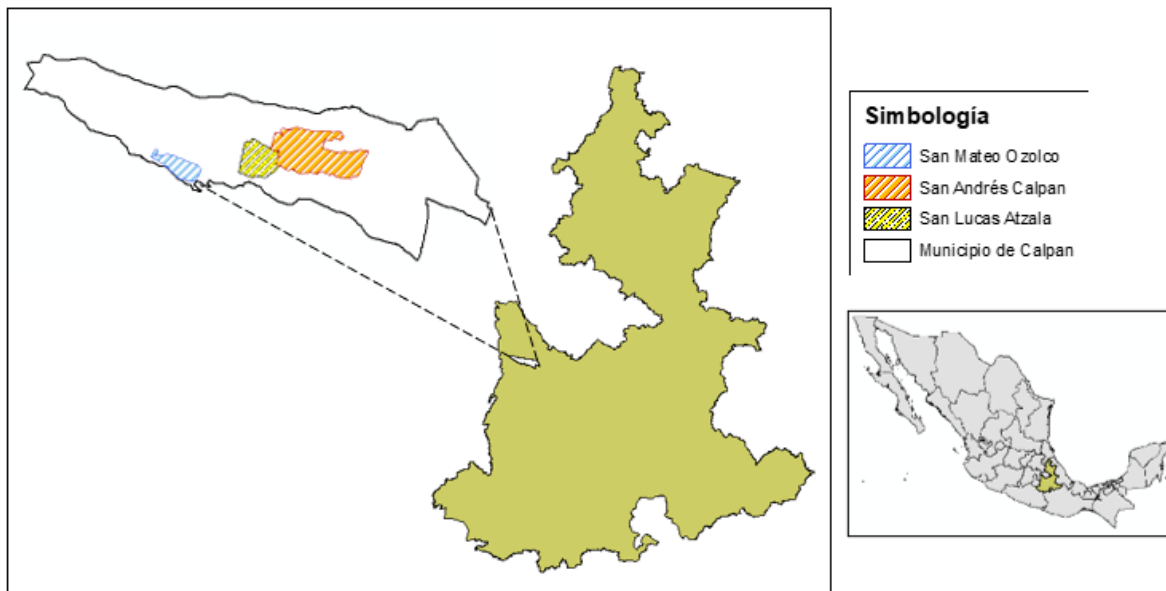
Para el caso de América Latina y en particular de México, los sistemas agroforestales existen prácticamente desde el inicio de la agricultura, surgen de la combinación del uso de los recursos naturales, la práctica de la agricultura y en algunos casos del manejo de animales menores, tales como aves y pequeños mamíferos. Este tipo de sistemas de manera general se caracterizan por contribuir a solucionar problemas en la escasez y uso de los recursos naturales debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que cumple, esto lo consiguen a través de las técnicas utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales (Pérez & García, 2021).

En este contexto, los SAF representan una alternativa de uso de la tierra que brinda una diversidad de productos, tanto agrícolas como forestales (madera, leña, frutos, forraje, medicinas, entre otros) y servicios como: sombra para cultivos y animales, protección (en el caso de cortina rompevientos) y mejoramiento del suelo; además, contribuye a la generación de servicios ambientales y la diversidad biológica de los agroecosistemas (Beer et al., 2004).

En México, estos sistemas representan una forma de manejo de relevancia ecológica, cultural, ambiental, económica y social; sin embargo, se requiere profundizar en este campo de investigación en todo el país, para contar con elementos que permitan llevar a cabo acciones más contundentes en el reconocimiento, identificación, valoración y mejoramiento de los SAF, así como en la incidencia política en las agendas locales, regionales y nacionales (Moreno-Calles et al., 2014).

Una zona importante que conserva estos sistemas

Figure 1. Geographic location of the municipality of Calpan.
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Calpan.



obtain various food products (Osorio et al., 2015). The objective of this work was to construct a typology of agroforestry systems in the municipality of Calpan, Puebla. Specifically, we sought to describe them and find their main differences in order to understand the behavior of these agroecosystems, which allow us to recognize the advantages and disadvantages of the different forms of use.

Methodology

The study was carried out in the municipality of Calpan, Puebla, located between parallels 19° 03' and 19° 09' North latitude, and meridians 98° 23' and 98° 35' West longitude (Figure 1). It has an area of 67 km². In addition to the municipal seat of San Andrés Calpan, this municipality has two more towns, namely San Mateo Ozolco and San Lucas Atzala, and several rancherías (small rural settlements) scattered throughout its territory (INEGI, 2015a). The orography of the municipality is determined by its location with respect to the Sierra Nevada, and its elevation ranges between 2 240 and 3 000 meters above sea level. With respect to hydrology, the municipality is located in the upper western part of the upper basin of the Atoyac River, and has intermittent and permanent streams coming from the foothills of the Iztaccihuatl volcano. Most of the farmland is dedica-

es el área cercana a los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl (región Izta-Popo). Sin embargo, el conocimiento de los SAF es aún fragmentado, no solo por la escasez de estudios dirigidos a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino porque esta forma de manejo del agroecosistema se encuentra en constante transformación y desarrollo (Moreno-Calles et al., 2013).

En el municipio de Calpan, ubicado en la zona Izta-Popo, en el estado de Puebla, se encuentran SAF constituidos por milpa y árboles frutales, de los que las familias obtienen diversos productos alimenticios (Osorio et al., 2015).

El objetivo de este trabajo fue construir una tipología de sistemas agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla. De manera específica, se buscó describirlos y encontrar sus principales diferencias para comprender el comportamiento de estos agroecosistemas, que permitan reconocer las ventajas y desventajas de las diferentes formas de aprovechamiento.

Metodología

El estudio se realizó en el municipio de Calpan, Puebla, localizado entre los paralelos 19° 03' y 19° 09' latitud Norte; los meridianos 98° 23' y 98° 35' longitud Oeste (Figura 1). Cuenta con una superficie de 67 km², en este municipio se encuentran, además de la

ted to rainfed agriculture, with maize being the most important crop, occupying 73 % of the total planted area (INEGI, 2015a).

Due to the proximity to the Sierra Nevada that divides the municipality and the location of the volcanoes in Calpan, clay soils predominate; however, this characteristic does not affect agriculture (the main economic activity in the municipality), since the clay is covered by a colluvial layer, that is, they have received layers of more fertile soil due to the displacements coming from the mountains higher up and ash from the volcanoes (López et al., 2018).

The municipality of Calpan has two climate types: a temperate sub-humid climate with rainfall in summer (85.11 %) and a semi-cold sub-humid one with rainfall in winter (14.89 %). It has an average annual temperature ranging from 12 to 18 ° C, although in winter the temperature can drop to -3 ° C. On the other hand, the precipitation range is between 900 and 1 100 mm annually (INEGI, 2015b).

Social indicators indicate that Calpan has a total population of 15 271 inhabitants; the adult population is in the age range of 15 to 64 years, representing 62.76 % of the total population in 2020 (INEGI, 2020). In addition, in the same year, food poverty affected 35 % of the population; skill poverty 47 %; and asset poverty 75 %. Furthermore, between 1990 and 2010 the population engaged in agriculture decreased by 16 %, while the population employed in the secondary and tertiary sectors increased by 4 % and 11 %, respectively (INEGI, 2020).

Calpan, as a mestizo population, was always an agricultural center whose main economic activity was the planting of the milpa, which remains the case today. However, the European presence modified the planting of the milpa (maize-beans-pumpkin) in the territory, combining it with rows of pomegranate, fig, lemon, apple, pear and peach trees. Currently, Calpan is characterized by a combination of milpa crops intercropped with fruit trees (Méndez et al., 2017).

González et al. (2022) report that the percentage of the population engaged in agriculture is 57 %, making it a representative activity in the municipality.

Questionnaire design

Since a quantitative methodology was applied, a questionnaire was designed and applied as a survey

cabecera municipal San Andrés Calpan, dos pueblos más San Mateo Ozolco y San Lucas Atzala y rancharías esparcidas en su territorio (INEGI, 2015a). La orografía del municipio está determinada por su ubicación con respecto a la Sierra Nevada, y su altura con respecto al nivel del mar oscila entre 2 240 y 3 000 metros. Con respecto a la hidrología, el municipio se localiza en la parte alta occidental de la cuenca alta del río Atoyac, y tiene arroyos intermitentes y permanentes provenientes de las estribaciones del volcán Iztaccíhuatl. Los terrenos de labor en su mayoría están dedicados a la agricultura de temporal, siendo el maíz el cultivo más importante, que ocupa el 73 % de la superficie total sembrada (INEGI, 2015a).

