

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR AGROPECUARIAS MESOAMERICANAS

CHARACTERIZATION OF MESOAMERICAN SMALLHOLDER FARMING SYSTEMS

Cristian A. Reyna-Ramírez¹, Mariela H. Fuentes-Ponce^{2*}, Walter A. H. Rossing³, Santiago López-Ridaura⁴

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, México. ²Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal, México, Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, Coyoacán, CDMX, C.P. 04960 México. (mfponce@correo.xoc.mx). ³Wageningen, University, Farming Systems Ecology Group, The Netherlands. ⁴Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

RESUMEN

Las políticas agropecuarias tienden a ser homogéneas para todo un sector y fomentan la implementación de innovaciones tecnológicas sin considerar las características particulares de las unidades de producción familiar (UPF). El objetivo del presente estudio fue caracterizar las UPFs en la Mixteca oaxaqueña, México, y el Altiplano de Guatemala con base en tipologías, para conocer su diversidad y tener elementos para proveer lineamientos para generar alternativas de desarrollo. La tipología se construyó con información obtenida en talleres, encuestas y métodos multivariados (PCA, análisis clúster y K-means). Las variables que determinaron la diversidad de las UPFs fueron: capacidad de inversión, remesas, tipo de trabajo y actividades pecuarias. Los tipos de UPF identificadas en la Mixteca oaxaqueña fueron: 1) agropecuarias, 2) dependientes de jornales agrícolas externos e ingresos monetarios bajos, 3) dependientes de programas gubernamentales, 4) con ingresos altos no-agrícolas, y 5) ingresos externos medios. En el Altiplano guatemalteco: 1) agropecuarias semi-comerciales, 2) agrícolas comerciales, 3) pequeñas de subsistencia, 4) pequeñas de ingreso diversificado, y 5) agrícolas semi-comerciales. En la Mixteca oaxaqueña las UPFs son sistemas de autoconsumo, dependientes de ingresos externos (remesas y programas gubernamentales), en las cuales el potencial de desarrollo radica en políticas, según la diversidad de tipos y sistemas de producción más eficientes. En Guatemala, las características de las UPFs obedecen a cadenas globales de mercado, que regulan las condiciones de producción y comercialización, en las cuales el potencial de cambio radica en generar condiciones de mercado más justas y sistemas de producción más eficientes vinculados a las organizaciones no gubernamentales (ONG) locales.

ABSTRACT

Farming policies tend to be homogeneous for an entire sector and encourage the implementation of technological innovations without considering the particular characteristics of smallholder farm systems (SFS). The objective of this study was to characterize the SFSs in the Oaxacan Mixteca, Mexico, and the highlands of Guatemala based on typologies, to know their diversity and to have elements to provide guidelines to generate development alternatives. The typology was constructed with information obtained from workshops, surveys and multivariate methods (PCA, cluster analysis and K-means). The variables that determined the diversity of the SFSs were investment capacity, remittances, type of work and livestock activities. The types of SFS identified in the Oaxacan Mixteca were: 1) farming, 2) dependent on external agricultural labours and low monetary income, 3) dependent on government programs, 4) with high non-agricultural income, and 5) medium external income. In the highlands of Guatemala: 1) semi-commercial farming, 2) commercial agriculture, 3) small subsistence, 4) small diversified income, and 5) semi-commercial agriculture. In the Oaxacan Mixteca region, the SFSs are self-consumption systems, dependent on external income (remittances and government programs), in which the potential for development lies in policies, according to the diversity of types and more efficient production systems. In Guatemala, the characteristics of the SFSs comply with global market chains, which regulate production and commercialization conditions, in which the potential for change lies in generating fairer market conditions and more efficient production systems linked to local non-governmental organizations (NGOs). The information obtained based on the typologies is useful for generating specific policies and programs of differentiated support, according to the types of systems and their context.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: agosto, 2018. Aprobado: marzo, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 259-277. 2020.

La información obtenida en función de las tipologías es útil para generar políticas y programas específicos de apoyo diferenciado, según los tipos de unidades y su contexto.

Palabras clave: análisis multivariado, poli-actividad económica, unidad familiar, dependencia.

INTRODUCCIÓN

El sur de México y el altiplano de Guatemala son parte de la región mesoamericana con unos 6 millones ha, en las cuales hay 2 millones de pequeñas unidades de producción familiar (UPF). En ellas se utiliza el sistema “milpa”; el cual incluye cultivo de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita maxima*), chile (*Capsicum annuum*), tomate verde (*Physalis philadelphica*), entre otros. Dicha diversidad permite satisfacer alrededor del 80% de la alimentación de los habitantes de la región (Birol *et al.*, 2009). En estas UPF predominan la pobreza y desnutrición, productividad agrícola baja, inestabilidad en los precios de sus productos y precios altos de insumos, migración y abandono de la actividad agrícola (Macías, 2013).

Con el fin de resolver la problemática de la producción de alimentos, en la década de 1980 las investigaciones y políticas públicas propiciaron el desarrollo tecnológico en centros de investigación, basadas en un modelo lineal y unidireccional. Los resultados se transfirieron a los extensionistas y a los productores, sin considerar la opinión de éstos y las necesidades particulares de las UPF (Muñoz y Santoyo, 2010). Las tecnologías desarrolladas con este modelo se asociaron al uso de insumos externos, como semillas, maquinaria, fertilizantes y productos fitosanitarios, lo cual limitó la apropiación por los pequeños productores debido a su bajo poder adquisitivo.

Sin embargo, no se midió la eficiencia del modelo y en numerosos casos se propiciaron desequilibrios que afectaron la calidad de los recursos, como la degradación de suelos y la escasa resiliencia a las variaciones climáticas (De Moraes *et al.*, 2014). En la década 1990-1999, las instancias gubernamentales disminuyeron los apoyos a la investigación agrícola y se impulsaron políticas sectoriales homogéneas con las tecnologías desarrolladas en la década anterior (Cadena *et al.*, 2015).

En el caso de México, dichas políticas se basaron principalmente en la transferencia monetaria bajo

Key words: multivariate analysis, economic poly-activity, family system, dependence.

INTRODUCTION

Southern Mexico and the highlands of Guatemala are part of the Mesoamerican region with about 6 million ha, in which there are 2 million smallholder farm systems (SFS). They use the “milpa” system, which includes the cultivation of corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris*), squash (*Cucurbita maxima*), chili (*Capsicum annuum*), green tomato (*Physalis philadelphica*), among others. Such diversity allows to satisfy about 80% of the diet of the inhabitants of the region (Birol *et al.*, 2009). Poverty and malnutrition, low agricultural productivity, instability in the prices of their products and high prices of inputs, migration and abandonment of agricultural activity predominate in these SFS (Macías, 2013).

In order to solve the problem of food production, in the 1980s research and public policy promoted technological development in research centers, based on a linear, one-way model. The results were transferred to extensionists and producers, without considering their opinions or the particular needs of the SFSs (Muñoz and Santoyo, 2010). The technologies developed with this model were associated with the use of external inputs, such as seeds, machinery, fertilizers and plant-protection (phytosanitary) products, which limited appropriation by small producers because of their low purchasing power.

However, the efficiency of the model was not measured, and in many cases, it led to imbalances that affected the quality of resources, such as soil degradation and low resilience to climate variations (De Moraes *et al.*, 2014). In the 1990-1999-decade, government agencies reduced support for agricultural research and promoted sector policies that were homogeneous with the technologies developed in the previous decade (Cadena *et al.*, 2015).

In the case of Mexico, these policies were based mainly on monetary transfers under government assistance programs (such as PROCAMPO and Oportunidades), which implies dependence on production assistance in each agricultural cycle (Radel *et al.*, 2017). In the case of Guatemala, the State has dissociated itself from agricultural

programas gubernamentales asistencialistas (como PROCAMPO y Oportunidades), lo cual lleva implícita la dependencia asistencial de la producción en cada ciclo agrícola (Radel *et al.*, 2017). En el caso de Guatemala, el Estado se ha desvinculado del desarrollo agrícola y las organizaciones no gubernamentales (ONG's) han cubierto este vacío con proyectos de desarrollo para mejorar la sustentabilidad de las UPF, mediante alternativas específicas como prácticas de conservación de biodiversidad, manejo postcosecha y otras (Mendoza *et al.*, 2017).

Al respecto, se implementaron paquetes tecnológicos sin herramientas para monitorear y evaluar el impacto diferenciado en las UPF. No se consideró que la investigación agrícola debe proveer enfoques que permitan a los actores comprender la complejidad de las UPF y así generar un abanico de alternativas coherentes con los contextos y tipos. El uso de tipologías permite entender la heterogeneidad de las UPF dentro de una región o contexto (Righi *et al.*, 2011) y mostrar: 1) la diversidad de las UPF para explorar intervenciones tecnológicas o políticas, correspondientes a la necesidad de cada uno de los tipos de explotación, 2) el impacto de una misma intervención en los diversos tipos, y 3) la dinámica del territorio, la cual permite realizar análisis más detallados de las UPFs (Álvarez, *et al.*, 2018).

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar las UPFs en dos regiones Mesoamericanas, una en México y otra en Guatemala, mediante el uso de tipologías, con el fin de entender la diversidad de las UPFs y proveer lineamientos para la generación de propuestas y posibles soluciones diferenciadas acordes con la diversidad y complejidad de las unidades y sus sistemas de producción agropecuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en la Mixteca Alta Oaxaqueña, México, en los municipios de Santa Catarina Tayata y San Cristóbal Amoltepec, y en Guatemala, en la región del Altiplano, al occidente en el municipio de Todos Santos.

Caracterización de las unidades de producción familiar (UPF)

En la Mixteca se obtuvo información mediante talleres con los productores con el apoyo de las organizaciones locales, Enlace, Comunicación y Capacitación A.C y en Todos Santos

development and non-governmental organizations (NGOs) have filled this gap with development projects to improve the sustainability of the SFSs, through specific alternatives such as biodiversity conservation practices, post-harvest management and others (Mendoza *et al.*, 2017).

