

Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem.): socio-technical practices and agroecological indicators in Vicente Guerrero, Tlaxcala.

Diego Flores-Sánchez^{1*}

María de la Luz López Mendoza¹

Ma. Antonia Pérez Olvera¹

Hermilio Navarro Garza¹

María Virginia González Santiago²

Abstract

Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) is a crop with strong sociocultural and gastronomic roots in central Mexico. The state of Tlaxcala ranks sixth in rainfed conditions for husk tomato production, and there is limited documentation on the cultivation practices of this crop. This study aimed to characterize the socio-technical practices and identify opportunities for agroecological and sustainable management. The research used mixed methods, integrating interviews, field visits, non-participant observation, a questionnaire applied to 15 husk tomato producers in Vicente Guerrero, and an instrument to determine agroecological indicators in plots. Husk tomato cultivation is part of complex agroforestry systems. Producers have 3.8 ha for the production of this crop. The cultivation of husk tomatoes is based on traditional peasant practices, the use of native varieties, and the widespread use of external inputs such as mineral fertilizers and pesticides, resulting in low-to-medium productivity. A baseline for socio-technical practices in husk tomato cultivation in Vicente Guerrero was established, and there are opportunities to promote agroecological management practices to allow for sustainable management of the husk tomato cultivation system.

Keywords: Agronomic practices, inputs, alternatives.

Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem.): prácticas sociotécnicas e indicadores agroecológicos en Vicente Guerrero, Tlaxcala.

Resumen

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) es un cultivo con fuerte arraigo sociocultural y gastronómico en el centro de México. El estado de Tlaxcala ocupa el sexto lugar en condiciones de temporal, y su cultivo está poco documentado. El objetivo del trabajo fue caracterizar las modalidades de prácticas sociotécnicas para identificar oportunidades hacia un manejo agroecológico y sustentable. La investigación fue mixta, integró entrevistas, recorridos de campo y observación no participante, aplicación de un cuestionario a 15 productores de tomate de cáscara en Vicente Guerrero y un instrumento para determinar indicadores agroecológicos en parcelas. El cultivo de tomate de cáscara forma parte de complejos sistemas agroforestales. Los productores disponen de 3.8 ha para su producción. El cultivo de tomate de cáscara se basa en prácticas campesinas, uso de variedades criollas, uso generalizado de insumos externos, su productividad es de baja a media. Se generó una línea base de las prácticas sociotécnicas del cultivo de tomate de cáscara en Vicente Guerrero y existen áreas de oportunidad para promover un manejo agroecológico.

Palabras clave: Prácticas agronómicas, insumos, alternativas.

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Agroecología y Sustentabilidad, km 36.5, Montecillos, C. P. 56230, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Agroecología, km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco Edo. de México. C. P. 56230.

*Corresponding author: dfs@colpos.mx Tel: 595 9520200 ext. 1840, ORCID: 0000-0002-0140-3907.

Received: July 28, 2022

Accepted: February 06, 2023

Introduction

Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) is widely cultivated in Mexico and has deep sociocultural and gastronomic roots in the central part of the country (Santiaguillo et al., 2012). Nationally, in 2021 it was cultivated in 28 states, on 42,673 ha. The states of Sinaloa, Jalisco, Puebla, Zacatecas, and Estado de México concentrated about 58 % of the cultivated area, with a yield that fluctuated between 10.5 and 29.5 t·ha⁻¹ and a national average of 18.23 t·ha⁻¹ (SIAP, 2022). This wide variation in yield is associated with the diversity of technical modalities for its production, ranging from traditional systems under rainfed conditions to technified systems with the use of inputs, fertigation, and varieties of diverse productive potential, among others (Peña-Lomelí et al., 2006; Peña-Lomelí et al., 2018). Tlaxcala ranks sixth in the production of husk tomatoes under rainfed conditions, with 1,060.5 hectares cultivated in 2021, contributing 2.5 % of the national area, with the municipality of Huamantla accounting for 45 % of the area. At the state level, there was a wide variation in yields, which varied between 7.7 and 21.1 t·ha⁻¹, with an average of 15.6 t·ha⁻¹, representing 14 % less than the national average (SIAP, 2022).

State statistics do not report the area and production of tomatoes in the municipality of Españita, to which the town of Vicente Guerrero belongs. However, this crop is part of the pattern of crops with nutritional and socioeconomic importance in this locality (Magdaleno et al., 2005). The production process of husk tomatoes in Vicente Guerrero has not been documented; however, it is known that it is carried out through external inputs, such as pesticides, herbicides, and fertilizers. This form of production contrasts with the sustainable use of local resources promoted through the agroecological approach by Grupo Vicente Guerrero. Agroecology and its principles are essential to generating alternatives for this farming system, which should be under the community's socioeconomic, technological, and environmental determinants.

This work aimed to characterize the socio-technical practices modalities (production process) to identify agroecological and sustainable management opportunities.

Introducción

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) se cultiva ampliamente en México, y tiene un fuerte arraigo sociocultural y gastronómico en el centro del país (Santiaguillo et al., 2012). A nivel nacional, en el año 2021 se cultivó en 28 estados, en 42 673 ha. Los estados de Sinaloa, Jalisco, Puebla, Zacatecas y Estado de México concentraron cerca del 58 % de la superficie cultivada; con un rendimiento que fluctuó entre 10.5 y 29.5 t·ha⁻¹, y un promedio nacional de 18.23 t·ha⁻¹ (SIAP, 2022). Esta amplia variación en el rendimiento está asociada a la diversidad de modalidades técnicas para su producción, que van desde sistemas tradicionales bajo condiciones de temporal hasta sistemas tecnificados con uso de insumos, fertirrigación y variedades de diverso potencial productivo, entre otros (Peña-Lomelí et al., 2006; Peña-Lomelí et al., 2018). El estado de Tlaxcala ocupa el sexto lugar en la producción de tomate de cáscara en condiciones de temporal. En 2021 se cultivaron 1 060.5 ha, lo que contribuyó con el 2.5 % de la superficie nacional. El municipio de Huamantla, concentró el 45 % de la superficie. A nivel estatal existió una amplia variación en el rendimiento, el cual varió entre 7.7 y 21.1 t·ha⁻¹, con un promedio de 15.6 t·ha⁻¹, el cual fue 14 % inferior a la media nacional (SIAP, 2022).