Debido a la cercanía con la Sierra Nevada que divide al municipio y la ubicación de los volcanes, en Calpan, a pesar de que predominan suelos de barro, esta característica no afecta a la agricultura (principal actividad económica en el municipio), pues los barros están cubiertos por una capa coluvial, es decir, han recibido capas de tierra más fértil debido a los desplazamientos provenientes de las montañas más arriba y las cenizas de los volcanes (López et al., 2018).

Con respecto al clima, el municipio de Calpan presenta un clima templado sub-húmedo con lluvias en verano (85.11 %) y semifrío sub-húmedo con lluvias en invierno (14.89 %) y una temperatura media anual que va de 12 a 18 ° C, aunque en invierno la temperatura puede bajar a -3 ° C. Por otro lado, el rango de precipitación se encuentra entre 900 y 1 100 mm anuales (INEGI, 2015b).

Los indicadores sociales señalan que Calpan cuenta con una población total de 15 271 habitantes; la población adulta se ubica en el rango de edad de 15 a 64 años y en 2020 representó 62.76 % de la población total (INEGI, 2020). Además, en el mismo año la pobreza alimentaria constituyó 35 % de la población; la pobreza de capacidades 47 %; y la pobreza de patrimonio 75 %. Además, entre 1990 y 2010 la población dedicada al campo disminuyó 16 %, mientras que la población ocupada en los sectores secundario y terciario aumentó 4 y 11 %, respectivamente (INEGI, 2020).

Calpan como población mestiza siempre fue un núcleo agrícola cuya principal actividad económica fue la siembra de la milpa, que se mantiene como tal. La presencia europea modificó la siembra de la milpa

instrument, consisting of 29 questions designed to gather information on the general and particular characteristics of the AFS of the municipality of Calpan, and on their productive resources, practices, techniques, support, customs and knowledge that the members of the productive systems units have.

Sample size

The sample size was determined according to the list of PROAGRO productivo, a component of the Secretariat of Agriculture and Rural Development, where the producers of interest who plant maize and at least one fruit tree species are indicated, so the sample selection was made through the "snowball" technique.

To determine the sample size, the mathematical expression considering the maximum variance was used:

$$n = \frac{NZ^2 \frac{1}{\alpha} (0.25)}{Nd^2 + Z^2 \frac{1}{\alpha} (0.25)}$$

Where:

N = Number of producers (481)

$Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (value from the normal distribution table)

A = 0.05 (i.e., it has 95 % reliability)

D = precision (0.1)

$$n = \frac{481(1.96^2)(0.25)}{481(0.1)^2(1.96^2)(0.25)}$$

Obtaining a sample size of 80 producers (n = 80).

A database was created in Excel for Windows, then exported and analyzed in the SPSS-21 program. As a first step, a descriptive analysis was carried out to determine the general characteristics of the AFS and the producers. To define the different types of systems, a multivariate cluster analysis, also known as "conglomerate analysis", was carried out using 23 variables.

Through this statistical technique, a classification was carried out that serves to detect and describe subgroups of subjects or homogeneous variables based on the values observed within an apparently heterogeneous set. It was based on the study of the distances between them, which made it possible to quantify in the analysis the degree of similarity, in the case of proximities, and the degree of difference, in the case of distances. As a result, homogeneous groupings or clusters appear (Rubio & Baños, 2017).

(maíz-frijol-calabaza) en el territorio combinando está con hileras de árboles de granada, higo, limón, manzana, pera y durazno. Actualmente se observa en él una combinación de cultivos de milpa intercalada con árboles frutales (Méndez et al., 2017).

González et al. (2022) reportan que el porcentaje de población que se dedica a la agricultura es el 57 %, por lo que es una actividad representativa del municipio.

Diseño del cuestionario

Debido a que se aplicó una metodología cuantitativa, se diseñó y aplicó un cuestionario como instrumento de la encuesta, conformado por 29 preguntas, que recabó información sobre las características generales y particulares de los SAF del municipio de Calpan, y sobre sus recursos productivos, prácticas, técnicas, apoyos, costumbres y conocimientos con los que cuentan los integrantes de las unidades de los sistemas productivos.

Tamaño de muestra

Se determinó el tamaño de muestra de acuerdo con el listado de Proagro productivo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, donde se señalan los productores de interés que siembran maíz; y al menos una especie frutal, por lo que la selección de la muestra se hizo a través de la técnica "bola de nieve". Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la expresión matemática considerando la varianza máxima:

$$n = \frac{NZ^2 \frac{1}{\alpha} (0.25)}{Nd^2 + Z^2 \frac{1}{\alpha} (0.25)}$$

Dónde:

N = Número de productores (481)

$Z_{\alpha/2}$ = (valor de la tabla de la distribución normal

A = 0.05 (es decir, se tiene una confiabilidad del 95 %)

D = precisión (0.1)

$$n = \frac{481(1.96^2)(0.25)}{481(0.1)^2(1.96^2)(0.25)}$$

Obteniendo un tamaño de muestra de 80 productores (n = 80).

Se elaboró una base de datos en Excel para Windows, posteriormente se exportó y analizó en el programa SPSS-21. Como primer paso, se realizó un análisis

Table 1. Variables considered for the grouping by cluster analysis of the AFS.
Cuadro 1. Variables consideradas para la agrupación por análisis de conglomerados de los SAF.

Dimension / Dimensión	Subjects considered / Temas considerados
Social	Age, reasons for planting maize and having fruit trees, conservation of beliefs, technical assistance and government support. / Edad, razones de sembrar maíz, y tener árboles frutales, conservación de creencias, asistencia técnica y apoyos del gobierno.
Economic / Económica	Production, labor force, number of activities engaged in, number of people working, destination of maize production, origin of inputs. / Producción, mano de obra, número de actividades a las que se dedica, número de personas que trabajan, destino de la producción de maíz, origen de insumos.
Production unit / Unidad de producción	Ownership, area under agriculture, main fruit species, presence of non-agricultural species, number of crops, number of fruit species, topological arrangement. / Propiedad, superficie dedicada a la agricultura, especie frutal principal, presencia de especies sin finalidad agrícola, número de cultivos, número de especies frutales, arreglo topológico.
Agricultural practices / Prácticas agrícolas	Origin of seeds, crop rotation, type of traction and inputs used. / Origen de las semillas, rotación de cultivos, tipo de tracción e insumos ocupados.

This type of analysis considers each unit of analysis as a cluster, and subsequently joins them according to their homogeneity until a cluster remains, understanding a homogeneous group as one whose elements differ significantly from those of any other (Sarstedt & Mooi, 2014). There is no homogeneity of the agroecosystem with respect to its economic, sociocultural and environmental objectives, due to the heterogeneous nature of the agricultural sector (Guillem et al., 2015). In this study, it was considered relevant to analyze the heterogeneity of farmers' objectives, taking into account the socioeconomic variables collected.

The variables considered for the typification of AFS were those shown in Table 1.

The weighted data for each dimension were standardized and subjected to a hierarchical cluster analysis based on Ward's method. The groups were visually selected. A comparison of means was then performed for the quantitative variables.

Descriptive statistics were used to refer to certain characteristics of the groups formed. The identified groups were characterized and differentiated from each other, showing the potential as well as the limitations of each one.

Results and discussion

General components

It was found that 97 % of the producers who have an AFS in the municipality of Calpan are male. Ni-

descriptivo para conocer las características generales de los SAF y de los productores. Para definir los diferentes tipos de sistemas, se realizó un análisis multivariado de ordenación clúster, también conocido como "de conglomerado", para el cual se utilizaron 23 variables.

A través de esta técnica estadística se realizó una clasificación que sirve para poder detectar y describir subgrupos de sujetos o variables homogéneas en función de los valores observados dentro de un conjunto aparentemente heterogéneo. Tuvo como base el estudio de las distancias entre ellos, lo que permitió cuantificar en el análisis el grado de similitud, en el caso de las proximidades, y el grado de diferencia, en el caso de las distancias. Como resultado, aparecen agrupaciones o clústeres homogéneos (Rubio & Baños, 2017).

Este tipo de análisis considera a cada unidad de análisis como un conglomerado, y posteriormente los va uniando de acuerdo con su homogeneidad hasta que queda un conglomerado, entendiendo por grupo homogéneo aquel cuyos elementos difieren significativamente de los de cualquier otro (Sarstedt & Mooi, 2014).

No existe homogeneidad del agroecosistema con respecto a sus objetivos económicos, socioculturales y ambientales, debido a la naturaleza heterogénea del sector agrario (Guillem et al., 2015). En este estudio se ha considerado relevante analizar la heteroge-

nety percent know how to read and write. The age of the producers who manage the AFS of interest ranges between 28 and 89 years, with an average of 57 years. This aspect coincides with what has been reported by Osorio et al. (2015), who point out that farmers in the Puebla Valley are mostly older adults, which reflects the fact that young people are opting for other activities.