In this regard, technology packages were implemented without tools to monitor and evaluate the differentiated impact on the SFSs. It was not considered that agricultural research should provide approaches that allow actors to understand the complexity of the SFSs and thus generate a range of alternatives consistent with the contexts and types. The use of typologies allows us to understand the heterogeneity of the SFSs within a region or context (Righi *et al.*, 2011) and to show: 1) the diversity of the SFSs to explore technological or policy interventions, corresponding to the need of each type of exploitation, 2) the impact of the same intervention on the various types, and 3) the dynamics of the territory, which allows for more detailed analyses of the SFSs (Álvarez, *et al.*, 2018).

The objective of this research was to characterize the SFSs in two Mesoamerican regions, one in Mexico and another in Guatemala, through the use of typologies, in order to understand the diversity of the SFSs and provide guidelines for the generation of proposals and possible differentiated solutions according to the diversity and complexity of the systems and their farming production systems.

MATERIALS AND METHODS

This research was carried out in the High Oaxacan Mixteca, Mexico, in the municipalities of Santa Catarina Tayata and San Cristóbal Amoltepec, and in Guatemala, it was carried out in the highlands region at the west, in the Todos Santos municipality.

Characterization of smallholder farm systems (SFSs)

In the Mixteca, information was obtained through workshops with producers with the support of local organizations, Enlace, Comunicación y Capacitación A.C. and in Todos Santos ASOCUCH (Association of Organizations of the Cuchumatanes) and FUNDAECO (Foundation for Ecodevelopment and Conservation). The workshops allowed the design of a survey for the construction and characterization of the typology of the SFSs.

ASOCUCH (Asociación de Organizaciones de los Cuchumatanes) y FUNDAECO (Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación). Los talleres permitieron el diseño de una encuesta para la construcción y caracterización de la tipología de las UPF.

Descripción cualitativa de los sistemas de producción

Con el fin de conocer los principales componentes y la dinámica de las UPFs, se desarrollaron seis talleres y se aplicó el método de investigación rural participativa (Hauser *et al.*, 2016). Tres de ellos en la región Mixteca en las localidades de Tayata, Cuauhtémoc y Amoltepec, y tres en el altiplano guatemalteco en Chanchimil, Los Lucas y Chinejock. Las comunidades se seleccionaron por la relación previa con ONGs y gobiernos locales.

Diez productores por taller participaron y definieron los recursos de sus UPFs (terrenos agrícolas y forestales, animales, maquinaria y miembros de la familia), sistematizaron la información con esquemas y definieron las interacciones entre los diferentes componentes de sus sistemas por medio de flujos de dinero, trabajo y nutrientes (alimento, fertilizantes).

A través de esta dinámica se identificaron las principales estrategias de manejo y los factores limitativos de los sistemas agropecuarios. Con la información recabada se realizó un esquema general de las UPFs por cada zona, y el diseño de la encuesta.

Descripción cuantitativa de los sistemas de producción

Se aplicó una encuesta a 82 UPFs de la Mixteca y 39 del Altiplano guatemalteco, de acuerdo con su diversidad (Álvarez *et al.*, 2018). La encuesta delimitada por las ONGs y los gobiernos locales, así como por la disponibilidad de los productores a trabajar en conjunto con los investigadores. Porque después de la etapa de caracterización y diagnóstico, el trabajo continuó con base en diferentes escenarios de manejo para modificar y mejorar las UPFs. La encuesta se estructuró en seis categorías:

- 1) Dinámica familiar: a) número de personas que viven en el hogar, b) edad de cada uno de ellos, y c) personas que migraron de la familia y cuántas regresaron a la UPFs.
- 2) Uso de la tierra: a) total de terrenos dedicados a actividades agrícolas, pecuarias y forestales y b) disponibilidad de tierra agrícola por habitante.
- 3) Manejo agrícola: a) superficie total agrícola, b) superficie total cultivada (%) = $[\text{Superficie total cultivada (ha)} / \text{Superficie total agrícola (ha)}] * 100$; c) superficie (ha) y producción total de cada cultivo (Mg), d) trabajo familiar en el ciclo agrícola (número de personas d^{-1}) = trabajo en el ciclo agrícola (número de personas $día^{-1}$) – trabajo contratado para el ciclo agrícola (número de personas d^{-1}), y e) trabajo contratado fuera de la UPF (número de personas d^{-1}).

Qualitative description of the production systems

In order to learn about the main components and dynamics of the SFSs, six workshops were developed, and the participatory rural research method was applied (Hauser *et al.*, 2016). Three of these workshops were held in the Mixteca region, in the towns of Tayata, Cuauhtémoc and Amoltepec, and three in the Guatemalan highlands in Chanchimil, Los Lucas and Chinejock. The communities were selected because of their previous relationship with NGOs and local governments.

Ten producers per workshop participated and defined the resources of their SFSs (agricultural and forest lands, animals, machinery and family members), systematized the information with schemes and defined the interactions between the different components of their systems through flows of money, work and nutrients (food, fertilizers).

Through this dynamic, the main management strategies and limiting factors of the agricultural systems were identified. With the information gathered, a general scheme of the SFSs for each zone was made, and the design of the survey as well.

Quantitative description of the production systems

A survey was applied to 82 SFSs in the Mixteca and 39 in the Guatemalan highlands, according to their diversity (Álvarez *et al.*, 2018). The survey was delimited by NGOs and local governments, as well as by the availability of producers to work together with researchers. Because after the characterization and diagnosis stage, the work continued based on different management scenarios in order to modify and improve the SFSs. The survey was structured in six categories:

- 1) Family dynamics: a) number of people living in the household, b) age of each of them, and c) people who migrated from the family and how many returned to the SFSs.
- 2) Land use: a) total land dedicated to agricultural, livestock and forestry activities and b) availability of agricultural land per inhabitant.
- 3) Agricultural management: a) total agricultural area, b) total cultivated area (%) = $[\text{Total cultivated area (ha)} / \text{Total agricultural area (ha)}] * 100$; c) surface (ha) and total production of each crop (Mg), d) family work in the agricultural cycle (number of persons d^{-1}) = work in the agricultural cycle (number of persons d^{-1}) - contracted work for the agricultural cycle (number of persons d^{-1}), and e) contracted work outside the SFS (number of persons d^{-1}).
- 4) Livestock management: a) hours per day dedicated to livestock activity; b) tropical livestock unit (TLU) index, for which conversion values were assigned depending on the size of the animals (cows, horses and donkeys, 0.7; pigs 0.2; sheep and

- 4) Manejo pecuario: a) horas por día dedicada a la actividad pecuaria; b) índice de ganadería tropical (TLU), para el cual se asignaron valores de conversión dependientes del tamaño de los animales (vacas, caballos y burros, 0.7; cerdos 0.2; ovejas y cabras 0.1; y pollos y pavos 0.01; $TLU = S$ (número de animales * factor de conversión)). Un valor de TLU alto indica una mayor actividad ganadera (Harvest, 2011).
- 5) Destino de la producción: se realizaron categorías acordes al destino de los productos agrícolas, consumo familiar, consumo animal y venta: a) todo (100%), b) más de la mitad (75%), c) mitad (50%), d) menos de la mitad (25%), y d) nada (0%). Respecto al consumo familiar y animal, se consideró el número de meses que la producción satisfacía sus necesidades.
- 6) Ingresos: se determinaron (en términos de unidad monetaria) con base en su procedencia, en dependencia de las actividades que se realizan dentro o fuera de la UPF en un año, con base en ello se calculó el ingreso total. Las actividades fueron: a) agrícola (venta de productos), b) pecuaria (venta de animales y productos), c) jornaleros (trabajo agrícola fuera de la UPF), d) otros trabajos de los miembros de la UPF que se realicen fuera de la unidad, e) programas y apoyos gubernamentales o de ONGs, y f) remesas provenientes de los migrantes; y con base en los datos anteriores se calculó g) ingreso externo de la UPF (incisos de c a f), h) ingreso total de la UPF (S incisos de a la f), e i) potencial de inversión en el sector agrícola (ingreso total de la UPF / costo de las actividades agrícolas).

Tipologías

Construcción de tipologías

Las variables de la encuesta se redujeron mediante la correlación de Pearson, excepto las del destino de la producción, por ser variables categóricas. Cuando los pares de variables comparadas tuvieron un valor de $r^2 \geq 0.4$, se seleccionó una de ellas, y después se realizó un análisis de redundancia "Capscale" a las seleccionadas para elegir aquellas con mayor variabilidad, que presentaran un mínimo del 5% (Mangeaud, 2004). Las variables producto de la selección se analizaron con la técnica de análisis de componentes principales (ACP) (Vidal, 2013), más un análisis de agrupamiento jerárquico (Collado *et al.*, 2014). Los tipos de UPF en cada zona se definieron con un análisis de clúster y K-means (Legendre y Legendre, 1998).

Caracterización de las UPF

Una vez construidos los tipos, mediante una prueba Kruskal Wallis, se determinaron las variables que diferenciaron a cada

- goats 0.1; and chickens and turkeys 0.01; $TLU = S$ (number of animals * conversion factor). A high TLU value indicates increased livestock activity (Harvest, 2011).
- 5) Destination of production: categories were made according to the destination of agricultural products, family consumption, animal consumption and sale: (a) all (100%), (b) more than half (75%), (c) half (50%), (d) less than half (25%), and (d) none (0%). With respect to family and animal consumption, the number of months in which production met their needs was considered.
 - 6) Income: was determined (in terms of monetary unit) based on its origin, depending on the activities that are carried out within or outside the SFS in a year; the total income was calculated based on this. The activities were: a) agricultural (sale of products), b) livestock (sale of animals and products), c) agricultural labours (agricultural work outside the SFS), d) other work of SFS members that is carried out outside the unit, e) government or NGO programs and support, and f) remittances from migrants; and based on the above data, g) external income of the SFS (items from c to f), h) total income of the SFS (S items from a to f), and i) investment potential in the agricultural sector (total income of the SFS/ agricultural cost) was calculated.

Typologies

Construction of typologies

Survey variables were reduced by Pearson correlation, except for those of the production destination, as they were categorical variables. When the pairs of variables compared had a value of $r^2 \geq 0.4$, one of them was selected, and then a Capscale redundancy analysis was performed on selected variables to choose those with greater variability, and representing a minimum of 5% (Mangeaud, 2004). The variables resulting from the selection were analyzed using the principal component analysis (PCA) technique (Vidal, 2013), plus a hierarchical clustering analysis (Collado *et al.*, 2014). The types of SFS in each zone were defined with a cluster and K-means analysis (Legendre and Legendre, 1998).