En las estadísticas estatales no se reporta la superficie y producción de tomate del municipio de Españita, al cual pertenece la localidad de Vicente Guerrero. No obstante, este cultivo forma parte del patrón de cultivos con importancia alimenticia y socioeconómica de esta localidad (Magdaleno et al., 2005). El proceso de producción de tomate de cáscara en Vicente Guerrero no ha sido documentado; no obstante, se tiene conocimiento que este se lleva a cabo mediante el uso de insumos externos, como plaguicidas, herbicidas y fertilizantes. Esta forma de producción se contrapone al uso sostenible de los recursos locales, fomentado a través del enfoque agroecológico por el Grupo Vicente Guerrero. La agroecología y sus principios son clave para generar alternativas para este sistema de cultivo, las cuales deben estar acorde a las determinantes socioeconómicas, tecnológicas y ambientales de la comunidad.

Materials and methods

The study was conducted in the Vicente Guerrero community (19° 25' 41"N and 98° 2' 23" W), which belongs to the municipality of Españita, Tlaxcala. The average altitude of the municipality is 2,691 meters above sea level (INEGI, 2012). The relief is rugged and consists of plateaus and plains (60 %) and high plateaus (40 %) (Sánchez et al., 2008). The climate is temperate sub-humid, with rainfall in summer and precipitation varying between 700 and 1,000 mm and average temperatures between 12 and 18 °C (Álvarez and Galán, 2022). The population of Españita is 8,399 inhabitants, distributed in 14 communities (INEGI, 2012). Within the economic activities, the primary and tertiary sectors stand out (Carrillo and Ramírez, 2017). Regarding agriculture, in 2021, 5,350 ha were reported cultivated: barley cultivation occupies 49 % of the area, and corn for grain 25 % (SIAP, 2022).

In this study, we worked with 15 husk tomato producers selected through snowball sampling. The research used a mixed-methods approach, integrating qualitative and quantitative methods. The qualitative aspect included interviews, field visits, and non-participant observation. The quantitative approach consisted of two parts: the first involved the application of a questionnaire to the 15. That integrated two axes: 1. socioeconomic characteristics of their family production units, 2. technical characteristics (socio-technical practices), and problems of the husk tomato cultivation system. The second part considered the application of an instrument to determine agroecological indicators proposed by Venegas et al., (2018) in the plots of the 15 tomato producers. The indicators selected and adapted to local conditions considered three components: a) biodiversity (cropping systems, living barriers, presence of weeds and pollinators, cultivars, and surrounding diversity) b) soil quality (structure, compaction and infiltration, depth, residues, color, moisture, cover, erosion and presence of earthworms and arthropods) and c) crop health (appearance, growth, incidence of pests, diseases, and weeds). For each indicator, three levels of occurrence were considered: 1 corresponds to the low level of the attribute, 2 is an intermediate value, and 3 is the desirable value of the attribute from an

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las modalidades de prácticas sociotécnicas (proceso de producción) para identificar oportunidades hacia un manejo agroecológico y sustentable.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la comunidad Vicente Guerrero (19° 25' 41''N y 98° 2' 23'' O), perteneciente al municipio de Españita, Tlaxcala. La altitud promedio del municipio es de 2 691 msnm (INEGI, 2012). El relieve es accidentado integrado por mesetas y llanuras (60 %) y altiplanicies (40 %) (Sánchez et al., 2008). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación que varía entre 700 y 1 000 mm y temperatura media de 12 a 18 °C (Álvarez y Galán, 2022). La población de Españita es de 8 399 habitantes, distribuidos en 14 comunidades (INEGI, 2012). Dentro de las actividades económicas destacan el sector primario y el terciario (Carrillo y Ramírez, 2017). Respecto a la agricultura, en el año 2021 se reportaron 5 350 ha cultivadas, el cultivo de cebada ocupa el 49 % de la superficie y el maíz para grano el 25 % (SIAP, 2022).

En el presente estudio se trabajó con 15 productores de tomate de cáscara, seleccionados a través de la técnica bola de nieve o conveniencia. La investigación fue mixta, integró métodos cualitativos y cuantitativos. El aspecto cualitativo incluyó entrevistas, recorridos de campo y observación no participante. El enfoque cuantitativo constó de dos partes; la primera involucró la aplicación de un cuestionario a los 15 productores. Este integró dos ejes: 1. características socioeconómicas de sus unidades de producción familiar, 2. características técnicas (prácticas sociotécnicas) y problemática del sistema de cultivo de tomate de cáscara. La segunda parte consideró la aplicación de un instrumento para determinar indicadores agroecológicos propuestos por Venegas et al. (2018) en las parcelas de los 15 productores de tomate. Los indicadores seleccionados y adaptados a las condiciones locales consideraron tres componentes: a) biodiversidad (sistemas de cultivo, barreras vivas, presencia de hierbas y polinizadores, cultivares y diversidad circundante); b) calidad del suelo (estructura, compactación e infiltración, profundidad, residuos, color, humedad, cobertura, erosión y presen-

agroecological perspective. The results were presented in a radar graph and bar graphs for each indicator, illustrating the behavior of each of the three levels. The results were analyzed through the trends found in the indicators.

Results and discussion

General characteristics of agricultural production systems in Vicente Guerrero

The farmers surveyed range in age from 28 to 67 years old, with an average age of 49.3 years; they have an average of 6.4 ha. The arrangement of the farming systems in Vicente Guerrero conforms to agroforestry systems. In these systems, farmers cultivate forest and fruit species in the borders with crops such as corn, squash, beans, lima beans, sorghum, and wheat in plots or *cajones* as they are called locally. This system is a strategy for managing space and plant resources for food production and soil conservation. The average number of annual crops planted is five, which are planted in two spatial modalities: polyculture (*milpa*) and monoculture (corn, barley, and husk tomato). The average area destined for husk tomato cultivation is 3.8 ha, which represents 59 % of the total available area by producers, and they have an average of 11 years dedicated to this crop. The main economic activities are small-scale agriculture and livestock raising; some engage in pulque production and other trades. The producers consider that agriculture is not a guarantee for obtaining sufficient income to meet the needs of their families.