In terms of educational level, 32 % have completed primary education. Thirty-seven percent have an incomplete basic level, or did not even attend school. Cardeña et al. (2019) point out that, for other municipalities in Puebla, only 25 % of producers completed primary school, being lower than what was found in Calpan. Valderrama et al. (2017) state that given this educational panorama, it should be considered that economic and social activities converge in rural areas based on the relationship between natural resources and their inhabitants, for which it is necessary to create new direct demands to school contexts regarding teaching-learning practices from these realities, since it is recognized that in rural areas, people tend to have less access to educational opportunities and less academic achievement than their peers in urban areas. Cham et al. (2015) state that the phenomenon of school dropouts in this context responds to the socioeconomic conditions of the family unit, poor academic performance, and behavioral problems; in addition, school performance could affect the hours of work or the type of work students do.

In 88 % of the AFS, the main benefit of having fruit trees is that they account for their main source of income; for the remaining 12 %, they provide extra income, since their main source derives from another activity (masonry, plumbing, taxi driver, gardener or merchant). Regalado et al. (2020) report that this local production technology based on maize intercropped in fruit orchards is common in this area, since in addition to the municipality of Calpan, it is also found in neighboring municipalities such as Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos, San Lorenzo Chiautzingo, San Felipe Teotlalcingo, San Salvador el Verde and Santa Rita Tlahuapan. In the study area, family production units report that in addition to the fruit component being their main source of income, having a variety of fruit species that are harvested at different times of the year allows them to have that

neidad de los objetivos de los agricultores, teniendo en cuenta las variables socioeconómicas recogidas.

Las variables que se consideraron para la tipificación de los SAF fueron las que se muestran en el Cuadro 1. Los datos ponderados de cada dimensión fueron estandarizados y sometidos a un análisis de conglomerados jerárquico basado en el método de Ward. Los grupos se eligieron de manera visual. Después se realizó una comparación de medias para las variables cuantitativas.

Se empleó estadística descriptiva para referir ciertas características de los grupos formados. Los grupos identificados fueron caracterizados y diferenciados entre sí, mostrando la potencialidad, así como los limitantes de cada uno.

Resultados y discusión

Componentes generales

Se encontró que, 97 % de los productores que poseen SAF en el municipio de Calpan son de sexo masculino. El 90 % sabe leer y escribir. La edad de los productores que manejan los SAF de interés, oscila entre 28 y 89 años, con un promedio de 57 años. Este aspecto coincide con lo que ha sido reportado por Osorio et al. (2015) quienes señalan que los agricultores del Valle de Puebla, en su mayoría son adultos mayores, lo cual hace referencia a que los jóvenes están optando por otras actividades.

En el grado de estudios, 32 % concluyeron la educación primaria. El 37 % tiene un nivel básico incompleto, o incluso no asistieron a la escuela. Cardeña et al. (2019) señalan que, para otros municipios de Puebla, solo 25 % de los productores concluyeron la primaria, siendo menor que lo encontrado en Calpan. Valderrama et al. (2017) refieren que ante este panorama educativo, debe contemplarse que en el ámbito rural convergen actividades económicas y sociales a partir de la relación de los recursos naturales y sus pobladores, para lo cual es necesario crear nuevas demandas directas a los contextos escolares sobre prácticas de enseñanza-aprendizaje desde estas realidades, ya que se reconoce que en las zonas rurales, las personas suelen tener menos acceso a las oportunidades educativas y menos logros académicos que sus pares de zonas urbanas. Por su parte Cham et al. (2015) afirman que la deserción escolar en este con-

income at different times. This income management strategy coincides with what Ordinola et al. (2022) explain, since the improvement and diversification of agricultural production, as well as diet diversification, are interrelated elements in family farming, and should be complemented as income generation strategies since many producers have been developing these practices for their economic benefit.

Regarding pests, 100 % of the AFS have the presence of the Mexican grasshopper (*Sphenarium purpurascens*); however, in the perception of the majority it does not represent a serious problem. In the case of fruit trees, the farmers did not report having pest problems, but during the field visits the presence of the fruit fly (*Drosophila melanogaster*) was observed in some AFS. What was observed in the AFS corresponds to what Gonzalez et al. (2022) reported, indicating that polyculture systems generally present a greater abundance of genera and a relative distribution, both spatially and temporally, that is more balanced and stable than in monoculture systems. Thus, polyculture systems favor predator and parasitoid populations, since they have a greater diversification of flowers that offer food resources (pollen, nectar), in addition to providing shelter and camouflage conditions for hosts or prey, enabling the persistence of their populations, which stabilizes predator-prey or parasitoid-host interactions.

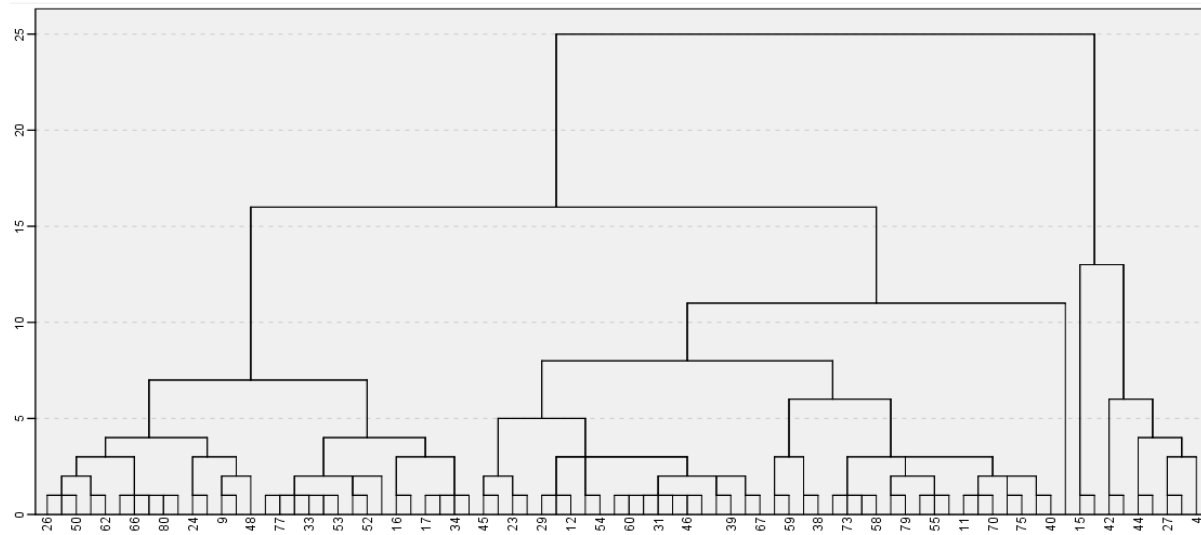
In the study area, farmers do not have any type of credit or insurance; likewise, they have not developed contracts for the sale of their fruit trees. The heads of the production units mention that at some point they had interest in forming a cooperative, but this has not materialized due to the different interests of the producers, so they are more vulnerable to the prices imposed by intermediaries in the purchase of their product, to cite an example. This vulnerability is explained by Tapia et al. (2015), who state that the articulation of a territorial economy implies the recognition of competitiveness coming from its comparative and competitive advantages, which are developed from the relationships of the different links of the productive chain when establishing cooperation agreements, so that without the effective organization of collaborative relationships, the links of the value chain are weakened, and as a result all components are less effective in their individual

texto responde a las condiciones socioeconómicas del núcleo familiar, al bajo rendimiento académico, a problemas de comportamiento; además, el rendimiento escolar pudiera afectar las horas de trabajo o el tipo de trabajo que realizan los estudiantes.

En 88 % de los SAF, el principal beneficio de tener árboles frutales es que representan su principal fuente de ingreso, para el 12 % restante brindan ingresos extras, ya que su principal fuente deriva de otra actividad (albañilería, plomería, taxista, jardinero o comerciante). Regalado et al. (2020) reportan que esta tecnología local de producción basada en el maíz intercalado en huertos de frutales es común en esta zona, ya que además del municipio de Calpan, también es encontrada en municipios aledaños como Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos, San Lorenzo Chiautzingo, San Felipe Teotlalcingo, San Salvador el Verde y Santa Rita Tlahuapan. En la zona de estudio, las unidades de producción familiar refieren que además de que el componente frutal es su principal fuente de ingresos, el contar con una variedad de especies frutales que se cosechan en diferentes temporadas del año, les permite contar con ese ingreso en diferentes momentos. Esta estrategia de administración de ingresos coincide con lo que explican Ordinola et al. (2022), ya que la mejora y diversificación de la producción agrícola, así como la diversificación de la dieta, son elementos interrelacionados en la agricultura familiar, y que deben ser complementados como estrategias de generación de ingresos ya que muchos productores han venido desarrollando esas prácticas para su beneficio económico.