Characterization of SFSs

Once the types were constructed, using a Kruskal Wallis test, the variables that differentiated each type of SFS were determined (Collado *et al.*, 2014). The analyses were carried out with the R package (R Studio Team, 2015). Based on the characterization, the analysis and the proposal of the producers, possible lines of intervention were constructed for each type of SFS.

tipo de UPF (Collado *et al.*, 2014). Los análisis se realizaron con el paquete R (R Studio Team, 2015). Con base en la caracterización, el análisis y la propuesta de los productores se construyeron posibles líneas de intervención para cada tipo de UPF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción cualitativa de las unidades de producción familiar (UPF)

Aunque la Mixteca oaxaqueña y el altiplano de Guatemala pertenecieron a Mesoamérica, por sus contextos políticos, sociales y económicos los productores optaron por diferentes maneras de desarrollo. Esto se reflejó en los resultados obtenidos en los talleres.

Mixteca oaxaqueña

Las UPFs se caracterizaron por destinar la producción agrícola al autoconsumo (alimentación humana y animal), con base en cultivos básicos que incluyen maíz, frijol, calabaza y algunos productos agrícolas como hortalizas, amaranto (*Amaranthus*) y frijol, comercializados en el ámbito local. Los ingresos monetarios provienen principalmente de la actividad pecuaria, actividades fuera de la unidad de producción en el ámbito regional, remesas y subsidios. Las UPFs dependen de los espacios agro silvícolas para las actividades de pastoreo, obtención de leña y madera para el sector de construcción, aprovechamiento de agua para el consumo doméstico y micro-irrigación (Figura 1).

Altiplano guatemalteco

En esta región las UPFs son más complejas y, además de producir cultivos para autoconsumo como maíz, frijol, calabaza, papa (*Solanum tuberosum*) y hortalizas, también producen cultivos como brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), café (*Coffea*) y haba (*Vicia faba*), en sistemas con riego y gran uso de insumos externos, destinados al comercio nacional e internacional, denominados cultivos no tradicionales de exportación (Hamilton and Fisher, 2005).

La generación de ingresos monetarios depende principalmente de las actividades agrícolas vinculadas a las dinámicas de los mercados globales en los cuales se comercializan los cultivos no tradicionales

RESULTS AND DISCUSSION

Qualitative description of the smallholder farm systems (SFSs)

Although the Oaxacan Mixtec region and the Guatemalan highlands belonged to Mesoamerica, due to their political, social and economic contexts, the producers opted for different ways of development. This was reflected in the results obtained in the workshops.

Oaxacan Mixteca

The SFSs were characterized by agricultural production for self-consumption (human and animal food), based on basic crops including corn, beans, squash and some agricultural products such as vegetables, amaranth grain (*Amaranthus*) and beans, marketed locally. Monetary income comes mainly from livestock activity, activities outside the production system at the regional level, remittances and subsidies. The SFSs depend on agro-forestry spaces for grazing activities, obtaining firewood and wood for the construction sector, water use for domestic consumption and micro-irrigation (Figure 1).

Guatemala highlands

In this region, the SFSs are more complex and, in addition to producing crops for self-consumption such as corn, beans, squash, potatoes (*Solanum tuberosum*) and vegetables, they also produce crops such as broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), coffee (*Coffea*) and fava beans (*Vicia faba*) in systems with irrigation and large use of external inputs, destined for national and international trade, called non-traditional export crops (Hamilton and Fisher, 2005).

The generation of monetary income depends mainly on agricultural activities linked to the dynamics of global markets in which non-traditional export crops are traded. However, this does not guarantee their autonomy, *i.e.* the ability to self-sufficiently meet their food needs; or to decide what and how to produce (Reyna *et al.*, 2018).

Moreover, government agricultural policies and socio-economic conditions do not encourage the production of crops for self-consumption such as

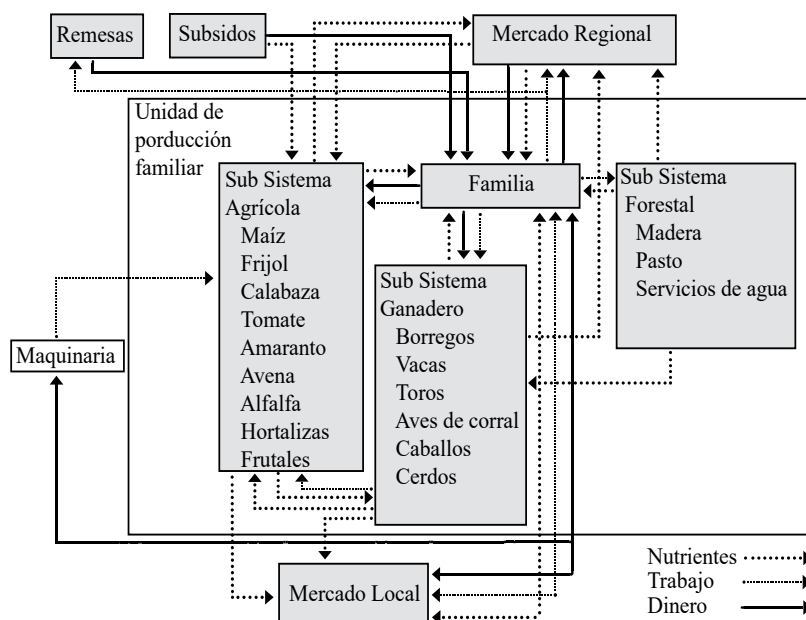


Figura 1. Diagrama general de las UPFs de la Mixteca oaxaqueña, subsistemas y flujos de nutrientes, trabajo y dinero.
Figure 1. General diagram of the SFSs of the Oaxacan Mixteca, subsystems and nutrient flows, work and money.

de exportación. Sin embargo, ello no garantiza su autonomía, es decir, la capacidad para autosatisfacer sus necesidades alimentarias; o decidir qué y cómo producir (Reyna *et al.*, 2018).

Además, las políticas gubernamentales agrícolas y las condiciones socioeconómicas no estimulan la producción de cultivos para autoconsumo como maíz y frijol, lo cual causa la necesidad de comprarlos y propicia la producción de cultivos no tradicionales de exportación (Hamilton and Fisher, 2005).

La actividad pecuaria, principalmente la producción ovina, es un factor económico importante para algunas UPFs. Sin embargo, en la mayoría de las zonas forestales comunales se restringió el pastoreo con la intervención de los gobiernos locales y de las ONG's, para conservar los recursos forestales al disminuir las actividades pecuarias. La información recabada sugiere que el sistema forestal provee leña para el hogar, agua para uso humano y riego. Los ingresos externos en estas unidades son bajos (Figura 2).

Descripción cuantitativa de los tipos de unidades de producción familiar (UPFs)

Por medio del análisis de la información recabada en las encuestas y los análisis multivariados, en la

corn and beans, which causes the need to buy them and encourages the production of non-traditional export crops (Hamilton and Fisher, 2005).

Livestock activity, mainly sheep production, is an important economic factor for some SFSs. However, in most of the communal forest areas, grazing was restricted with the intervention of local governments and NGOs, in order to conserve forest resources by reducing livestock activities. The information collected suggests that the forest system provides firewood for the home, water for human use and irrigation. External incomes in these systems are low (Figure 2).

Quantitative description of the types of smallholder farm systems (SFSs)

Through analysis of the information collected in the surveys and multivariate analysis, 10 variables were identified in the Mixteca to determine the diversity of the SFSs, with two main components representing 32.3% of the variability (Figure 3A). In the Guatemalan highlands, nine variables were detected with two main components that correspond to 47.7% of the variability (Figure 3B).

Reducing the number of variables and components means considering a smaller percentage of variability,

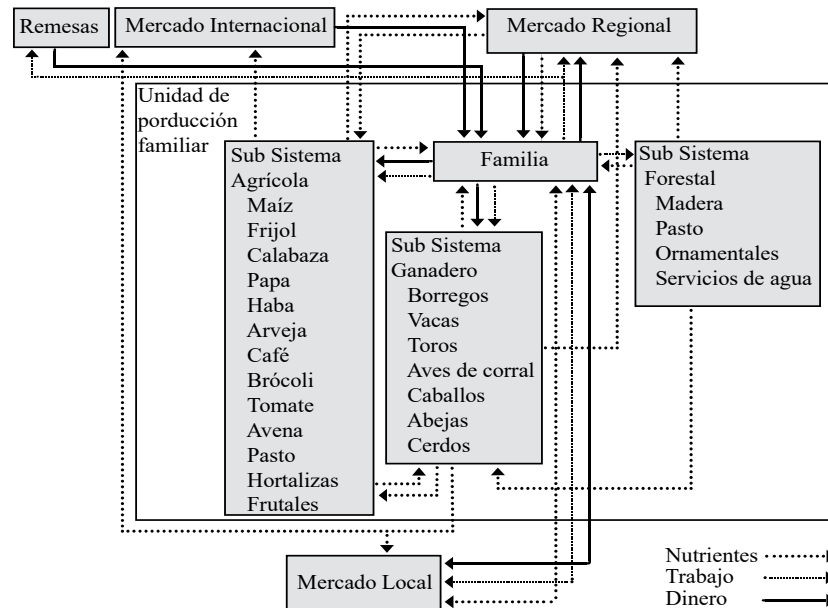


Figura 2. Diagrama general de las UPFs del Altiplano guatemalteco, sus subsistemas y los flujos de nutrientes, trabajo y dinero.
Figure 2. General diagram of SFSs in the Guatemala highlands, subsystems and nutrients flow, work and money.

Mixteca se identificaron 10 variables para determinar la diversidad de las UPFs, con dos componentes principales que representan 32.3% de la variabilidad (Figura 3A). En el Altiplano guatemalteco se detectaron nueve variables con dos componentes principales que corresponden a 47.7% de la variabilidad (Figura 3B).