Socio-technical practices of husk tomato cultivation.

Socio-technical practices were defined according to the most frequent practices implemented by growers for operating the husk tomato crop. Ten practices were reported, of which at least seven are carried out by 80 % of growers (Figure 1). The practices of staking, pruning, and thinning are carried out in smaller proportions.

The sequence of crop practices is shown in Figure 2. The cultivation practices begin in January and conclude in October. The first activity is soil preparation, which consists of plowing, where the residues from the previous harvest are incorporated. This first

cia de lombrices y artrópodos); y c) salud del cultivo (apariencia, crecimiento, incidencia de plagas, enfermedades y malezas). En cada indicador se tuvieron tres niveles de ocurrencia: 1 corresponde al nivel bajo del atributo, 2 valor intermedio y 3 es el valor deseable del atributo desde el enfoque agroecológico. Los resultados se presentaron en una gráfica de radar y en gráficas de barras para cada indicador en donde se ilustró el comportamiento de cada uno de los tres niveles. Los resultados se analizaron a través de las tendencias encontradas en los indicadores.

Resultados y discusión

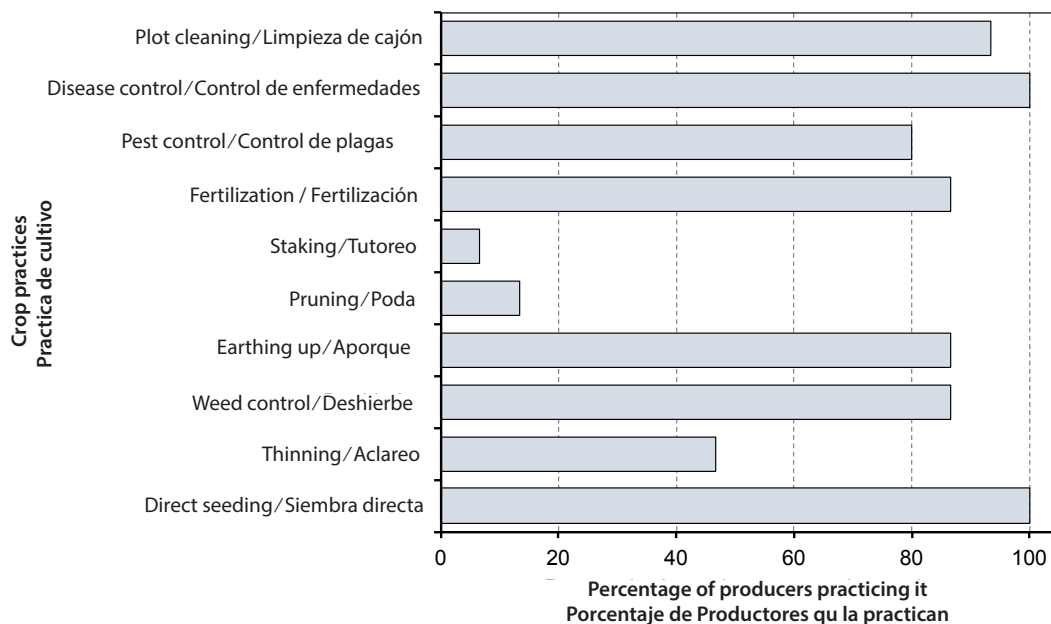
Características generales de los sistemas de producción agrícola en Vicente Guerrero

Los productores encuestados tienen un rango de edad entre 28 y 67 años, con un promedio de 49.3 años; disponen en promedio de 6.4 ha, el arreglo de los sistemas de cultivo de Vicente Guerrero conforma sistemas agroforestales, integrados por especies forestales y frutales (cultivados en los bordos) con cultivos como maíz, calabaza, frijol, haba, sorgo, trigo, en parcelas o cajones como se denominan localmente. Este sistema es una estrategia de manejo del espacio y los recursos vegetales para la producción de alimentos y la conservación del suelo. El número promedio de cultivos anuales que siembran es de cinco, los cuales se establecen en dos modalidades espaciales: policultivos (*milpa*) y unicultivos (maíz, cebada, tomate de cáscara). La superficie promedio destinada al cultivo de tomate es de 3.8 ha, la cual representa el 59 % de la superficie total disponible por los productores y tienen en promedio 11 años dedicado a este cultivo. Las actividades económicas principales son, la agricultura y ganadería a pequeña escala, algunos se dedican a la elaboración de pulque y oficios diversos. Los productores consideran que la agricultura no es una garantía para la obtención de ingresos suficientes para cubrir las necesidades de sus familias.

Prácticas sociotécnicas del cultivo de tomate.

Las prácticas sociotécnicas se definieron de acuerdo con el conjunto de prácticas más frecuentes que implementan los productores para el funcionamiento del cultivo de tomate. Se reportaron diez

Figure 1. Crop practices implemented in husk tomato cultivation in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico.
Figura 1. Prácticas de cultivo implementadas en el tomate de cáscara en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México.



plowing is done in the second week of January. Once this work is finished, the plot is left to rest until May. The second plowing is an activity performed by 80 % of the producers; this work is carried out in the second week of May, after which a tilling is carried out before planting. Besides using machinery, draft animals are also used to prepare the soil. Ten percent of the farmers have their own team and animals; the rest rent a mule-drawn team. Planting is done in the second week of May. Ninety percent of the farmers plant during this period, while the remaining percentage sows in July; this decision is made to obtain higher profits despite the risks involved in late sowing. A manual seeder or direct seeding with the “chorrillo” technique is used.

The amount of seed used by 90 % of the producers is $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, while the remaining 10 % use up to $1.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. These quantities are usually low, considering direct seeding systems use up to $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. The most widely used variety is the native variety (89 %), a combination of Tamazula, Puebla, and Milpero varieties grown in the center of the country. To a lesser extent, Guadalajara (8 %) and Milpero (3 %) are cultivated. The use of native varieties is a widespread practice in the locality. These genetic resources are fully adapted to local edaphoclimatic variations and

prácticas, de las cuales al menos siete, son llevadas a cabo por el 80 % de los productores (Figura 1). En proporciones menores se tienen las prácticas de tutorio, poda y aclareo.