En el tema de plagas, 100 % de los SAF tienen la presencia de chapulín (*Sphenarium purpurascens*); sin embargo, en la percepción de la mayoría no representa un problema grave; para el caso de los frutales no referían tener problemas de plagas, pero durante los recorridos de campo se observó en algunos SAF la presencia de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Lo observado en los SAF, corresponde a lo que mencionan González et al. (2022), señalando que generalmente los sistemas de policultivos presentan una mayor abundancia de géneros y una distribución relativa, desde el punto de vista espacial como temporal, que resulta ser más equilibrado y estable, que en los sistemas de monocultivos. Es así como los sistemas de policultivos favorecen las poblaciones

Figure 2. Dendrogram showing the typology of Agroforestry Systems in the municipality of Calpan, Puebla.
Figura 2. Dendrograma que muestra la tipología de los Sistemas Agroforestales en el municipio de Calpan, Puebla.



functions, which makes cooperation one of the most important factors for obtaining collective benefits.

Typification of Agroforestry Systems

Regarding typification, as can be seen in Figure 2, three groups of AFS were defined: the first group is made up of 30 AFS (38 %), while the second group is made up of 41 AFS (51 %) and the third group consists of 9 AFS (11 %). Research by Aguilar et al. (2015) and Hernández et al. (2021) found similar results in terms of the number of groups detected in other areas where agroforestry systems have been implemented, and where they are grouped according to the most important characteristics that one group has compared to another.

a). Dimension: Social

The social aspects presented by the groups are shown in Table 2. For the three groups, the reason for planting maize is mainly for self-consumption (family and animal). The type of agriculture carried out in this municipality is rainfed, an element that determines that producers consider self-consumption as their main reason. According to Viveros et al. (2010), 83 % of producers in the Puebla Valley carry out this activity under rainfed conditions. On the other hand, studies by Guerrero et al. (2007) indicate that the small area they have to grow maize, under systems that combine pre-Hispanic, colonial

de depredadores y parasitoides, ya que tienen una mayor diversificación de flores que ofrecen recursos de alimentos (polen, néctar), además de proveer refugio y condiciones de camuflaje, para los hospedadores o las presas, haciendo posible la persistencia de sus poblaciones, lo que estabiliza las interacciones depredador-presa o parasitoide-hospedador. En la zona de estudio, no cuentan con ningún tipo de créditos ni seguros; asimismo, no han desarrollado contratos para la venta de sus frutales. Los jefes de las unidades de producción mencionan que en algún momento han tenido el interés de formar alguna cooperativa, pero no se ha concretado debido a los diferentes intereses de los productores, por lo que se ven más vulnerables a los precios que les imponen los intermediarios en la compra de su producto, por citar un ejemplo. Esta vulnerabilidad se explica a partir de lo reportado por Tapia et al. (2015), planteando que la articulación de una economía de territorio implica el reconocimiento de la competitividad proveniente de sus ventajas comparativas y competitivas, las cuales se desarrollan a partir de las relaciones de los diferentes eslabones de la cadena productiva al establecer acuerdos de cooperación, por lo que sin la organización efectiva de relaciones de colaboración, los eslabones de la cadena de valor se debilitan, y como resultado todos los componentes son menos eficaces en sus funciones individuales, lo que hace

and modern techniques, determines that they mainly use it for self-consumption. The use of maize as a source of food for the family and their animals is a distinctive characteristic that is particularly evident in the High Valleys of Central Mexico.

Characteristics of groups by dimension

Regarding the reasons why they have fruit trees, Group 1 (G1) and G3 mention that it is because they

que la cooperación sea uno de los factores más importantes para obtener beneficios colectivos.

Tipificación de los Sistemas Agroforestales

En lo que respecta a la tipificación, como se puede observar en la Figura 2, se definieron tres grupos de SAF: el primer grupo está formado por 30 SAF (38 %), mientras que el segundo grupo está formado por 41 SAF (51 %) y el tercer grupo conformado por 9 SAF

Table 2. Qualitative characteristics of the groups by dimensions
Cuadro 2. Características cualitativas de los grupos por dimensiones.

Variables	Groups / Grupos		
	G1	G2	G3
Dimension: social / Dimensión: social			
Reasons for planting plant maize / Razones para sembrar maíz	Self-consumption / Autoconsumo	Self-consumption / Autoconsumo	Self-consumption / Autoconsumo
Reasons for having trees / Razones para tener árboles	Strengthen the production unit / Fortalecer unidad de producción	They have been present since previous generations / Se encuentran presentes desde generaciones anteriores	Strengthen the production unit / Fortalecer unidad de producción
Producers who maintain beliefs (%) / Productores que conservan creencias (%)	83	90	100
Technical assistance / Asistencia técnica	None / No tienen	None / No tienen	None / No tienen
Dimension: economic / Dimensión: económica			
Predominant source of labor / Prozedencia de mano de obra predominante	Family and hired / Familiar y contratada	Family / Familiar	Family / Familiar
Production destination / Destino producción	Local and regional market / Mercado local y regional	Local and regional market / Mercado local y regional	Local and regional market / Mercado local y regional
Dimension: production unit / Dimensión: unidad de producción			
Form of tenure / Forma de Tenencia	Ownership / Propiedad	Ownership / Propiedad	Ownership / Propiedad
Main fruit tree / Frutal principal	Tejocote	Capulín	Peach / Durazno
Topological arrangement / Arreglo topológico	Rows / Hileras	Rows / Hileras	Rows / Hileras
Dimension: agricultural practices / Dimensión: prácticas agrícolas			
Origen of seeds / Origen de las semillas % que realiza rotación	Local / Criollo	Local / Criollo	Local / Criollo
% using rotation / % que realiza rotación	27	0	0
Predominant type of traction / Tipo de tracción predominante	Draught animal and mechanical means / Animal de tiro y mecánica	Animal	Animal
Inputs used / Insumos ocupados	Agrochemicals / Agroquímicos	Agrochemicals / Agroquímicos	Agrochemicals / Agroquímicos

economically strengthen the production unit, a factor that coincides with the evaluations of Ruiz et al. (2012), who point out that fruit trees have represented a means of obtaining monetary income for the peasant family through the sale of fruit (peach, tejocote or other fruit of value in the market).

On the other hand, in the three groups, the percentage of farmers who still hold beliefs for the management of their agroecosystems is very high; these beliefs coincide with those reported in some of the areas of central Mexico by Vázquez et al. (2016), where the cultivation of the land is related to rituals for the good growth and development of the milpa; throughout the agricultural cycle in each festival, the mayordomos (head organizers appointed by the local congregation) of each festival offer food in the atrium or next to the church, and the festivities are for the whole village, those who like to

(11 %). Investigaciones de Aguilar et al. (2015) y Hernández et al. (2021) reportan resultados semejantes en cuanto al número de grupos detectados en otras zonas donde se han implementado sistemas agroforestales, y donde se agrupan en función de las características más importantes que tenga un grupo comparado con otro.

a). Dimensión: Social

Los aspectos sociales que presentan los grupos se muestran en el Cuadro 2. Para los tres grupos la razón por la que siembran maíz es principalmente para autoconsumo (familiar y animal). El tipo de agricultura que se lleva a cabo en este municipio es de temporal, elemento que determina que los productores consideren el autoconsumo como su razón principal. De acuerdo con Viveros et al. (2010) el 83 % de los productores del Valle de Puebla llevan a cabo tal ac-

Table 3. Means of the quantitative variables by group.
Cuadro 3. Medias de las variables cuantitativas por grupo.

Group / Grupo	Type / Tipo	Age ¹ / Edad ¹	No. of activities engaged in ² / Núm. de actividades a las que se dedica ²	No. of people working ^{1*} / Núm. de personas que trabajan ^{1*}	Plot area (ha) ^{3*} / Superficie parcela (ha) ^{3*}	No. of crops ³ / Núm. de cultivos ³	Maize production (t·ha ⁻¹) ² / Producción de maíz (t·ha ⁻¹) ²	No. of fruit species ^{3*} / Núm. de especies frutales ^{3*}
1	Mean / Media	59	1	2	1.79	2	1.61	4
	Minimum / Mínimo	42	1	1	1.00	1	0.25	3
	Maximum / Máximo	80	2	4	3.48	2	3.00	7
2	Mean / Media	56	1	2	1.30	2	2.73	3
	Minimum / Mínimo	32	1	1	0.10	1	0.80	1
	Maximum / Máximo	84	2	5	2.00	2	2.92	4
3	Mean / Media	59	2	5	0.92	1	2.42	2
	Minimum / Mínimo	45	1	1	0.10	1	1.00	1
	Maximum / Máximo	74	2	10	2.00	2	4.00	3
Total	Mean / Media	57	1	3	1.30	2	2.27	3
	Minimum / Mínimo	32	1	1	0.10	1	0.25	1
	Maximum / Máximo	84	2	10	3.48	2	2.92	7

*Variables with a significant difference between groups (ANOVA $P \leq 0,5$): ¹Dimension: social; ²Dimension: economic; ³Dimension: production unit.