La reducción del número de variables y componentes significa considerar un porcentaje menor de variabilidad, pero es suficiente para explicar la dinámica de las UPFs. Berre *et al.* (2017) realizaron una tipología que consideró 43% de la variabilidad, con base en 10 variables. Gelasakis *et al.* (2017) encontraron 33.4% de variabilidad con dos componentes principales. Las variables que determinaron los tipos de UPF en ambos casos fueron capacidad de inversión, remesas, tipo de trabajo (fuera y dentro de la UPF) y actividad pecuaria.

Hubo especificidades en cada zona: 1) en la Mixteca, las superficies sembradas con maíz, frijol, haba y calabaza fueron variables que determinaron la diversidad de los tipos (Figura 3A); 2) en el Altiplano guatemalteco las variables relevantes fueron ingreso por actividad agrícola, superficie agrícola total, superficie dedicada a la producción de papa, y edad del tomador de decisiones (Figura 3B).

but it is enough to explain the dynamics of the SFSs. Berre *et al.* (2017) made a typology that considered 43% of the variability, based on 10 variables. Gelasakis *et al.* (2017) found 33.4% variability with two main components. The variables that determined the types of SFS in both cases were investment capacity, remittances, type of work (outside and inside the SFS), and livestock activity.

There were specificities in each zone: 1) in the Mixteca, the areas sowed with corn, beans, fava beans and squash were variables that determined the diversity of the types (Figure 3A); 2) in the Guatemalan highlands the relevant variables were income by agricultural activity, total agricultural area, area dedicated to potato production, and age of the decision-maker (Figure 3B).

Five groups of SFSs were determined for the Oaxacan Mixteca and five for the Guatemalan highlands (Figure 4A and 4B). These groups were characterized by the distribution of the variables and types in the PCA (Figures 3 and 5), for example, the type of SFS farming (F) in the Mixteca was located on the right and lower side of the PCA (Figure 5A), where the variable that defined it was livestock activity (cattle, lower right, Figure 3A). In this way, the characterization of each region's SFS was made.

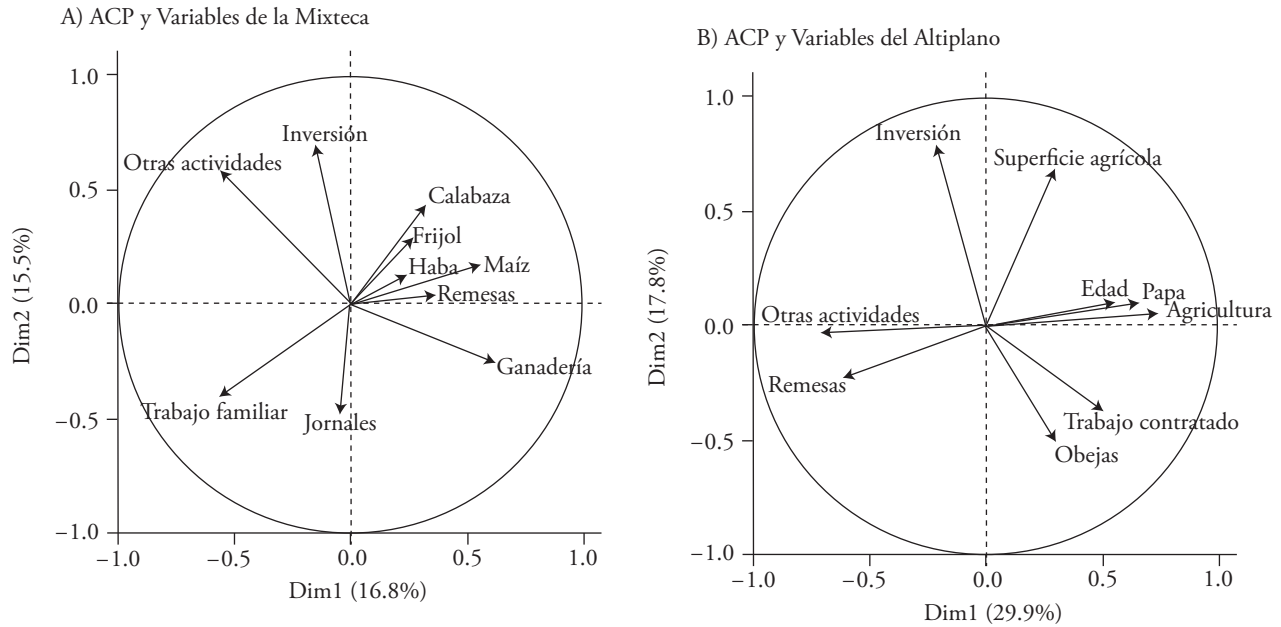


Figura 3. Variables que determinaron los tipos de productores. A) Mixteca oaxaqueña. B) Altiplano guatemalteco; descripción de variables en los Cuadros 1 y 2.
Figure 3. Variables that determined the types of producers. A) Oaxacan Mixteca. B) Guatemala highlands; description of variables in Tables 1 and 2.

Cinco grupos de UPFs se determinaron para la Mixteca oaxaqueña y cinco para el Altiplano guatemalteco (Figura 4A y 4B), estos grupos se caracterizaron a partir de la distribución de las variables y tipos en el ACP (Figura 3 y 5), por ejemplo, el tipo de UPF agropecuaria (AP) de la Mixteca se ubicó en el lado derecho e inferior del ACP (Figura 5A), donde la variable que lo definió fue la actividad pecuaria (ganadería, inferior derecha, Figura 3A). De esta manera se realizó la caracterización de las UPF de cada región.

Tipos de unidades de producción familiar (UPF) en la Mixteca oaxaqueña

Los tipos de UPF fueron: 1) agropecuarias (AP), 2) dependientes de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios (DJBI), 3) dependientes de programas gubernamentales (DPG), 4) con ingresos altos no-agrícolas (IANA) y 5) con ingresos externos medios (IEM) (Cuadro 1).

UPF agropecuarias (AP)

Estas unidades tienen la mayor superficie agrícola y disponibilidad de tierra por miembro de la familia

Types of smallholder farm systems (SFSs) in the Oaxacan Mixteca

The types of SFS were: 1) farming (F), 2) dependent on external agricultural labours and low monetary income (DEAL), 3) dependent on government programs (DGP), 4) with high non-agricultural income (HNAI) and 5) with medium external income (MEI) (Table 1).

SFS farming (F)

These units have the largest agricultural area and availability of land per family member and higher sheep and cattle farming activity, compared to the other types. With 70% of their production, they cover 11 months of their corn needs, 39% of their monetary income comes from livestock activity and 56% is external to the SFS (Table 1). The implementation of NAFTA in the 1990s and its policies, caused the SFSs to increase their dependence on external income and to decrease income from agricultural activities (Puyana *et al.*, 2006).

In our study no single type of SFS obtained more than 50% of its income from activities within

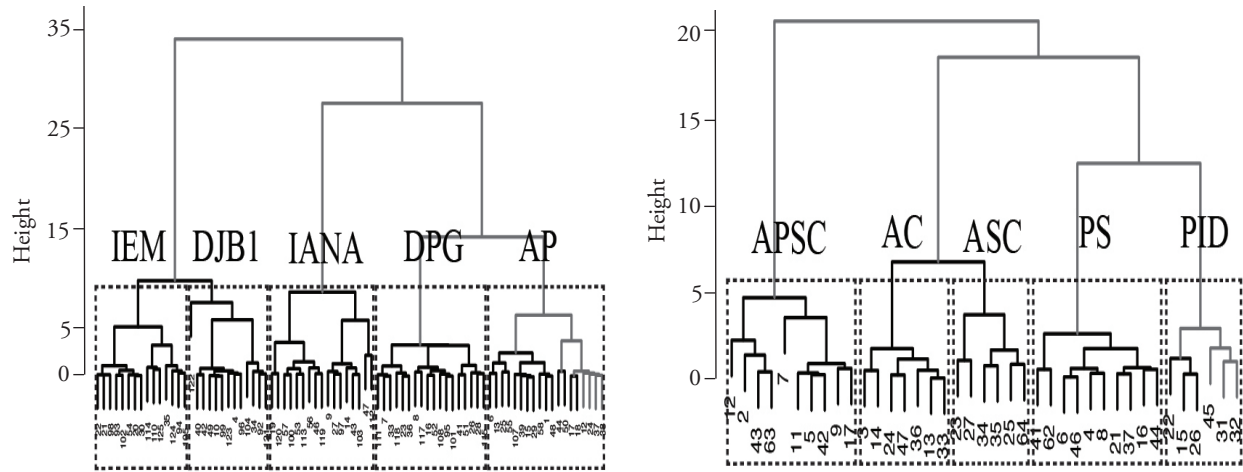


Figura 4. Clúster y tipos de UPF, por zona: A) Mixteca oaxaqueña y B) Altiplano guatemalteco. AP, agropecuarias; DJBI, dependientes de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios; DPG, dependientes de programas gubernamentales; IANA, ingresos altos no-agrícolas; IEM, ingresos externos medios; APSC, agropecuarias semi-comerciales; AC, agrícolas comerciales; PS, pequeñas de subsistencia; PID, pequeñas de ingreso diversificado y ASC, agrícolas semi-comerciales.

Figure 4. Cluster and types of SFS per zone: A) Oaxacan Mixteca and B) Guatemalan highlands. F, farming; DEAL, dependent on external agricultural labours and low monetary income; DGP, dependent on government programs; HNAI, high non-agricultural income; MEI, medium external income; SCF, semi-commercial farming; CA, commercial agricultural; SS, small subsistence; SDI, small diversified income and SCA, semi-commercial agricultural.