La secuencia de las prácticas se presenta en la Figura 2. Las prácticas de cultivo inician en enero y concluyen en octubre. La primera actividad es la preparación del suelo, la cual consiste en el barbecho en donde se incorporan los residuos de la cosecha anterior, este primer barbecho se realiza en la segunda semana del mes de enero. Terminada esta labor se deja descansar la parcela hasta el mes de mayo. El segundo barbecho es una actividad que realizan el 80 % de los productores; esta labor se lleva a cabo en la segunda semana de mayo, posteriormente se realiza un rastreo, antes de la siembra. La preparación del terreno además de utilizar maquinaria se apoya también por animales de tiro. El 10 % de los productores tienen su propia yunta y animales, el resto de los productores arrendan la yunta dirigida por una mula. La siembra se realiza en la segunda semana de mayo. El 90 % de los productores lleva a cabo esta actividad en este periodo, mientras que el porcentaje restante lo hace en el mes de julio; esta decisión la toman para poder obtener mayores ganancias a pesar de

Figure 2. Socio-technical practices of husk tomato cultivation in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico. The color of the cells in the weeks of May and June corresponds to the type of agrochemical applied.

Month/week	JANUARY				MAY				JUNE				JULY				AUGUST				SEPTEMBER				OCTOBER			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Stages of growth and development								Germination	Emergence	Development of stems and leaves																Cenescence		
										Appearance of floral organs and flowering																		
										Formation, development, and ripening of fruits																		
										Physiological maturity																		
Management practices	I. SOIL PREPARATION																											
	First plowing				Second plowing																							
	II. SOWING																											
								Sowing																				
	III. CULTURAL PRACTICES																											
									Thinning																			
									Plot cleaning		Earthing up																	
									IV. FERTILIZATION																			
									DAP application				Urea application															
	V. PEST AND DISEASE MANAGEMENT																											
						Cutworm				Aphid				Grasshopper				Whitefly and Powdery mildew										
						Larvax application				Arrivo application				Terrazan PHD application														
	VI. WEED MANAGEMENT (APPLICATION OF HERBICIDES)																											
						Select-ultra application				Hierbamina application				weeding with horse-drawn cultivators				Esterón application										
	VII. HARVESTING																											
																	Harvesting, packaing and shipping to wholesale market											
																				Seed harvesting								

are able to tolerate climate variability (Santiaguillo et al., 2010). They also tend to show high variability and agronomically tend to have lower yields (Peña-Lomelí et al., 2006).

Thinning is practiced by about 47 % of growers, who perform it after the emergence of seedlings. This practice involves removing plants to prevent competition and promote the growth of the remaining plants.

The field is cleared three weeks after tomato emergence using a team consisting of a mule and a plow. Earthing up is carried out with the help of a mule yoke, which accumulates soil at the base of the tomato stem to prevent lodging. Clearing the field and hilling are important practices that allow for timely weed management and prevent competition with the crop, especially during the critical period of competition in the first 60 days of the crop cycle (Pérez-Moreno et al., 2014; Magaña-Lira et al., 2019).

los riesgos que implica realizar la siembra tardía. Se utiliza una sembradora manual o de manera directa con la técnica de chorrillo.

La cantidad de semilla que utiliza el 90 % de los productores es 1 kg·ha⁻¹, el resto emplea hasta 1.5 kg·ha⁻¹. Estas cantidades suelen ser bajas, considerando que en los sistemas de siembra directa se llegan a emplear hasta 2 kg·ha⁻¹. La variedad de mayor uso es la criolla (89 %), que es el resultado de la combinación de las razas Tamazula, Puebla y Milpero, variedades que se cultivan en el centro del país. En mínima proporción se cultivan Guadalajara (8 %) y Milpero (3 %). El uso de variedades criollas es una práctica generalizada en la localidad. Estos recursos genéticos están plenamente adaptados a las variaciones edafoclimáticas locales, con capacidad para soportar eventualidades climáticas (Santiaguillo et al., 2010). También, tienden a presentar una alta variabilidad y en términos agronómicos tienen bajo potencial productivo (Peña-Lomelí et al., 2006).

Figura 2. Prácticas sociotécnicas del cultivo de tomate en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. El color de las celdas de las semanas de mayo y junio corresponde al tipo de agroquímico que se aplica.

Mes /semana	ENERO				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Etapas de crecimiento y desarrollo					Germinación	Emergencia	Desarrollo de tallos y hojas																	Senescencia				
							Aparición de organos florales y floración																					
							Formación, desarrollo y madurez de frutos																					
															Madurez fisiológica													
Prácticas de manejo	I. PREPARACIÓN DEL SUELO																											
	Primer barbecho				Segundo barbecho																							
	II. SIEMBRA																											
					Siembra																							
	III. PRACTICAS CULTURALES																											
									Aclareo																			
									Limpieza de cajón		Aporque																	
									IV. FERTILIZACIÓN																			
									Aplicación de DAP				Aplicación de urea															
									V.MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES																			
					Gusano trozador				Pulgón				Chapulín				Mosquita blanca y cenicilla											
					Aplicación de Larvax				Aplicación de Arrivo								Aplicación de Terrazan PHD											
	VI. MANEJO DE HIERBAS (APLICACIÓN DE HERBICIDAS)																											
					Aplicación de Select Ultra				Aplicación de hierbamina				Deshierbe con yunta				Aplicación de Esterón											
					VII. COSECHA																							
																Cosecha, embalaje y transporste a mercado mayorista												

Fertilization is a practice carried out by 95 % of growers. This activity begins in the first week of June. Husk tomato nutrition is managed through the exclusive application of mineral fertilizers. The fertilizers applied are diammonium phosphate (DAP) and urea. The average amount of nutrients applied per hectare is 50-69-0 (NPK). Only 5 % of the farmers apply manure, which is used in dry form. These doses differ widely from national references: 180-80-00, 120-40-00, 120-00-00, 120-80-120 (Mulato, 1984; Montalvo, 1996; Ramos et al., 2002; Montes de Oca, 2014). The vast difference in nitrogen applied in the locality and the referents is notorious. The nitrogen needed to produce one ton of dried product is 3.7 kg (Castro-Brindis et al., 2004). Considering this nitrogen requirement and the amount applied by Vicente Guerrero producers, the achievable yield would be 13 t·ha⁻¹. However, if nitrogen use efficiency is considered, its availability generally tends to be 50 % lower, which implies a lower yield. This scenario calls for local re-

El aclareo lo practican cerca del 47 % de los productores, se realiza en la post emergencia de las plántulas. Esta práctica consiste en eliminar plantas para evitar competencia y promover un buen crecimiento de las restantes.