*Variables con diferencia significativa entre grupos (ANOVA $P \leq 0,5$): ¹Dimensión: social; ²Dimensión: económica; ³Dimensión: unidad de producción.

go and participate. One of the main rituals held in the study municipality occurs on February 2, when maize seeds or whole ears of corn and other seeds are blessed for sowing in the next cycle. For this celebration, mainly women take maize in buckets, baskets or chiquigüites (wicker, liana or reed baskets without handles) to be blessed. On May 15, San Isidro Labrador is celebrated and the people pray for rains for good harvests.

Regarding technical assistance, no group receives advice; in this sense, Rendón et al. (2015) state that scenarios such as the one presented in Calpan are due to the disarticulation between the productive, research and demonstration components in the rural extension model in Mexico; however, the ability of producers to identify and solve specific problems has been recognized.

b). Dimension: economic

Groups 2 and 3 carry out the activities of their agricultural systems based mainly on family labor, although they sometimes hire labor (Table 2). In the case of G1, it requires family and hired labor; this result is related to the *main fruit* species indicator, which for this group is tejocote (*Crataegus mexicana*), so in general they can be considered systems that belong to family-type agriculture (Piza et al., 2016). However, Tlelo et al. (2022) report that for the same area it has been found that 62 % of farmers tend to rely on labor from outside the production unit.

In the production destination indicator, as mentioned in Table 1, maize is basically destined for self-consumption. However, fruit species are placed in a local and even regional market, since they are the economic engine of the agroecosystem, which allows them to place their production in different markets during different times of the year.

c). Dimension: production unit

Table 2 shows that in the three groups the type of land tenure is ownership (100 %); these results are similar to those reported by Díaz et al. (2023), who state that in the states of Puebla, Tlaxcala and Oaxaca 75 % of the plots correspond to ownership. In this sense, ownership encourages responsibility and concern for the resources available (Bustamante et al., 2017).

tividad en condiciones de temporal. Por otra parte, estudios de Guerrero et al. (2007), señalan que la pequeña superficie que poseen para cultivar maíz, bajo sistemas que combinan técnicas prehispánicas, coloniales y modernas, determina que lo destinen principalmente al autoconsumo. El empleo del maíz como fuente de alimento para la familia y sus animales, es una característica distintiva que se aprecia particularmente en los Valles Altos del Centro de México.

Características de grupos por dimensión

Con respecto a las razones por las cuales presentan árboles frutales, el Grupo 1 (G1) y G3 mencionan que se debe a que fortalecen económicamente la unidad de producción, factor que coincide con las evaluaciones de Ruiz et al. (2012) que señalan que los árboles frutales han representado un medio de obtención de ingresos monetarios para la familia campesina a través de la venta de la fruta (durazno, tejocote u otra fruta de valor en el mercado).

Por otra parte, en los tres grupos, el porcentaje de productores que aún conserva creencias para el manejo de sus agroecosistemas es muy alto, estas creencias coinciden con las reportadas en algunas de las zonas del centro de México por Vázquez et al. (2016), donde el cultivo de la tierra se relaciona con rituales para el buen crecimiento y desarrollo de la milpa, a lo largo del ciclo agrícola en cada fiesta los mayordomos de cada festividad ofrecen comida en el atrio o a un lado de la iglesia, y las fiestas son para todo el pueblo, los que gusten ir y participar. Algunas de las creencias principales que se tienen en el municipio de estudio es que el 2 de febrero se bendicen semillas de maíz o mazorcas enteras y otras semillas para sembrar en el ciclo inmediato. Para está celebración principalmente mujeres llevan maíz en cubetas, canastos o chiquigüites a bendecir. El 15 de mayo se festeja a San Isidro Labrador y la gente pide por las lluvias para tener buenas cosechas.

En cuanto a la asistencia técnica, en ningún grupo se cuenta con asesoría, en este sentido, Rendón et al. (2015) refieren que escenarios como el que se presenta en Calpan, se debe a la desarticulación entre el componente productivo, de investigación y de demostración en el modelo de extensión rural en México, sin embargo, se ha reconocido la capacidad de los productores para identificar y solucionar problemas específicos.

One characteristic in which the three groups differ is that they have different main fruit species; however, the three groups agree that the second most important species is pear (*Pyrus communis*). In the case of tejocote (G1), it is the name by which *Crataegus* species are commonly known in Mexico, and it is the fruit tree with the greatest commercial potential in the municipality of Calpan. Robles et al. (2020) report that *Crataegus mexicana* is considered one of the most commercially important species. According to Muñiz et al. (2014), it is used to make different sweets, jams and drinks; it also has medicinal properties and is useful in the food industry due to its high pectin content.

Capulin (*Prunus serotina*) represents an important source of income; if the fruit is damaged, then they use the seed because it also has a good price and demand in the market. Growers report that, due to the size of the fruit tree, they use it as a windbreak. These comments coincide with what Guzmán et al. (2020) report, stating that, due to its lush foliage, it has been used as an ornamental tree and windbreak; moreover, because of its tolerance to drought and poor soils, it has been considered an important species in the rehabilitation of eroded land and ecological restoration, in addition to the fact that almost all of its parts have some potential use.

As for peach (*Prunus persica*) (G3), it was found to be characteristic of the area because it is an important part of the gastronomy at a certain time of the year. Núñez et al. (2016) report that during the annual *Chiles en Nogada* fair, held in the municipalities of Huejotzingo, Calpan, San Nicolás de los Ranchos and Domingo Arenas, peaches are one of the main ingredients, which has led to a higher price for the fruit and encourages farmers to produce peaches from June to December.

d). *Dimensión: agrícolas prácticas*

The indicators of the cultural aspect show practically the same behavior in the three groups (Table 2). The origin of the maize seeds is local. In his research, Naude (2023) reports that farmers who have maintained this practice with their own seeds or with those exchanged with their neighbors have conserved the genetic biodiversity of maize. Regarding crop rotation, farmers indicate that by having intercropped

b). *Dimensión: económica*

Los grupos 2 y 3 llevan a cabo las actividades de sus sistemas agrícolas, basada la mano de obra principalmente en la familia, aunque en ocasiones llegan a contratar (Cuadro 2). En el caso del G1 requiere de mano familiar y contratada, este resultado está relacionado con el indicador *principal especie frutal*, que para este grupo es el tejocote (*Crataegus mexicana*), por lo que de manera general se pueden considerar sistemas que pertenecen a la agricultura de tipo familiar (Piza et al., 2016). Sin embargo, Tello et al. (2022) reportan que para la misma zona se ha encontrado que 62 % de los agricultores tienden a auxiliarse de mano de obra externa a la unidad de producción.

En el indicador destino de la producción, como se mencionó en el Cuadro 1, el maíz es destinado básicamente para autoconsumo. Sin embargo, las especies frutales son colocadas en un mercado local e incluso regional, ya que son el motor económico del agroecosistema, por lo que les permite colocar su producción en diferentes mercados durante diferentes épocas del año.

c). *Dimensión: unidad de producción*

En el Cuadro 2 se muestra que en los tres grupos el tipo de tenencia de la tierra que se presenta es propiedad (100 %), estos resultados son similares a los que reportan Díaz et al. (2023) señalando que en los estados de Puebla, Tlaxcala y Oaxaca 75 % de las parcelas corresponde a propiedad. En este sentido, la propiedad incentiva a la responsabilidad y preocupación de los recursos con los que se cuenta (Bustamante et al., 2017). Una característica en la que difieren los tres grupos encontrados es que presentan diferente especie frutal principal; sin embargo, los tres grupos coinciden en que la segunda especie de importancia es la pera (*Pyrus communis*). En el caso del Tejocote (G1) es el nombre con el que se conoce comúnmente a las especies de *Crataegus* en México, y es el frutal que mayor potencial comercial tiene en el municipio de Calpan. Robles et al. (2020) reportan que *Crataegus mexicana* se considera una de las especies más importantes a nivel comercial. De acuerdo con Muñiz et al. (2014) se utiliza para elaborar diferentes dulces, mermeladas y bebidas, además tiene propiedades medicinales, y es de utilidad en la industria alimenticia debido a su alto contenido en pectinas.

fruit trees, they do not consider crop rotation to be essential. These results contrast with the findings of Torres et al. (2020), who found that rotation is a very common practice in agroforestry modules.