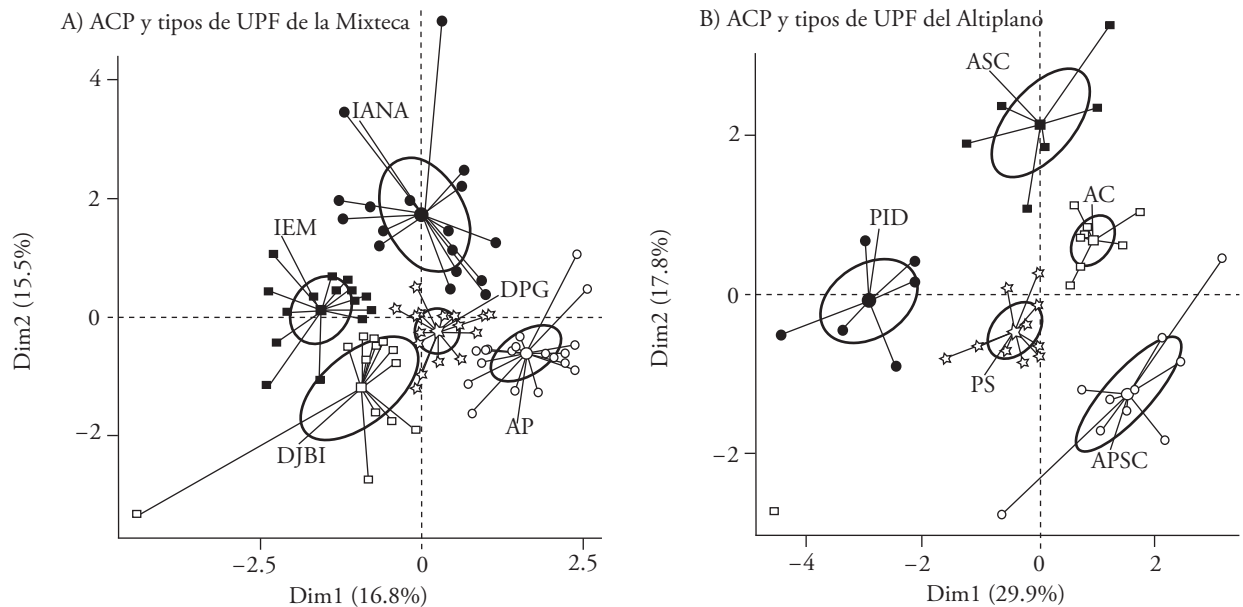


Figura 5. Tipos de UPFs: A) Mixteca oaxaqueña y B) Altiplano guatemalteco. AP, agropecuarias; DJBI, dependientes de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios; DPG, dependientes de programas gubernamentales; IANA, ingresos altos no-agrícolas, IEM, ingresos externos medios; APSC, agropecuarias semi-comerciales; AC, agrícolas comerciales; PS, pequeñas de subsistencia; PID, pequeñas de ingreso diversificado; y ASC, agrícolas semi-comerciales.

Figure 5. Types of SFS: A) Oaxacan Mixteca and B) Guatemalan highlands. F, farming; DEAL, dependent on external agricultural labours and low monetary income; DGP, dependent on government programs; HNAI, high non-agricultural income; MEI, medium external income; SCF, semi-commercial farming; CA, commercial agricultural; SS, small subsistence; SDI, small diversified income and SCA, semi-commercial agricultural.

Cuadro 1. Características de los tipos de unidades de producción familiar (UPF) en la Mixteca.
Table 1. Characteristics of the types of smallholder farm systems (SFSs) in the Mixteca.

Nombre de la variable (unidad)	AP (N:19)	DJBI (N:13)	DPG (N:18)	IANA (N:17)	IEM (N:15)
Uso de la tierra					
Superficie total agrícola (ha)	3.7a	2.5ab	2.0 b	2.0 b	2.0 b
Superficie agrícola por miembro de la familia (ha por habitante)	1.5 a	1 ab	0.7 b	0.6 b	0.6b
Manejo agrícola					
Maíz: superficie total de maíz (%)	100a	80.5b	98.8a	100 a	74.4b
Superficie total de maíz (ha)	1.7	1.7	1.6	1.0	1.5
Frijol: superficie total de frijol (%)	58.4b	36.9bc	64.2ab	86.6a	30.3c
Superficie total de frijol (ha)	0.9	0.9	1.1	0.9	0.6
Haba: superficie total de haba (%)	17.5a	5.1 ab	3.5 ab	24.4 a	0 b
Superficie total de haba (ha)	0.21	0.19	0.06	0.26	0
Calabaza: superficie total de calabaza (%)	22.3ab	0.5 b	3.1 b	41.1 a	0.15 b
Superficie total de calabaza (ha)	0.52	0.02	0.05	0.43	0.01
Número de cultivos	2.6ab	2.2b	2.1 b	3.1 a	2.3 b
Trabajo familiar en el ciclo agrícola (d)	9.9b	35.3 a	13.3 ab	10.5 b	21 a
Trabajo en el ciclo agrícola (d)	37bc	56a	27c	32c	51ab
Manejo pecuario					
Horas en actividades pecuarias (h d ⁻¹)	8.3a	3.5b	3.2 b	3.6 b	4.1 b
Número de vacas	2.3a	1 ab	1 a	0.35 b	0.8ab
Número de ovejas	25a	3.6b	2b	2.5b	0.8b
Índice de ganadería tropical (ind)	4.5a	1.5 b	1.5 b	0.9 b	1.1 b
Destino de la producción de la UPF					
Consumo total de la producción de maíz (%)	78.9	65.3	80.5	70.5	73.3
Consumo familiar de maíz (Mg por familia)	1.1a	0.78 ab	0.59b	0.79b	0.66b
Necesidad de maíz cubierta (meses)	11	10	8	8	9
Ingresos					
Ganadería: ingreso por la actividad (%)	39.1a	2.2bc	5 bc	3.9 b	0c
Jornales: ingreso por la actividad (%)	16.9b	32.3a	8.3b	1.4 b	7.7b
Otras actividades: ingreso (%)	1c	21.4 b	14 b	63.3a	74.7a
Ingreso por programas y apoyos (%)	20b	38ab	59 a	23.6 b	15.1 b
Remesas: Ingreso por remesas (%)	18.3a	2.8 bc	7.8 ab	1.3 c	0 c
Ingresos externos de la UPF (%)	56.3b	94.7b	89.2 b	90.0a	97.6ab
Ingreso total de la UPF (USD [†])	1340b	893 b	948b	6168a	2315ab
Potencial de Inversión en el sector agrícola (Ingreso total/ costos agrícolas)	4.9 b	4.9b	9.0 b	44.7a	12.7ab

Medias con letra distinta en una hilera indican diferencia estadística (Kruskal Wallis, $p \leq 0.05$) ♦ Means with different letter indicate statistical difference (Kruskal Wallis, $p \leq 0.05$).

[†]USD: dólares EE. UU.; AP, agropecuarias; DJBI, dependientes de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios; DPG, dependientes de programas gubernamentales; IANA, ingresos altos no-agrícolas; IEM, ingresos externos medios ♦ [†]USD: US dollars.; F, farming; DEAL, dependent on external agricultural labours and low monetary income; DGP, dependent on government programs; HNAI, high non-agricultural income; MEI, medium external income.

y alta actividad ganadera ovina y bovina, respecto a los otros tipos. Con 70% de su producción cubren 11 meses de su necesidad de maíz, 39% de su ingreso monetario proviene de la actividad pecuaria y 56% es

the system. In this regard, the F type was the least dependent with 56% of external income, because 89% or more income of the other types in the Mixteca were external (Table 1).

externo a la UPF (Cuadro 1). La entrada en vigor del TLC en la década de 1990 y sus políticas, provocó que las UPFs aumentaran su dependencia de ingresos externos y disminuyeran los ingresos por actividades agropecuarias (Puyana *et al.*, 2006).

En nuestro estudio ningún tipo de UPF obtuvo más de 50% de sus ingresos por actividades dentro de la unidad. Al respecto, el tipo AP fue el menos dependiente con 56% de ingresos externos, porque 89% o más de los ingresos de los otros tipos en la Mixteca fueron externos (Cuadro 1).

UPF dependiente de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios (DJBI)

La aparición de nuevas necesidades relacionadas con educación, mejor salud, nuevos bienes materiales (autos, teléfonos) y recreación, ha obligado a los productores a buscar opciones laborales que reditúen en mayores ingresos monetarios, lo cual se define como una poli-actividad económica creciente (Macías, 2013).

Lo anterior no significa que no produzcan granos básicos, ya que la producción de maíz cubre 10 meses de la demanda de alimento humano, pero 94% del ingreso monetario es externo a la UPF (Cuadro 1). Este tipo de unidad, así como los tipos IANA e IEM presentaron proletarianización de la mano de obra agrícola (Macías, 2013).

UPF con dependencia de programas gubernamentales (DPG)

Los ingresos monetarios en estas unidades dependen 59% de los programas gubernamentales. De modo que la inversión para la actividad agrícola proviene de trabajo externo o de programas y apoyos gubernamentales (Cuadro 1). Radel *et al.* (2017) mencionaron que los programas gubernamentales de transferencia condicional de efectivo destinados a la familia, *e.g.* “Oportunidades” se usaron en la producción de maíz, lo cual es riesgoso porque la producción agrícola depende de los ingresos de dichos programas, y condicionan a las UPFs a depender de ellos.

Sin embargo, el uso de dichos recursos no es el adecuado porque 80% del maíz destinado al consumo

SFS dependent on external agricultural labours and low monetary income (DEAL)

The emergence of new needs related to education, better health, new material goods (cars, telephones) and recreation, has forced producers to seek employment options that result in higher monetary income, which is defined as a growing economic poly-activity (Macías, 2013).

The above does not mean that they do not produce basic grains, since corn production covers 10 months of the demand for human food, but 94% of the monetary income is external to the SFS (Table 1). This type of system, as well as the HNAI and MEI types presented proletarianization of the agricultural labor force (Macías, 2013).

SFS dependent on government programs (DGP)

Monetary income in these units is 59% dependent on government programs. Thus, investment for agricultural activity comes from external labor or from government programs and support (Table 1). Radel *et al.* (2017) mentioned that government conditional cash transfer programs aimed at the family, *e.g.* “Oportunidades” were used in the production of corn, which is risky because agricultural production depends on the income from such programs, and they condition the SFSs to depend on them. However, the use of these resources is not adequate because 80% of the corn destined to family consumption only covers the needs for eight months. This fact suggests the need for advice on how to use this family assistance resource more efficiently in agricultural production, if that were the purpose.