La limpieza de cajón se realiza tres semanas después de la emergencia del tomate. Se utiliza una yunta formada por una mula y un arado. El aporque se lleva a cabo con la ayuda de la yunta. Con esta práctica se acumula suelo en la base del tallo del tomate para evitar su acame. Las prácticas de limpieza del cajón y aporque permiten tener un manejo oportuno de las hierbas y evitar competencia con el cultivo, toda vez que se realizan durante el periodo crítico de competencia, que corresponde al ciclo del cultivo en los primeros 60 días (Pérez-Moreno et al., 2014; Magaña-Lira et al., 2019).

La fertilización es una práctica que realizan el 95 % de los productores. Esta actividad se efectúa a partir de la primera semana de junio. La nutrición

ferences on crop nutrition management, allowing for more efficient use of fertilizers and potentially expressing higher yields (Castro-Brindis et al., 2000).

More than 80 % of producers manage phytosanitary problems by using agrochemicals. The most common pests are the tobacco budworm (*Heliothis subflexa* Genee), present in 80 % of plots, as well as the cutworm (*Heliothis subflexa*), the aphid (*Myzus persicae* Sulzer), and the grasshopper (*Sphenarium purpurascens*). Ninety-five percent of growers apply insecticides, with the most commonly used being Arrivo 200 CE® (cypermethrin) and Larvax® (pyrethroid). Powdery mildew (*Oidium* sp) is the disease with the highest incidence and occurs during the rainy season. This disease is controlled preventively with Terrazan® PHD (quintozene) at a dose of 1 L·ha⁻¹, with only one application made. In addition, weeds and residues from the previous crop are eliminated to avoid creating humidity conditions that promote the appearance of this disease. Another health problem is the presence of broadleaf weeds and nutsedge. In addition to the mechanical means mentioned above, herbicides such as Esteron®, Herbidex®, Hierbamina® (all belonging to the 2,4-D group), and Select® ultra (clethodim) are used to control them at a dose of 1 L·ha⁻¹. Ten percent of growers use a combination of these herbicides.

Most of the agrochemicals used in the community are classified as moderately toxic (2,4-D; cypermethrin; and quintozene), in a smaller proportion as slightly toxic (clethodim) and highly toxic (pyrethroids) (WHO, 2020). The widespread use of agrochemicals poses environmental risks, harming pollinators - mainly bees - and human health. A recent study in Vicente Guerrero showed that agricultural workers who have been exposed to pesticides (2,4-D; cypermethrin; lambda-cyhalothrin; and tebuconazole) for at least six years, generally without protective equipment, showed damage to their genetic material, which can potentially trigger chronic degenerative diseases (Ruiz-Tecayehuatl et al., 2021).

Harvesting begins in August and is done manually. The fruits that have adequate size and have filled the calyx are collected in 20-liter buckets, placed in a 40 kg capacity hull, sealed with newspaper and twine, and then shipped for marketing. The husk tomatoes are harvested by temporary workers, which

del tomate de cáscara se gestiona a través de la aplicación exclusiva de fertilizantes minerales. Los fertilizantes aplicados son Fosfato Diamónico (DAP) y urea. La cantidad promedio de nutrientes aplicada por hectárea es de 50-69-0 (NPK). Solo un 5 % de los productores aplica estiércol, el cual se usa seco. Estas dosis difieren ampliamente de los referentes nacionales: 180-80-00, 120-40-00, 120-00-00, 120-80-120 (Mulato, 1984; Montalvo, 1996; Ramos et al., 2002; Montes de Oca, 2014). Es notoria la amplia diferencia del nitrógeno aplicado en la localidad y los referentes. El nitrógeno necesario para producir una tonelada de fruto seco es de 3.7 kg (Castro-Brindis et al., 2004). Considerando esa necesidad de nitrógeno y la cantidad aplicada por los productores de Vicente Guerrero, el rendimiento alcanzable sería de 13 t·ha⁻¹, no obstante, si se considera la eficiencia del uso del nitrógeno, su disponibilidad en términos generales tiende a ser 50 % inferior, lo que implica un menor rendimiento. Este escenario demanda la necesidad de generar referentes locales sobre el manejo de la nutrición del cultivo, que permita hacer un uso más eficiente de los fertilizantes y que potencialmente pueda expresar mayores rendimientos (Castro-Brindis et al., 2000).

El manejo de problemas fitosanitarios lo realizan más del 80 % de los productores, mediante el uso de agroquímicos. Las mayores afectaciones se dan por gusano del fruto (*Heliothis subflexa* Genee), el cual se presenta en un 80 % de las parcelas, además del gusano trozador (*Heliothis subflexa*), pulgón (*Myzus persicae* Sulzer) y el chapulín (*Sphenarium purpurascens*). El 95 % de los productores aplican insecticidas, los de mayor uso son Arrivo 200 CE® (Cipermetrina) y Larvax® (Piretroide). La cenicilla (*Oidium* sp) es la enfermedad de mayor incidencia y se presenta durante la época de lluvias. Esta enfermedad se controla de manera preventiva con Terrazan® PHD (Quintozeno), a dosis de 1 L·ha⁻¹ y se hace únicamente una aplicación. Adicionalmente, se eliminan hierbas y residuos del cultivo anterior para no crear condiciones de humedad que promuevan la aparición de esta enfermedad. Otro problema sanitario es la presencia de hierbas de hoja ancha y coquillo. Para su control además de los medios mecánicos mencionados, se utilizan herbicidas como Esteron®, Herbidex®, Hierbamina® (los tres pertenecen al grupo 2,4-D) y Select® ultra

corresponds to 80 %. The producers' families are also involved in this activity but in a much lower percentage, reaching 13.3 %. In very seldom cases, the producer is directly involved in the harvesting. Husk tomato yields vary between 8 and 12 t·ha⁻¹, averaging 36 % lower than the state yield (SIAP, 2022). Low husk tomato productivity across the country can be attributed to the use of native varieties with low productivity potential, inefficient input use, and suboptimal management practices (Santiaguillo et al., 2012; Peña-Lomelí et al., 2018).