As for the type of traction that predominates, it is the animal type (G1 and G2); this reflects the fact that they are family farming systems, a similar scenario to that reported by Bastidas et al. (2021) where, in other areas of the state, rainfed agriculture is dominated by animal traction.

Statistical differences between the typified groups

An ANOVA was performed between groups and of the 23 variables on which the typification was based, in 8 (quantitative) differences were found between the different groups ($P \leq 0.5$): number of people working, area, rotation, main fruit tree species, total number of fruit species, why they have fruit tree species, type of traction and origin of labor.

Table 3 shows the mean, minimum and maximum values of the quantitative variables for each of the three detected AFS groups in the municipality of Calpan. Of the seven quantitative variables, three show significant differences according to the ANOVA performed. The average age of the farmers is different in G2, which comprises the AFS that have capulin as their main species, with younger farmers managing them compared to the other two groups. Regarding the number of activities in which they are engaged, the group that presents significant differences is G3, where peach is mainly managed, that is, a greater proportion of farmers have diversified their economic activities, being agriculture, in some cases, the complement of some of the trades mentioned above. Osorio et al. (2015) point out that in the Puebla Valley it has been found that pluriactivity in production units is reaching significant levels. Producers exclusively growing maize in this area carried out activities outside their production units, although their income was low and their contribution to the family economy was modest. Avila et al. (2014) state that in the state of Puebla, producers continue to grow maize despite carrying out non-agricultural activities.

Regarding the number of people working per household, G3 is the one that presents significant differences, a phenomenon related to the previous indicator,

El capulín (*Prunus serótina*) representa una fuente de ingresos importante; si el fruto es dañado, entonces utilizan la semilla que también tiene buen precio y demanda en el mercado. Los productores señalan que, debido al tamaño del frutal, lo utilizan como barrera rompevientos. Estas acotaciones coinciden con lo que reportan Guzmán et al. (2020) refiriendo que, debido a su frondoso follaje, se ha usado como árbol ornamental y barrera rompevientos; y por su tolerancia a la sequía y a los suelos pobres ha sido considerada una especie importante en rehabilitación de terrenos erosionados y restauración ecológica, además de que casi todas sus partes tienen algún uso potencial.

En cuanto al durazno (*Prunus pérsica*) (G3), se encontró que es característico de la zona debido a que es parte importante de la gastronomía en cierta temporada del año. Núñez et al. (2016) reportan que, en los municipios de Huejotzingo, Calpan, San Nicolás de los Ranchos y Domingo Arenas cada año se lleva a cabo la feria de los Chiles en Nogada, donde el durazno es uno de los principales ingredientes, con lo cual se ha logrado percibir un mayor precio de la fruta e incentivar al agricultor para producir durazno en los meses de junio a diciembre.

d). Dimensión: prácticas agrícolas

Los indicadores de la parte aspecto cultural, presentan prácticamente el mismo comportamiento en los tres grupos (Cuadro 2). El origen de las semillas de maíz es criollo. En su investigación, Naude (2023), refiere que, los productores que han mantenido esta práctica con sus propias semillas o con las que intercambian con sus vecinos, han conservado la biodiversidad genética del maíz. Con respecto a la rotación de cultivos, los productores señalan que al tener intercalados los árboles frutales, no contemplan como esencial la rotación de sus cultivos. Estos resultados se contraponen a lo que encontraron Torres et al. (2020), en donde la rotación es una práctica muy común en módulos agroforestales.

Con respecto al tipo de tracción que predomina, es la de tipo animal (G1 y G2), esto responde a que, al ser sistemas enmarcados en la agricultura familiar, escenario similar al reportado por Bastidas et al. (2021) en donde en otras zonas del estado coincide que la agricultura de temporal predomina la tracción animal.

as it has greater pluriactivity, referring to the number of people working (5) per family that carry out activities that do not correspond exclusively to the agricultural sector.

The area indicator is higher for G1, where the most important fruit tree is the tejocote, found in 51 % of the municipality's AFS. Growers reported that this fruit tree generates higher income compared to capulin (G2) and peach (G3), so those systems with a larger area have opted to establish tejocote. It is important to note that of the total number of AFS under study, the average area of the agroecosystems is 1.3 ha, finding plots of up to 3.0 ha, and in turn there are production spaces with an area of 0.9 ha; these data indicate that what has been found in the municipality of Calpan coincides with the findings of Cisneros et al. (2019), who report that 57.9 % of the agricultural production units have three hectares or less.

The AFS that make up G1 and G2 have, on average, two crops. In the case of G1, 73 % of the AFS systems have another crop in addition to maize, which can be beans, pumpkin, broad beans or chili; for G2, it is 67 % of the systems, while in G3 only 34 % have another crop in addition to maize, so this group is the one that presents a difference with respect to the other two. These results are related to the pluriactivity of this group. In these AFS, agriculture has become a secondary activity. Huato (2023) reports that when this phenomenon occurs, there is an inadequate management of maize and an inappropriate use of agrochemicals, as well as a breakdown in the transmission of empirical knowledge and peasant technologies, converting the polyculture of the milpa into a maize monoculture.

However, this contrasts with the maize production of each group, with G1 having the lowest value ($1.61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), although it could be expected that G3 that would have the lowest value. According to the farmers, this can be explained by the fact that in G1 they focus their economy on tejocote production, so they leave maize production aside because it is only for self-consumption. The group with the best yield is G2 ($2.73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), which is because the capulin is a fruit tree that is not strictly managed, so the farmers can dedicate more time to other components of the agroecosystem. Zepeda et al. (2020) state that the average yield obtained in areas near the municipa-

Diferencias estadísticas entre los grupos tipificados

Se realizó un ANOVA entre grupos y de las 23 variables en las que se basó la tipificación, en 8 (cuantitativas) se hallaron diferencias entre los diferentes grupos ($P \leq 0.5$): número de personas que trabaja, superficie de la parcela, rotación, especie frutal principal, total de especies frutales, por qué tiene especies frutales, tipo de tracción y procedencia de mano de obra.

En el Cuadro 3 se muestran los valores promedio, mínimos y máximos de las variables cuantitativas de cada uno de los tres grupos detectados de SAF en el municipio de Calpan. De las siete variables cuantitativas, tres presentan diferencias significativas de acuerdo con el ANOVA que se realizó.

La edad media de los productores es diferente en el G2, que son los SAF que tiene como especie principal al capulín, llegando a manejarlos productores más jóvenes en comparación con los otros dos grupos. Con respecto al número de actividades a las que se dedican, el grupo que presenta diferencias significativas es el G3, donde se maneja principalmente el durazno, es decir, que en mayor proporción los agricultores han diversificado sus actividades económicas, siendo la agricultura, en algunos casos, el complemento de alguno de los oficios señalados anteriormente. Osorio et al. (2015) señalan que en el Valle de Puebla se ha encontrado que la pluriactividad en las unidades de producción está alcanzando niveles relevantes. Los productores que cultivan exclusivamente maíz en esta zona realizaron actividades fuera de sus unidades de producción, aunque sus ingresos fueron bajos y su contribución a la economía familiar fue modesta. Ávila et al. (2014) afirman que en el estado de Puebla los productores, siguen cultivando maíz a pesar de realizar actividades no agrícolas.

En cuanto al número de personas que trabajan en el hogar, el G3 es el que presenta diferencias significativas, fenómeno relacionado con el indicador anterior, al tener una mayor pluriactividad, el número de personas que trabajan (5) por familia, desempeñan actividades que no corresponden exclusivamente al sector agropecuario.

El indicador de superficie es mayor para el G1, donde el frutal de mayor importancia es el tejocote, encontrándose en el 51 % de los SAF del municipio.

lity of Calpan is 3.85 t·ha⁻¹. For the state of Puebla, yields of 3.3 t·ha⁻¹ have been reported; therefore, in the study area there are lower yields, remembering that maize is used for self-consumption and if there is a surplus it is sold locally, whereas in other neighboring areas it is mainly produced for sale. Finally, the number of fruit tree species differs in each group, with some AFS having seven such species. G3 is the group with the lowest average number of fruit trees, and together with the crops, it is the one with the least agrodiversity, which is once again linked to the pluriactivity of its members.

Conclusions

The typification analysis identified that the main activity of all the farmers surveyed is agriculture. This agriculture is characterized by being diverse, since, although the main crop is maize, it is found in spatial and temporal combination with other crops and permanently with different fruit trees, so the agroecosystems found in the municipality of Calpan are agroforestry-type systems.