SFS with high non-agricultural income (HNAI)

Some members of these units became professionals and work outside the SFS, 63% of the family income is external and 23% comes from government programs. This represents the highest external income, compared to the other types of SFS, but this does not mean that agricultural activity was abandoned (Table 1). One of the limitations is the availability of labour or its efficiency, due to the multiple activities of the producers.

familiar sólo cubre las necesidades durante ocho meses. Este hecho sugiere la necesidad de asesoría para utilizar con mayor eficiencia en la producción agrícola ese recurso asistencial familiar, si ese fuera el fin.

UPF con ingresos altos no agrícolas (IANA)

Algunos miembros de estas unidades se profesionalizaron y trabajan fuera de la UPF, 63% del ingreso familiar es externo y 23% proviene de programas gubernamentales. Esto representa el mayor ingreso externo, comparado con los otros tipos de UPF, pero no por ello se abandonó la actividad agropecuaria (Cuadro 1). Una de las limitantes es la disponibilidad de mano de obra o de su eficiencia, debido a las múltiples actividades de los productores.

UPF con ingresos externos medios (IEM)

Este tipo de unidades se caracteriza por no percibir ingresos monetarios por la actividad agropecuaria, la cual es poco diversa y sólo se destina al autoconsumo. Trabajan en centros urbanos cercanos, como en servicios domésticos o en la construcción (Cuadro 1). El 97% de sus ingresos dependen de dichas actividades, lo cual confirma el supuesto de la proletarianización de la mano de obra agrícola (Macías, 2013).

Tipos de unidades de producción familiar (UPF) en el Altiplano guatemalteco

Las UPF identificadas en esta región fueron: 1) agropecuarias semi-comerciales (APSC), 2) agrícolas comerciales (AC), 3) pequeñas de subsistencia (PS), 4) pequeñas de ingreso diversificado (PID) y 5) agrícolas semi-comerciales (ASC) (Cuadro 2).

Las ONG's han estimulado la comercialización de los productos agropecuarios no tradicionales para la exportación, lo cual se refleja en las UPF APSC, AC y ASC que se caracterizan principalmente porque sus ingresos monetarios provienen de actividades agrícolas, y es mayor al 68% de sus ingresos totales (Cuadro 2).

UPF agropecuarias semi-comerciales (APSC)

Estas UPFs se enfocan a la producción de ovinos y presentaron el mayor TLU de todas las unidades

SFS with medium external income (MEI)

This type of systems is characterized by not receiving monetary income from agricultural activity, which is not very diverse and is only used for self-consumption. They work in nearby urban centers, such as in domestic services or construction (Table 1). Ninety-seven percent of their income depends on these activities, which confirms the assumption of the proletarianization of the agricultural labor force (Macías, 2013).

Types of smallholder farm systems (SFSs) in the Guatemalan highlands

The SFSs identified in this region were: 1) semi-commercial farming (SCF), 2) commercial agricultural (CA), 3) small subsistence (SS), 4) small diversified income (SDI) and 5) semi-commercial agricultural (SCA) (Table 2).

NGOs have stimulated the commercialization of nontraditional agricultural products for export, which is reflected in the SFS, SCF, CA and SCA that are characterized mainly because their monetary income comes from agricultural activities and is greater than 68% of their total income (Table 2).

SFS semi-commercial farming (SCF)

These SFSs focus on sheep production and had the highest TLU of all systems (Table 2). In the Guatemalan highlands, sheep were introduced to use the wool in textiles and not necessarily for the direct sale of animals or by-products.

In our study the income from livestock activity does not represent more than 7% of the total income of the system. These SFSs are characterized by the production of crops for commercialization and about 50% of the agricultural area is cultivated with potatoes whose commercialization is partial and workers are hired from outside the SFS (Table 2).

Crops for self-consumption are potatoes and corn, among others. Potato production is sufficient, but corn production only covers the needs of the family group for two months a year and producers prefer to focus on growing potatoes with higher commercial value and area yield, but with high production costs compared to corn.

Cuadro 2. Características de los tipos de unidades de producción familiar (UPF) del Altiplano guatemalteco.
Table 2. Characteristics of the types of smallholder farm systems (SFSs) in the Guatemalan highlands.

Nombre de variable (unidad)	APSC (N:10)	AC (N:7)	PS (N:10)	PID (N:6)	ASC (N:6)
Dinámica familiar					
Edad del tomador de decisiones (años)	50 a	41 ab	39 ab	32 b	49 a
Uso del suelo					
Superficie agrícola total (ha)	0.94 bc	1.6 ab	0.41 c	0.91 bc	2.13 a
Superf agrícola/miembro de familia (ha por habitante)	0.17 bc	0.24 ab	0.08 c	0.15 bc	0.33a
Manejo agrícola					
Superficie total cultivada (ha)	0.95 bc	1.7 a	0.37 c	0.85 b	1.16 ab
Superficie total de maíz (ha)	0.10 b	0.34 ab	0.08 b	0.31 a	0.45 a
Producción total de maíz (Mg)	0.38 b	1.6 ab	0.21 b	2.0 a	2.1a
Superficie total de frijol (ha)	0.09	0.32	0.06	0.23	0.18
Superficie total de papa (ha)	0.53 a	0.66 a	0.14 b	0.06 b	0.17 b
Producción total de papa (Mg)	19.5a	25.1 a	5.3 b	2.4 b	1.4 b
Superficie de brócoli (ha)	0.06	0.06	0.004	0.04	0.30
Superficie total de haba (ha)	0.02	0	0.02	0.04	0
Superficie total de avena (ha)	0.05	0.02	0.008	0.04	0
Superficie total de café (ha)	0	0.14	0.008	0	0
Superficie total de calabaza (ha)	0.06	0.14	0.04	0.12	0.11
Trabajo contratado en ciclo agrícola (d)	32 a	10 b	4 b	4 b	3 b
Manejo pecuario					
Número de ovejas	15 a	3 ab	2 bc	1 bc	0 c
Índice de ganadería tropical (ind.)	3.0 ab	1.6 ab	0.9 ab	0.6 a	0.6 b
Destino de la producción					
Consumo familiar de maíz (Mg por familia)	0.38 b	1.58 a	0.19 b	1.9 a	2.08 a
Consumo familiar de maíz (meses)	2b	4 b	3 b	7 b	7 a
Consumo animal de maíz (Mg)	0.075 b	0.42 ab	0.04 b	0.53 a	0.30 b
Consumo familiar de frijol (meses)	2b	3 b	1.5 b	7 a	3 ab
Consumo familiar de papa (Mg por familia)	5.8 a	6.9 a	1.6 b	0.7 b	1.3 b
Venta de papa (Mg)	9.9 a	13.2 a	2.6 b	1.2 bc	0.1c
Ingresos					
Ingreso por la actividad agrícola (%)	79.0 a	82.4 a	66.6 a	15.4 b	68 a
Ingreso por la actividad pecuaria (%)	6.5	8.1	5.1	1.0	4.0
Ingreso por actividad como jornalero (%)	1.4 ab	0 b	12 a b	20.5 a	19.2a
Ingreso por otras actividades (%)	0 b	0 b	2.2 b	29.6 a	1 b
Ingreso por programas y apoyos (%)	0	2.5	0	1.0	3.5
Ingreso por remesas (%)	3.4 b	1b	6 b	22 a	0 b
Ingreso total de la UPF (USD [†])	1856 b	3529 ab	1548 c	3670 abc	4675 a
Inversión (Ingreso total/ costos agrícolas)	3 c	13 b	6 b	14 b	29 a

Medias con letra distinta en una hilera indican diferencia estadística (Kruskal Wallis, $p \leq 0.05$) ♦ Means with different letter indicate statistical difference (Kruskal Wallis, $p \leq 0.05$).

[†]USD: dólares EE. UU.; APSC, agropecuarias semi-comerciales; AC, agrícolas comerciales; PS, pequeñas de subsistencia; PID, pequeñas de ingreso diversificado; ASC, agrícolas semi-comerciales ♦ USD: US dollars; SCF, semi-commercial farming; CA, commercial agricultural; SS, small subsistence; SDI, small diversified income and SCA, semi-commercial agricultural.

(Cuadro 2). En el Altiplano guatemalteco se introdujeron ovejas para usar la lana en el ámbito textil y no necesariamente para la venta directa de animales o subproductos.

En nuestro estudio los ingresos por actividad pecuaria no representan más de 7% del ingreso total de

SFS commercial agricultural (CA)

The highest income of these SFSs comes from agricultural activities (82%) due to the larger cultivated area. In 50% of the area, commercial crops

las unidades de producción. Estas UPF se caracterizan por la producción de cultivos para la comercialización y cerca del 50% de la superficie agrícola se cultiva con papa cuya comercialización es parcial y se contratan trabajadores externos a la UPF (Cuadro 2). Los cultivos de autoconsumo son papa, maíz entre otros. La producción de papa es suficiente, pero la producción de maíz sólo cubre las necesidades del grupo familiar de dos meses al año y los productores prefieren dedicarse a cultivar papa con mayor valor comercial y rendimiento por superficie, pero con costos de producción altos en comparación con el maíz.

UPF agrícolas comerciales (AC)

El mayor ingreso de estas UPFs proviene de actividades agrícolas (82%) debido a la mayor superficie cultivada. En 50% de la superficie se producen cultivos comerciales (papa, café y otros) y en el otro 50%, cultivos para el autoconsumo (maíz, frijol y calabaza en policultivo), pero su producción no cubre las necesidades anuales de la familia (Cuadro 2).

UPF pequeñas de subsistencia (PS)

Estas unidades tienen la menor superficie de tierra e ingresos menores, 66% de los cuales proviene de actividades agrícolas y lo demás del trabajo fuera de la UPFs. El tomador de decisiones (promedio) tiene 39 años, y es de los más jóvenes respecto a los otros tipos (Cuadro 2). El crecimiento de la población y el fracaso del reparto agrario en Guatemala causó que el acceso a la tierra sea más complicado para las nuevas generaciones (Davis y López, 2014), lo cual se refleja en este tipo de UPF, con superficie agrícola promedio de 0.41 ha.