Husk tomato marketing is done through intermediaries who come to Tlálloc, a community that borders Vicente Guerrero to the south. They set prices according to the daily supply. There is a marked seasonality that generates oversupply and causes the product price to tend to be low. Nonetheless, tomato cultivation contributes significantly to temporary job sources in the locality.

Husk tomato seed selection for the next crop cycle begins in the field, where plants with outstanding characteristics such as height, vigor, and fruit filling are selected. The fruits are collected at physiological maturity, then dehydrated, and the seeds are extracted. The use of native seeds is of great importance in local farming systems, and their continuity has been a part of the strategies for peasant reproduction. In this context and to improve productivity, it is advisable to promote a participatory breeding system, which is a strategy that would allow in the medium and long term to improve their agronomic characteristics. The knowledge and experience of farmers, as well as market preferences, are valued (Magaña et al., 2011; Vernooy, 2003).

Agroecological indicators of the husk tomato cropping system.

The agroecological indicators evaluated are summarized in Figure 3. In general, it can be observed that the activities carried out by 50 % of the producers have indicators at level 1, and the activities of 30 % of the producers have values close to level 2. The remaining 15 % correspond to indicators with desirable agroecological characteristics associated with soil properties. Figures 4, 5, and 6 show the proportion of each indicator level.

(Clethodim), a dosis de 1 L·ha⁻¹. Un 10 % de los productores realizan una combinación de estos herbicidas.

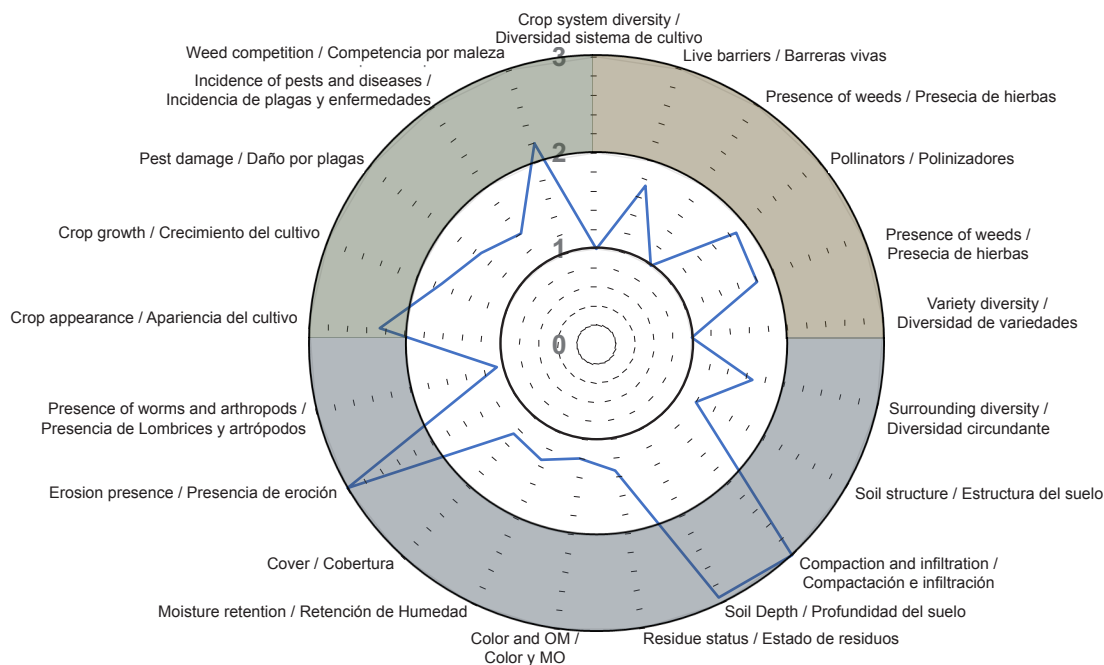
La mayoría de los agroquímicos empleados en la comunidad son clasificados como moderadamente tóxicos (2,4-D, Cipermetrina y Quintozeno), en menor proporción ligeramente tóxico (Clethodim) y altamente tóxico (Piretroides) (WHO, 2020). El uso generalizado de agroquímicos, representa riesgos ambientales, afectando a los polinizadores y principalmente a las abejas, así como a la salud humana. Un estudio reciente en Vicente Guerrero demostró que los trabajadores agrícolas que han sido expuestos a plaguicidas (2,4-D, Cipermetrina, Lambda cyhalotrina y Tebuconazole) al menos durante seis años, en general sin equipo de protección, presentaron daño en su material genético, lo que potencialmente puede desencadenar problemas de enfermedades crónico-degenerativas (Ruiz-Tecayehuatl et al., 2021).

La cosecha se inicia en el mes de agosto y se realiza manualmente. Los frutos que tienen tamaño adecuado y que han llenado el cáliz, son recolectados en cubetas de 20 litros y se colocan en una arpillera con capacidad de 40 kg; este se sella con papel periódico e hilo, posteriormente se embarcan para su comercialización. El corte de tomate se hace con mano de obra contratada temporalmente lo cual corresponde a un 80 %, las familias de los productores también se involucran en esta actividad, pero en mucho menor porcentaje llegando a un 13.3 %, en muy raros casos el productor se involucra directamente en el corte. El rendimiento del tomate varía entre 8 y 12 t·ha⁻¹, el cual es en promedio 36 % inferior al rendimiento estatal (SIAP, 2022). A nivel nacional, la baja productividad del tomate está asociada al uso de variedades nativas con bajo potencial productivo, ineficiente uso de insumos y prácticas de manejo (Santiaguillo et al., 2012; Peña-Lomelí et al., 2018).