The AFS were divided into three groups according to the characteristics they presented, where a clear differentiator is the main fruit species, highlighting tejocote (*Crataegus mexicana*) for the first group, capulin (*Prunus salicifolia*) for the second and peach (*Prunus pérsica*) for the third. The three groups are differentiated by eight variables in total: number of people working, area, rotation, main fruit tree species, total number of fruit tree species, why they have fruit tree species, type of traction and origin of labor. The group where peach is the main fruit tree is in a transition that tends to see farmers leave agriculture aside and opt for other sources of income, which is reflected in the simplification of species in their systems. The group characterized by capulin has the advantage of being able to use different components of this fruit tree, without the need to carry out strict forest management, while the tejocote group is the strongest in terms of the income that the species brings to producers. These differences should be considered when formulating efficient and differentiated agricultural and rural sector policies, as well as when planning and implementing development projects in the area.

Los productores refirieron que este frutal les genera mayores ingresos en comparación al capulín (G2) y durazno (G3), por lo que aquellos sistemas con mayor superficie han optado por establecer tejocote. Es importante señalar, que del total de SAF de estudio, la superficie promedio de los agroecosistemas de 1.3 ha, encontrando parcelas de hasta 3.0 ha, y a su vez existen espacios de producción con una superficie de 0.9 ha, estos datos indican que lo que se ha encontrado en el municipio de Calpan coincide con lo que reportan Cisneros et al. (2019), señalando que el 57.9 % de las unidades de producción agrícola tienen tres hectáreas o menos.

Los SAF que integran los G1 y G2, en promedio presentan dos cultivos, en el caso del G1, el 73 % de los SAF presentan otro cultivo además del maíz, el cual puede ser frijol, calabaza, haba o chile, para el G2 es el 67 % de los sistemas y en el G3, solo el 34 % presentan otro cultivo además del maíz, por lo que este grupo es el que presenta diferencia con respecto a los otros dos. Estos resultados se relacionan a la pluriactividad que presenta este grupo. En estos SAF, la agricultura se ha vuelto una actividad secundaria. Huato (2023) reporta que cuando este fenómeno se presenta, se produce un manejo inadecuado del maíz y un uso inconveniente de agroquímicos, también se observa un rompimiento de la transmisión de los conocimientos empíricos y tecnologías campesinas, reconvirtiendo el policultivo de la milpa en monocultivo de maíz.

Sin embargo, eso contrasta con la producción de maíz que presenta cada grupo, siendo el G1 el que presenta el menor valor (1.61 t·ha⁻¹), esperando que fuera el G3 quien presentará el menor valor. De acuerdo con los productores, esto puede ser explicado debido a que en el G1 enfocan su economía en la producción de tejocote, por lo que dejen de lado la producción de maíz al solo ser para autoconsumo. El grupo con mejor rendimiento es el G2 (2.73 t·ha⁻¹), lo cual se explica debido a que el capulín es un frutal al que no le dan un manejo estricto, por lo que presentan mayor dedicación a otros componentes de agroecosistema. Zepeda et al. (2020) manifiestan que los rendimientos promedios obtenidos en zonas cercanas al municipio de Calpan son de 3.85 t·ha⁻¹. Para el estado de Puebla se han reportado rendimientos de 3.3 t·ha⁻¹; por lo que en el área de estudio se tienen rendimientos menores, recordando que el

End of English version

Referencias / Referencias

- Aguilar, R. C., Gómez, M. U., Rodríguez, J. A. L., Medel, R. R., & León, A. C. (2015). Tipología de unidades de producción familiar del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 18(3), 323-334.
- Arce, R. A., Monterroso, R. A. I., Gómez, D. J. D., Palacios, M. M. A., Navarro, S. E. N., López, B. J., & Conde, A. A. C. (2020). Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. *Atmósfera*, 33(3), 215-231.
- Ávila, F., Castañeda, Y., Massieu, Y., Noreiro, L., & González, A. (2014). Los productores de maíz en Puebla ante la liberación de maíz genéticamente modificado. *Sociológica*, (82), 45-81.
- Bastidas, O. L., Sánchez, J. P. J., Valverde, B. R., & Vargas, A. C. (2021). Percepción de los posibles efectos de la minería a cielo abierto y su impacto en la agricultura en Ixtacamaxitlán, Puebla, México. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 25(3).
- Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A., & Leakey, R. (2004). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. *Árboles de Centroamérica*. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 197-242 pp
- Bustamante, L. T., Chávez, B. C., & Rindermann, R. S. (2017). Sostenibilidad de pequeños productores en Tlaxcala, Puebla y Oaxaca, México. *Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo: Cuadernos de Trabajo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*, 7(37), 1-2.
- Cardeña, I. C., Ramírez, V. B., Sánchez, J. P. J., de la Peña, A. H., & León, A. C. (2019). Campesinos y sistema de producción de café ante el problema de la roya en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. *Espacio Abierto*, 28(2), 57-70.
- Cham, H., Hughes, J. N., West, S., & Im, M. H. (2015). Effect of retention in elementary grades on grade 9 motivation for educational attainment. *Journal of School Psychology*, 53, 7-24.
- Cisneros, R. Á., Valdez, J. R., González-Torres, A., Avalos, R. G., & Ogaz, A. (2019). Reforma del Artículo 27 Constitucional. En: *El Salinismo. ¿Sin Efectos? Estudio de Caso: 2010-2018*. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 44, 222-231.
- CONABIO. (2006). *Capital natural y bienestar social*. 1ª. Edit. Redacta, S. A. de C. V., México. 71 pp.
- Díaz, R. M., Sánchez, M. P., Aragón, G. A., Huerta-de la Peña, A., & López, O. J. F. (2023). Caracterización de productores de hortalizas que participan en tianguis agroecológicos en las ciudades de San Andrés Cholula y Puebla, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y*

maíz es utilizado para autoconsumo y en el caso de tener excedentes se vende de manera local, en otras zonas alejadas es producido principalmente para venta. Finalmente, el número de especies frutales difiere en cada grupo, existiendo SAF que cuentan con siete especies de frutales. El G3, es el grupo con menor cantidad de frutales en promedio, y en conjunto con los cultivos, es el que presenta menor agrodiversidad, lo que se vuelve a vincular con la pluriactividad que desempeñan sus integrantes.

Conclusiones

El análisis de tipificación permitió identificar que la totalidad de los productores encuestados tiene como actividad principal la agricultura. Esta agricultura se caracteriza por ser diversa, ya que, aunque el principal cultivo es el maíz, este se encuentra en combinación espacial y temporal con otros cultivos y de manera permanente con distintos árboles frutales, por lo que los agroecosistemas encontrados en el municipio de Calpan son sistemas de tipo agroforestal.

Los SAF se dividieron en tres grupos de acuerdo con las características que presentaron, donde un claro diferenciador es la especie frutal principal, destacando tejocote (*Crataegus mexicana*) para el primer grupo, capulín (*Prunus salicifolia*) para el segundo y durazno (*Prunus pérsica*) para el tercero. Los tres grupos son diferenciados por ocho variables en total: número de personas que trabaja, superficie, rotación, frutal principal, total de especies frutales, por qué tiene especies frutales, tipo de tracción y procedencia de mano de obra. El grupo donde el durazno es el frutal principal se encuentra en una transición que tiende a dejar de lado la agricultura y optar por otras fuentes de ingreso, lo que se ve reflejado en la simplificación de especies en sus sistemas. El grupo que se caracteriza por el capulín tiene la ventaja de poder ocupar diferentes componentes de este frutal, sin la necesidad de llevar a cabo un manejo forestal estricto. Mientras que el grupo de tejocote es el que se encuentra más fortalecido con respecto a los ingresos que la especie aporta a los productores. Estas diferencias deberían ser consideradas al momento de formular políticas agrícolas y del sector rural eficientes y diferenciadas, así como en la planeación e implementación de algún proyecto con fines de desarrollo en la zona.