UPF pequeñas de ingreso diversificado (PID)

Estas unidades dependen principalmente de ingresos externos (70%), como trabajo asalariado (51%) y remesas (22%), y las actividades agropecuarias aportan 16 % de los ingresos. Más de 50% de la superficie agrícola se destina a cultivos de autoconsumo, sobre todo milpa y rotación con papa y así cubre el consumo de maíz hasta siete meses en el

are produced (potatoes, coffee and others) and in the other 50%, crops for self-consumption (corn, beans and squash in polyculture), but their production does not cover the annual needs of the family (Table 2).

SFS small subsistence (SS)

These systems have the smallest land area and the lowest income, 66% of which comes from agricultural activities and the rest from work outside the SFSs. The decision maker (average) is 39 years old and is one of the youngest in comparison to the other types (Table 2). The population growth and the failure of the agrarian distribution in Guatemala caused that the access to land is more complicated for the new generations (Davis and López, 2014), which is reflected in this type of SFS, with an average agricultural surface of 0.41 ha.

SFS small diversified income (SDI)

These systems depend mainly on external income (70%), such as salaried work (51%) and remittances (22%), and agricultural activities contribute 16% of the income. More than 50% of the agricultural area is dedicated to self-consumption crops, mainly corn and potato rotation, thus covering corn consumption up to seven months of the year (Table 2). In this case, the phenomenon of economic poly-activity to obtain income has also occurred (Macías, 2013).

SFS semi-commercial agricultural (SCA)

The SCAs have a larger land surface, 2 ha on average, but only cultivate 50% of the total area. From this, 50% is for potatoes and broccoli, and the other 50% is for self-consumption crops in the milpa. This underuse is due to the fact that the cultivation of broccoli demands more labor and is covered by family work, since it yields higher profits.

A marketing company controls the investment, the type of management and the sale. Sometimes farmers sell their labor to other SFSs and reduce the time available for their own plots. They cover their corn needs for seven months and their higher income comes from farming activity (Table 2).

año (Cuadro 2). En este caso también se ha dado el fenómeno de poli-actividad económica para obtener ingresos (Macías, 2013).

UPF agrícolas semi-comerciales (ASC)

Las ASC tienen mayor superficie de tierra, 2 ha en promedio, pero sólo cultivan el 50% del área total. De este, a su vez, 50% se destina a papa y brócoli, y el otro 50% es para cultivos de autoconsumo en la milpa. Esta subutilización se debe a que el cultivo de brócoli demanda más mano de obra y se cubre con trabajo familiar porque reditúa mayor ganancia.

Una empresa comercializadora controla la inversión, el tipo de manejo y la venta. En ocasiones los agricultores venden su mano de obra a otras UPFs y reducen el tiempo disponible para sus propias parcelas. Cubren sus necesidades de maíz durante siete meses y sus mayores ingresos provienen de la actividad agrícola (Cuadro 2).

Lineamientos diferenciados para generación de propuestas según el tipo de UPF

En la Mixteca, los problemas de las diferentes UPFs radican principalmente en la alta dependencia de ingresos externos (trabajo agrícola de jornalero, remesas, subsidios), migración, falta de mano de obra, proletarianización del campesinado, manejo no adecuado de insumos y recursos, y falta de autonomía alimentaria. Por lo tanto se plantean líneas de intervención para intensificar la producción, cuidar el medio ambiente, disminuir la dependencia, aumentar los ingresos monetarios desde la actividad interna y aumentar la autosuficiencia alimentaria, por medio de: a) integración de la agricultura y la ganadería, cultivos agrícolas y forrajeros en rotación, uso eficiente del estiércol como fertilizante (Asantea *et al.*, 2017); b) mejoramiento de la producción animal: eficiencia en la carga animal con base en requerimientos energéticos y mano de obra de cada productor, además de considerar los balances económicos en la producción pecuaria (Baudron *et al.*, 2015); c) eficiencia nutricional en cultivos: uso eficiente de insumos sobre todo en la etapa de fertilización con base en las etapas fenológicas de cada cultivo (Snapp *et al.*, 2018), y d) eficiencia de la mano de obra, para lo cual una opción es la colectivización de la misma por medio de la asociación de las diferentes UPFs, y rescatar sus

Differentiated guidelines for generating proposals according to the type of SFS

In the Mixteca, the problems of the different SFSs are mainly due to high dependence on external income (agricultural labours, remittances, subsidies), migration, lack of labor, proletarianization of the peasantry, inadequate management of inputs and resources, and lack of food autonomy. Therefore, lines of intervention are proposed to intensify production, care for the environment, decrease dependence, increase monetary income from domestic activity and increase food self-sufficiency, through: a) integration of agriculture and livestock, agricultural and forage crops in rotation, efficient use of manure as fertilizer (Asantea *et al.*, 2017); b) improvement of animal production: increase in animal load based on energy and labor requirements of each producer, in addition to considering the economic balances in livestock production (Baudron *et al.*, 2015); c) nutritional efficiency in crops: efficient use of inputs, especially in the fertilization stage, based on the phenological stages of each crop (Snapp *et al.*, 2018), and d) labor efficiency, for which one option is the collectivization of labor through the association of the different SFSs, and to rescue their own forms of organization such as the so-called “*tequio*” shared work or “*a terceras*” (dependent on a third party), where one farmer provides the inputs and another the labor force (Rosado and Ramírez, 2017). The priority of the different actions will depend on the characteristics of each type of SFS (Table 3).

In the Guatemalan highlands most of the SFSs have commercial and self-consumption crops. They are also dependent on decision making for production. Most of them have little land to cultivate, show deficits in basic grain production and the impossibility of grazing livestock. Therefore, lines of intervention are proposed according to the six types of SFSs (Table 3).

The proposed lines of intervention are: 1) the integration of agriculture and livestock (Asantea *et al.*, 2017); 2) improvement of livestock production: introduction or strengthening of backyard poultry systems or honey bee production (Wong *et al.*, 2017); 3) nutritional efficiency for crops, for which crop demands must be synchronized with supply (Rens *et al.*, 2016); 4) seek more efficient systems

Cuadro 3. Posibles líneas de intervención y nivel de priorización acorde con los tipos de unidades de producción familiar (UPF) de la Mixteca y el Altiplano guatemalteco.
Table 3. Possible lines of intervention and level of prioritization according to the types of smallholder farming systems (SFSs) in the Mixteca and the Guatemalan highlands.

Zonas Tipos de UPF	Mixteca					Altiplano				
	AP	DJBI	DPG	IANA	IEM	APSC	AC	PS	PID	ASC
Integración agricultura y ganadera	▲	■	■	▼	▼	▲	▼	-	-	▼
Mejoramiento producción animal	▲	■	■	▼	▼	▲	▼	▲	▼	▼
Eficiencia nutricional en cultivos	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Eficiencia de mano de obra	■	▲	▲	▲	▲	▲	■	▲	■	▲
Cadenas justas de comercialización	■	■	-	-	-	▲	▲	▲	-	▲
Intensificación con policultivos	▼	■	▼	▼	■	■	▲	▲	▲	▲

Niveles de importancia o prioridad de atención: ▲ alta, ■ media, ▼ baja, – no aplica ♦ Importance levels or attention priority: ▲ high, ■ medium, ▼ low, – does not apply.

AP, agropecuarias; DJBI, dependientes de jornales agrícolas externos y bajos ingresos monetarios; DPG, dependientes de programas gubernamentales; IANA, ingresos altos no-agrícolas; IEM, ingresos externos medios; APSC, agropecuarias semi-comerciales; AC, agrícolas comerciales; PS, pequeñas de subsistencia; PID, pequeñas de ingreso diversificado; ASC, agrícolas semi-comerciales ♦ F, farming; DEAL, dependent on external agricultural labours and low monetary income; DGP, dependent on government programs; HNAI, high non-agricultural income; MEI, medium external income; SCF, semi-commercial farming; CA, commercial agricultural; SS, small subsistence; SDI, small diversified income and SCA, semi-commercial agricultural.

propias formas de organización como el denominado “*requio*” trabajo compartido o “*a terceras*”, donde un agricultor pone los insumos y otro la fuerza de trabajo (Rosado y Ramírez, 2017). La prioridad de las diferentes acciones dependerá de las características de cada tipo de UPF (Cuadro 3).

En el Altiplano guatemalteco la mayoría de las UPF tienen cultivos comerciales y para autoconsumo. También presentan dependencia respecto a la toma de decisiones para la producción. La mayoría tienen poca tierra para cultivar, muestran déficit de producción de granos básicos y la imposibilidad del pastoreo para ganado. Por lo tanto, se proponen líneas de intervención acordes con los seis tipos de UPFs (Cuadro 3).

Las líneas de intervención propuestas son: 1) la integración de la agricultura y ganadería (Asantea *et al.*, 2017); 2) mejoramiento de la producción pecuaria: introducción o fortalecimiento de sistemas pecuarios de aves de traspatio o producción de abejas para miel (Wong *et al.*, 2017); 3) eficiencia nutricional para los cultivos, para lo cual se deben sincronizar las demandas del cultivo con el suministro (Rens *et al.*, 2016); 4) buscar sistemas más eficientes respecto a la mano de obra (Rosado y Ramírez, 2017); 5) cadenas justas de comercialización en las cuales las ONG’s podrían coadyuvar a generar una

regarding labor (Rosado and Ramirez, 2017); 5) fair trade chains in which NGOs could help generate a fair and stable market chain (Doherty *et al.*, 2015); and 6) intensification with polycultures and rotations that include basic grains and commercial crops, reaffirming the milpa system and agroforestry systems such as MIAF, milpa interspersed with fruit trees (Cortés *et al.*, 2012).

In each case, higher education institutions and research centers could provide information on management (fertilization, topological arrangements, etc.) and adaptability of agricultural and forage species, based on participatory research processes in smallholder farming systems.

CONCLUSIONS

The smallholder farming systems (SFSs) in the Oaxacan Mixteca and highlands of Guatemala, both sites belonging to Mesoamerica in the historical context, were similar in their forms of basic grain production and livestock, in addition to presenting a lack of autonomy.

In the case of Mexico, the major limitations of the SFSs are the dependence on external income, a main production for self-consumption, and that the trade of agricultural products is not representative in

cadena de comercialización justa y estable (Doherty *et al.*, 2015); y 6) intensificación con policultivos y rotaciones que incluyan granos básicos y cultivos comerciales reafirmando el sistema *milpa* y sistemas agroforestales como el MIAF, milpa intercalada con árboles frutales (Cortés *et al.*, 2012).