La comercialización de tomate se realiza con intermediarios que llegan a Tlálloc, comunidad que colinda al sur con Vicente Guerrero, ellos establecen los precios de acuerdo con la oferta diaria. Existe una marcada estacionalidad lo que genera una sobreoferta y que el precio del producto tienda a ser bajo. No obstante, el cultivo de tomate tiene una importante contribución en fuentes de trabajo temporales dentro de la localidad.

Figure 3. Agroecological indicators of the husk tomato cropping system in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico. Yellow color: biodiversity indicators; blue color: soil quality indicators; green color: crop health indicators.

Figura 3. Indicadores agroecológicos del sistema del cultivo de tomate de cáscara en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. Color amarillo: indicadores de biodiversidad; color azul: indicadores de calidad de suelo; color verde: indicadores de salud del cultivo.



Regarding the indicators related to biodiversity (Figure 4) and according to the socio-technical practices of farmers, the generalized spatial arrangement is in monoculture. This biological simplification or modality allows for better management of phytosanitary problems in addition to the ease of managing a single crop. In other regions of Mexico, husk tomatoes are grown in polyculture systems, which may eventually be an option to promote ecological processes and reduce the use of agrochemicals (Santiago et al., 2009), which are widely used in the *milpa* system in Vicente Guerrero.

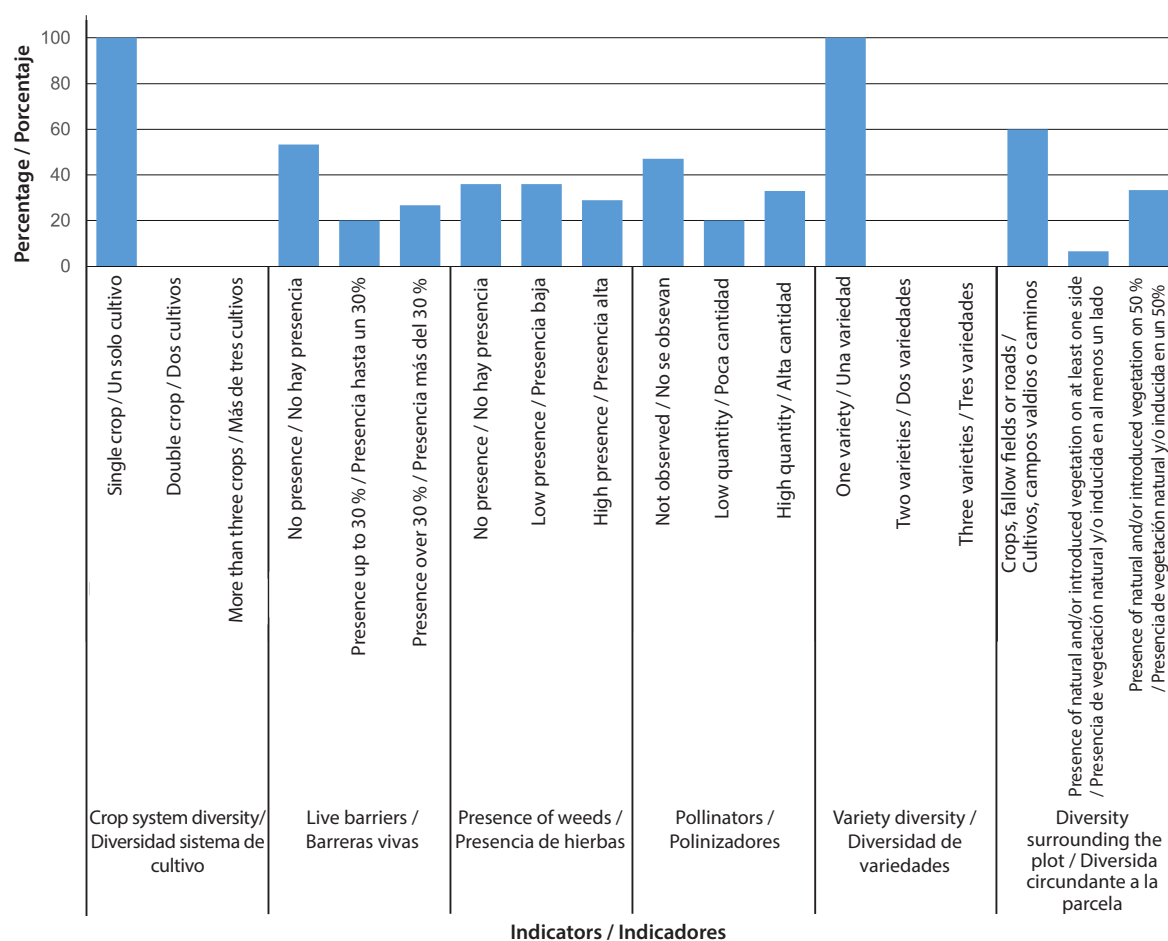
Farmers use only one variety in their cropping systems. Live barriers are absent in about 50 % of the plots, while the remaining percentage indicates that some type of live barrier is present. Weeds are either absent or at negligible levels. It is attributed to the implemented mechanical and chemical controls.

According to the sampling carried out in the plots, pollinators were low. No pollinators were observed in

La selección de semilla de tomate para el siguiente ciclo de cultivo inicia en campo, se eligen las plantas que tienen características sobresalientes como altura, vigor y llenado de frutos. Se recolectan los frutos en su madurez fisiológica para después deshidratarlos y extraer la semilla. El uso de semillas criollas, es de gran importancia dentro de los sistemas de cultivo locales y su continuidad ha sido parte de las estrategias campesinas de su reproducción. Bajo este contexto, y para mejorar la productividad, se recomienda la promoción de un sistema de mejoramiento participativo, estrategia que permitiría en un mediano y largo plazo mejorar sus características agronómicas. Este sistema valora los conocimientos, experiencias de los agricultores, y las preferencias del mercado (Magaña et al., 2011; Vernooy, 2003).