Fin de la versión en español

- Desarrollo Regional.
- Espinosa, H. R., Gómez, C. J. R., & Betancur, L. F. R. (2016). Análisis comparativo de la dinámica de desarrollo agrícola en Suramérica en el período 1980-2010. *Luna Azul*, (42), 15-29.
- Głębocki, B., Kacprzak, E., & Kossowski, T. (2019). Multicriterion typology of agriculture: a spatial dependence approach. *Quaestiones Geographicae*, 38(2), 29-49.
- González, M. T. G., Coca, L. I. R., Cancio, Y. F., Jáuregui, M. M. R., & Unday, Z. G. (2022). Biodiversidad de insectos en sistemas de policultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas*, 31(3), 2400-2405.
- Guerrero R., J. de D., Gil M., A., Vargas L., S., López S., H., & López, P. A. (2007). El maíz de doble propósito: ¿Una opción para la agricultura campesina del altiplano mexicano? In: Martínez R., R., Rojo M., G. E., Ramírez V., B., y Estrella Ch., N. (Coords.). *Estudios y propuestas para el medio rural. Tomo II. Universidad Autónoma Indígena de México y Colegio de Postgraduados Campus Puebla. México. pp. 153-167.*
- Guillem, E. E., Murray-Rust, D., Robinson, D. T., Barnes, A., & Rounsevell, M. D. A. (2015). Modelling farmer decision-making to anticipate tradeoffs between provisioning ecosystem services and biodiversity. *Agricultural Systems*, 137, 12-23.
- Guzmán, F. A., Segura-Ledesma, S. D., & Almaguer-Vargas, G. (2020). El capulín (*Prunus serotina* Ehrh.): árbol multipropósito con potencial forestal en México. *Madera y bosques*, 26(1).
- Hernández, H. R., García, K. L. T., Martínez, J. F., Álvarez, C. C., & Rincón, É. G. (2021). Tipología de productores de vainilla (*Vanilla planifolia*) en sistemas agroforestales tradicionales de la Huasteca Potosina. *Espacialidades*, 11(1), 04-22.
- Huato, M. Á. D. (2023). Milpa, diálogo de saberes y la relación campesino-tierra Milpa, dialogue of knowledge and the peasant-land relationship. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(62).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información). (2020). Censo de Población y Vivienda 2012, México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2015^a). Cartografía del estado de Puebla-México. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/spañol/bvini/inegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825077129.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2015b). México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Rev. Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13-22.
- López, G. J. L., Méndez, E. J. A., Rappo, M. S. E., Damián, H. M. Á., Álvarez, G. J. F., & Paredes, S. J. A. (2018). Transformaciones territoriales y estrategias de supervivencia: el caso del municipio de Calpan, Puebla-México 1990-2015. *Papeles de población*, 24(97), 255-283.
- Méndez, E. J. A., Tomé, H. G., Pérez, R. N., & Ramírez, J. J., (2017), "Transformaciones socioeconómicas territoriales en el municipio de San Martín Texmelucan, México. 1980-2010", en *Nova Scientia*, vol. 9. núm. 18.
- Merma, I., & Julca, A. (2012). Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología aplicada*, 11(1), 1-11.
- Moreno-Calles, A. I., Galicia, V. J., Casas, A., Toledo, M. V. M., Vallejo, R. M., Santos, F. D., & Camou, A. (2014). Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.
- Muñiz, R. E., Guzmán, F. J., Sánchez, E., & Nieto, Á. R. (2014). Occurrence of entomopathogenic fungi in tejocote (*Crataegus mexicana*) orchard soils and their pathogenicity against *Rhagoletis pomonella*. *J. Appl. Microbiol.* 117: 1450–1462.
- Naude A. Y. (2023). La conservación de la biodiversidad genética del maíz mexicano y el t-mec. *Otros Diálogos*, (23).
- Núñez, T. R., Cruz, H. J., Huerta de la Peña, A., Rojas, S. J. G., & López, G. H. (2016). Cultivos que se emplean para elaborar los chiles en nogada en San Nicolas de los Ranchos, Puebla. Puebla, México: SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), COLPOS (Colegio de Posgraduados), ImagenVerde.
- Ordinola, M., Fonseca, C., Maldonado, L., Suárez, V.,

- Pradel, W., Devaux, A., & Hareau, G. (2022). Sistemas alimentarios y productivos en la zona andina: agricultura, nutrición y generación de ingresos. En: Dammert, B. J. L., Trivelli, Á. C., Diez, H. A. (2022). Perú: El problema agrario en debate. Edit. SEPIA. Perú. ISBN N.º 978-612-49133-0-3
- Osorio, G. N., López, S. H., Ramírez, V. B., Gil, M. A., & Gutiérrez, R. N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova Scientia*, 7(14), 577-600.
- Pérez, C. U., & García, G. M. (2021): *Evaluación del sistema agroforestal una alternativa para el desarrollo local sostenible, en la localidad de San Francisco Cheje, municipio de Jocotitlán, México*. En: Martínez Pellegrini, S. E., Sarmiento Franco, J. F. y Valles Aragón M. C. (Coords.) (2021); Aproximaciones teórico-metodológicas para el análisis territorial y el desarrollo regional sostenible. (Vol. I). Edit. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. (Colección: Recuperación transformadora de los territorios con equidad y sostenibilidad), Ciudad de México: ru.iiec.unam.mx/5451/. ISBN del volumen: UNAM 978-607-30-5332-7, AMECIDER 978-607-8632-18-3
- Pérez, V. A., Lang, O. F., Peralta, G. I., & Aguirre, P. F. (2012). Percepción del consumidor y productor de orgánicos: el mercado Ocelotl de Xalapa, Ver. México. *Revista mexicana de agronegocios*, 31(1345-2016-104284), 20-29
- Piza, C., Díaz, L. P., Pulido, N., & Rincón, R. J. D. (2016). Agricultura familiar: una alternativa para la seguridad alimentaria. *Conexión Agropecuaria JDC*, 6(1), 13-25.
- Regalado, L. J., Castellanos, A. A., Pérez, R. N., Méndez, E. J. A., & Hernández, R. E. (2020). Modelo asociativo y de organización para transferir la tecnología milpa intercalada en árboles frutales (MIAF). *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(56), 11-32.
- Rendón, M. R., Roldán, S. E., Hernández, H. B., & Cadena, Í. P. (2015). Los procesos de extensión rural en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 151-161.
- Robles, B. M., Ronquillo, E., Quiroz, R. C., & Aguilar, M. M. (2020). Caracterización e identificación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante de la cáscara, pulpa y semilla del fruto de tejocote (*Crataegus mexicana*). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
- Rubio, H. M. J., & Baños, R. V. (2017). El análisis de conglomerados bietápico o en dos fases con SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 10(1), 118-126.
- Ruiz, M. A. D., Jiménez, S. L., Figueroa, R. O., & Morales, G. M. (2012). Adopción del sistema milpa intercalada en árboles frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1605-1621.
- Sánchez, H., R., Mendoza P., J. D., & Salcedo P., E. (2013). Los sistemas agroforestales: una alternativa para el manejo sustentable de bosques y agroecosistemas. En: E. Salcedo P., E. Hernández A., T. Escoto G., y N. Díaz, E. (Eds.), *Los recursos forestales en el Occidente de México Tomo II*. (pp. 355-371). Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Sarstedt, M., & Mooi, E. (2014). Cluster Analysis. In a Concise Guide to Market Research, Springer Texts en Business and Economics. Berlin, Heidelberg, 273-324. DOI 10.1007/978-3-642-53965-7_9.
- Tapia, L., Aramendiz, H., Pacheco, J., & Montalvo, A. (2015). Clusters agrícolas: un estado del arte para los estudios de competitividad en el campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 113-124.
- Tlelo, C. A., Taboada-Gaytán, O. R., Sánchez, H. L., Hernández, J. C., Fletes, I. O., & Aradillas, J. C. V. (2022). Caracterización de los productores de chile poblano de la Sierra Nevada de Puebla por el manejo de la fertilización del cultivo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 19(2), 112-125.
- Torres, A. M., de Jesús Martínez, H. J., Gavi, R. F., & Sandoval, N. R. (2020). Prácticas utilizadas para la producción y mejora de la productividad de un módulo agroforestal. *Agro Productividad*, 13(1).
- Tuesta, H. O., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., Rodríguez Quispe, P., & Santistevan Méndez, M. (2014). Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecología aplicada*, 13(2), 71-78.
- Valderrama, Y., Barragán, C., & Maya, C. (2017). Estrategias pedagógicas y didácticas para el fortalecimiento de procesos metacognitivos para la comprensión lectora en estudiantes del grado segundo del Centro Educativo Rural Media Luna. (Proyecto de grado). Universidad de Antioquia.
- Vázquez, G. A., Mejía, C. C., Tapia, F. H., & Meléndez, F. C. (2016). La milpa mazahua: baluarte de conocimientos y creencias. *Iberofórum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 11(21), 142-167.
- Viveros, F. C., Gil, M. A., López, P. A., Ramírez, V. B., de Dios Guerrero, R. J., & Cruz, L. A. (2010). Patrones de utilización del maíz en unidades de producción familiar del Valle de Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(3), 471-484.
- Zepeda, J. A. Z., Valverde, B. R., López, L. L. V., & Elizalde, S. P. (2020). La pequeña empresa agrícola familiar, la producción de maíz y la línea de bienestar en Puebla, México. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 20(39).