En cada caso, las instituciones de educación superior y los centros de investigación podrían aportar información sobre manejo (fertilización, arreglos topológicos, etc.) y adaptabilidad de especies agrícolas y forrajeras, con base en procesos participativos de investigación en las unidades de producción familiares.

CONCLUSIONES

Las unidades de producción familiares (UPF) en la mixteca oaxaqueña y el altiplano guatemalteco, ambos sitios pertenecientes a Mesoamérica en el contexto histórico, resultaron similares en sus formas de producción de granos básicos y ganadería, además de presentar falta de autonomía.

En el caso mexicano, las limitaciones mayores de las UPF son la dependencia de ingresos externos, una producción principal para autoconsumo y que el comercio de productos agropecuarios no es representativo en el ingreso familiar. Además de una migración alta, falta de mano de obra, proletarización del campesinado y manejo no adecuado de insumos y recursos.

El altiplano guatemalteco presenta, en la mayoría de las UPF, producción de cultivos comerciales para el ámbito nacional e internacional y una reducción en la producción de alimentos básicos para el autoconsumo.

La actividad pecuaria es una fuente importante de ingresos en ambos países, pero no hay atención actualizada y preferente para su manejo. Sino un impacto negativo en los bosques por el pastoreo, que generó condiciones de prohibición sin alternativas claras para los productores.

El enfoque de sistemas, con el uso de técnicas cualitativas y cuantitativas, hace evidente la complejidad de las UPF y la necesidad de desarrollar alternativas diferenciadas para el manejo agropecuario y otros medios de vida.

Las alternativas deberían ser participativas e incluir a los agricultores, gobiernos locales, ONG's e investigadores para mejorar la producción, con sistemas mixtos agropecuarios, uso eficiente de fertilización,

the family income. In addition to high migration, lack of labor, proletarianization of the peasantry and inadequate management of inputs and resources.

The Guatemalan highlands have, in most of the SFSs, production of commercial crops for the national and international level and a reduction in the production of basic food for self-consumption.

Livestock activity is an important source of income in both countries, but there is a lack of updated and preferential attention to its management. Instead, there is a negative impact on the forests due to grazing, which generated conditions of prohibition without clear alternatives for the producers.

The systems approach, with the use of qualitative and quantitative techniques, makes evident the complexity of the SFSs and the need to develop differentiated alternatives for agricultural management and other livelihoods.

The alternatives should be participatory and include farmers, local governments, NGOs and researchers to improve production, with mixed agricultural-livestock systems, efficient use of fertilization, crops with higher commercial value and improvement of livestock management, which consider energy balances and availability of labor.

—End of the English version—

---*---

cultivos con mayor valor comercial y mejorar el manejo pecuario considerando los balances energéticos y disponibilidad de mano de obra.

AGRADECIMIENTOS

A los habitantes de Santa Catarina Tayata y San Cristobal Amoltepec, Oaxaca, orgullosamente Mixtecos. A las comunidades Mam de Todos Santos, Guatemala. A las asociaciones ENLACE, ASOCUCH y FUNDAECO por el apoyo brindado. A Proyecto Buena Milpa (Feed the Future) y Programa MAIZE del CGIAR, por el apoyo financiero. Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca No. 272124 para la investigación doctoral de C. A. Reyna Ramírez.

LITERATURA CITADA

- Álvarez S., C. J. Timler, M. Michalscheck, W. Paas, K. Descheemaeker, P. Tittonell, J. A. Andersson, and J. C. J. Groot. 2018. Capturing farm diversity with hypothesis-based typologies: An innovative methodological framework for farming system typology development. *PLOS ONE*, 13, e0194757.
- Asantea B., R. Villano, and G. Batteseb. 2017. Integrated crop-livestock management practices, technical efficiency and technology ratios in extensive small-ruminant systems in Ghana. *Livest. Sci.* 201: 58-69.
- Baudron F., A. Mamo, D. Tirfessa, and M. Argaw. 2015. Impact of farmland enclosure on the productivity and sustainability of a mixed crop-livestock system in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agr. Ecosyst. Environ.* 207: 109-118.
- Berre D., M. Corbeels, L. Rusinamhodzi, M. Mutenje, C. Thierfelder, and S. Ridaura. 2017. Thinking beyond agronomic yield gap: Smallholder farm efficiency under contrasted livelihood strategies in Malawi. *Field Crops Res.* 214: 113-122.
- Birol E., E. Villalba, and M. Smale. 2009. Farmer preferences for milpa diversity and genetically modified maize in Mexico: a latent class approach. *Environ. Dev. Econ.* 14: 521-540.
- Cadena I., R. Gómez, H. Rodríguez, J. Berdugo-Rejón, A. Ayala-Sánchez, A. Zambada-Martínez, M. Morales-Guerra, N. Espinosa-Paz, y W. López-Báez. 2015. Contribuciones del INIFAP al extensionismo en México y la gestión de la innovación. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6: 883-895.
- Collado M., K. Soini, A. Mäki-Tanila, M. A., and C. Díaz. 2014. Defining farmer typology to analyze the current state and development prospects of livestock breeds: The Avileña-Negra Ibérica beef cattle breed as a case study. *Livest. Sci.* 169: 137-145.
- Cortés J., A. Turrent, y E. Hernández. 2012. Milpa Intercalada con árboles Frutales (MIAF). SAGARPA, Reporte Técnico; Subsecretaría de Desarrollo Rural y Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural, Texcoco, México. pp: 1-11.
- Davis J., and D. Lopez. 2014. Migration, remittances and smallholder decision-making: Implications for land use and livelihood change in Central America. *Land Use Policy* 36: 319-329.
- De Moraes J. C., Tivet F, Lal R., Briedis C., Cruz D., Dos Santos J. H., Dos Santos J. B. 2014. Long-term tillage systems impact on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. *Soil Tillage Res.* 136: 38-50.
- Doherty B., A. Smith, and S. Parker. 2015. Fair Trade market creation and marketing in the Global South. *Geoforum* 67: 158-171.
- Gelasakis A., G. Rose, R. Giannakou, G. Valergakis, A. Theodoridis, P. Fortomaris, and G. Arsenos. 2017. Typology and characteristics of dairy goat production systems in Greece. *Livest. Sci.* 197: 22-29.
- Hamilton S., and F. E. Fisher. 2005. Maya Farmers and Export Agriculture in Highland Guatemala: Implications for Development and Labor Relations. *Lat. Am. Perspect.* 32: 33-58.
- Harvest C. 2011. Total livestock population (TLU). 2005. International Food Policy Research Institute, Washington, DC., and University of Minnesota, St. Paul, MN, Technical Report <https://harvestchoice.org/maps/total-livestock-population-tlu-2005>. (Consulta: agosto, 2018).
- Hauser M., M. Lindtner, S. Preshler, and L. Probst. 2016. Farmer participatory research: Why extension workers should understand and facilitate farmers' role transitions. *J. Rural Stud.* 47: 52-61.
- Legendre P., and L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. 2nd English edition Elsevier Science BV, Amsterdam, Netherlands. pp: 1-853.
- Macías A. 2013. Introducción. Los pequeños productores agrícolas en México. *Carta Econ. Regional.* 111-2: 7-18.
- Mangeaud A. 2004. La aplicación de técnicas de ordenación multivariadas en la entomología. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 63: 3-4.
- Mendoza J. R., L. Sabillón, W. Martínez, C. Campabadal, H. E. Hallen-Adams, and A. Bianchini. 2017. Traditional maize post-harvest management practices amongst smallholder farmers in Guatemala. *J. Stored Prod. Res.* 71: 14-21.
- Muñoz R. M., y C. V. H. Santoyo. 2010. Del extensionismo a las redes de innovación. *In: Del Extensionismo Agrícola a las Redes de Innovación Rural (CIESTAAM)*. México. pp: 31-70.
- Puyana A., J. Horbath, y J. Romero. 2006. El sector agropecuario mexicano: un quinquenio con el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica. *OASIS.* 11: 213-249.
- R Studio Team. 2015. R Studio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA <http://www.rstudio.com/>. (Consulta: agosto 2018).
- Radel C., B. Schmook, N. Haenn, and L. Green. 2017. The gender dynamics of conditional cash transfers and smallholder farming in Calakmul, Mexico. *Women. Stud. Int. Forum* 65:17-27.
- Rens L., L. Zotarelli, D. Cantliffe, P. Sroffella, D. Gergela, and D. Burhans. 2016. Commercial evaluation of seasonal distribution of nitrogen fertilizer for potato. *Potato Res.* 59: 1-20.
- Reyna C., L. Rodríguez, G. Vela, J. Etchevers, and M. Fuentes. 2018. Redesign of the traditional Mesoamerican agroecosystem based on participative ecological intensification: Evaluation of the soil and efficiency of the system. *Agr. Syst.* 165: 177-186.
- Righi E., S. Dogliotti, F. M. Stefanini, and G. C. Pacini. 2011. Capturing farm diversity at regional level to up-scale farm level impact assessment of sustainable development options. *Agr. Ecosyst. Environ.* 142: 63-74.
- Rosado E., y X. Ramírez. 2017. Importancia del trabajo comunitario participativo para el establecimiento del geoparque mundial de la unesco mixteca alta, Oaxaca, México. *Invest. Geog.* 92: 1.11.
- Snapp S., P. Grabowski, R. Chikowo, A. Smith, E. Anders, D. Sirrine, V. Chimonyo, and M. Bekunda. 2018. Maize yield and profitability tradeoffs with social, human and environmental performance: Is sustainable intensification feasible?. *Agr. Syst.* 162: 77-88.
- Vidal D. L. 2013. Work division in family farm production units: Feminine responsibilities typology in a semi-arid region of Brazil. *J. Arid Environ.* 97: 242-252.
- Wong J., J. de Bruyn, B. Bagnol, H. Grieve H, M. Li, R. Pym, and R. Alders. 2017. Small-scale poultry and food security in resource-poor settings: A review. *Glob. Food Secur.* 15: 43-52.