Indicadores agroecológicos del sistema de cultivo tomate de cáscara.

Los indicadores agroecológicos evaluados se presentan de manera sintetizada en la Figura 3. De manera

Figure 4. Agroecological indicators of biodiversity of the husk tomato cropping system in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico.**Figura 4. Indicadores agroecológicos de biodiversidad del sistema del cultivo de tomate de cáscara en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México.**

50 % of the plots, while in the other 50 %, low to high numbers of pollinators were seen. However, periodic monitoring is recommended to obtain a more accurate approximation, given that tomatoes require this type of insect for pollination. It is important to note that the type of insecticides used, such as broad-spectrum pyrethroids, have toxic effects on pollinators, mainly bees (Piccolomini et al., 2018). Nevertheless, it is noteworthy that Grupo Vicente Guerrero has promoted agroecological practices, which have led to a reduction of up to 80 % in agrochemicals in grain crops such as beans, corn, and fava beans (Carrillo and Ramírez, 2017).

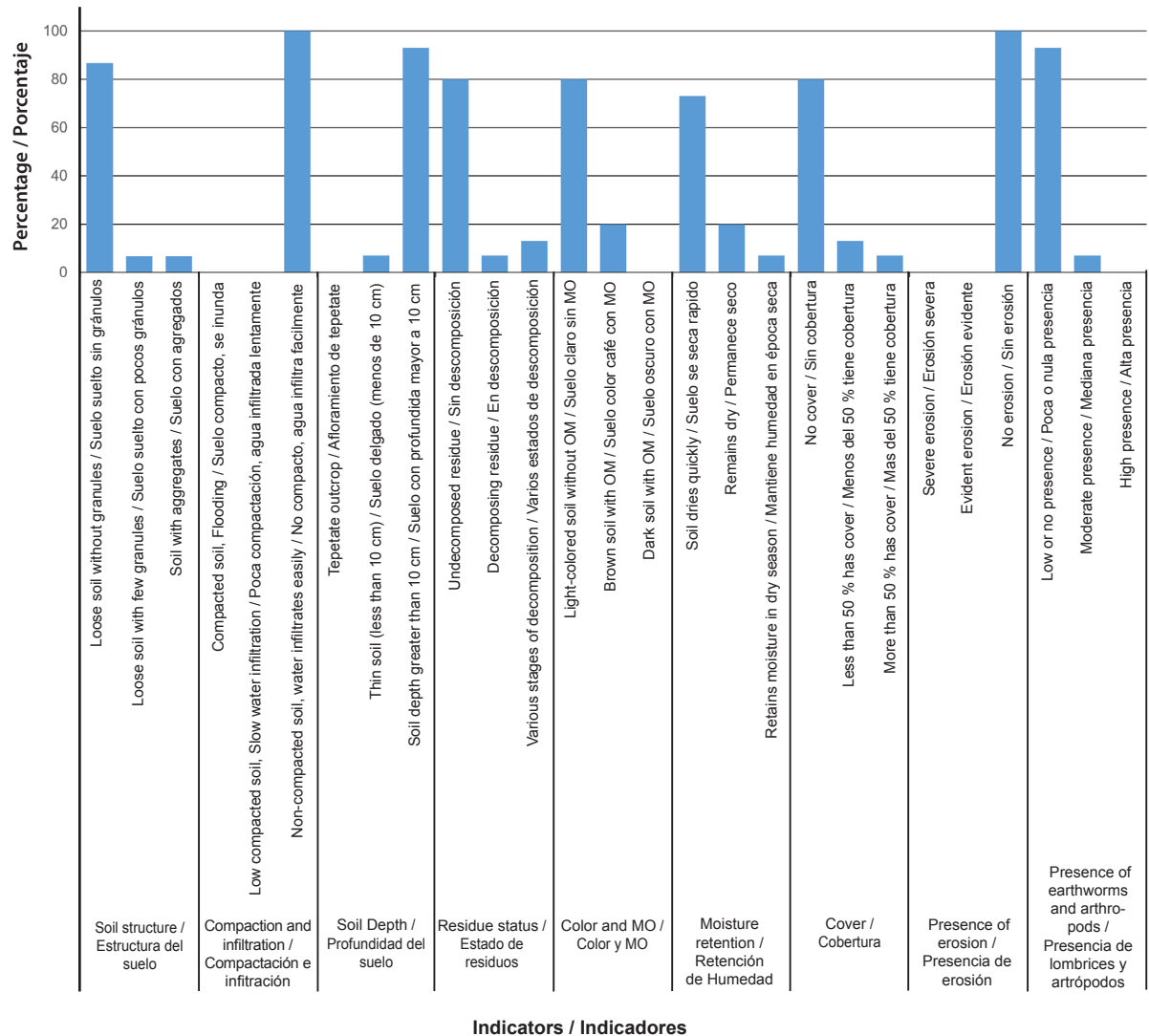
Crops represent 60 % of the surrounding diversity. Approximately one-third of the plots have surrounding natural vegetation. This community promotes biodiversity by planting perennial species in plots with annual cycle crops. The presence of up to

general, se observa que las actividades que realizan el 50 % de los productores resultan con indicadores en el nivel 1, mientras que las actividades del 30 % de los productores tienen valores cercanos a un nivel 2. El 15 % restante corresponde a indicadores que presentan características agroecológicas deseables, los cuales se asocian a propiedades del suelo. En las Figuras 4, 5 y 6 se muestra la proporción en que se presentó cada uno de los niveles de los indicadores.

Respecto a los indicadores relacionados a la biodiversidad (Figura 4) y de acuerdo con las prácticas sociotécnicas de los agricultores, el arreglo espacial generalizado es en unicultivo. Esta simplificación biológica o modalidad permite tener un mejor control de los problemas fitosanitarios, al gestionar un solo cultivo. En otras regiones de México, el tomate se cultiva en sistemas de policultivos, lo que eventualmente puede ser una opción para promover procesos

Figure 5. Agroecological indicators of soil quality of the husk tomato cropping system in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico.

Figura 5. Indicadores agroecológicos de calidad de suelo del sistema del cultivo de tomate de cáscara en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México.



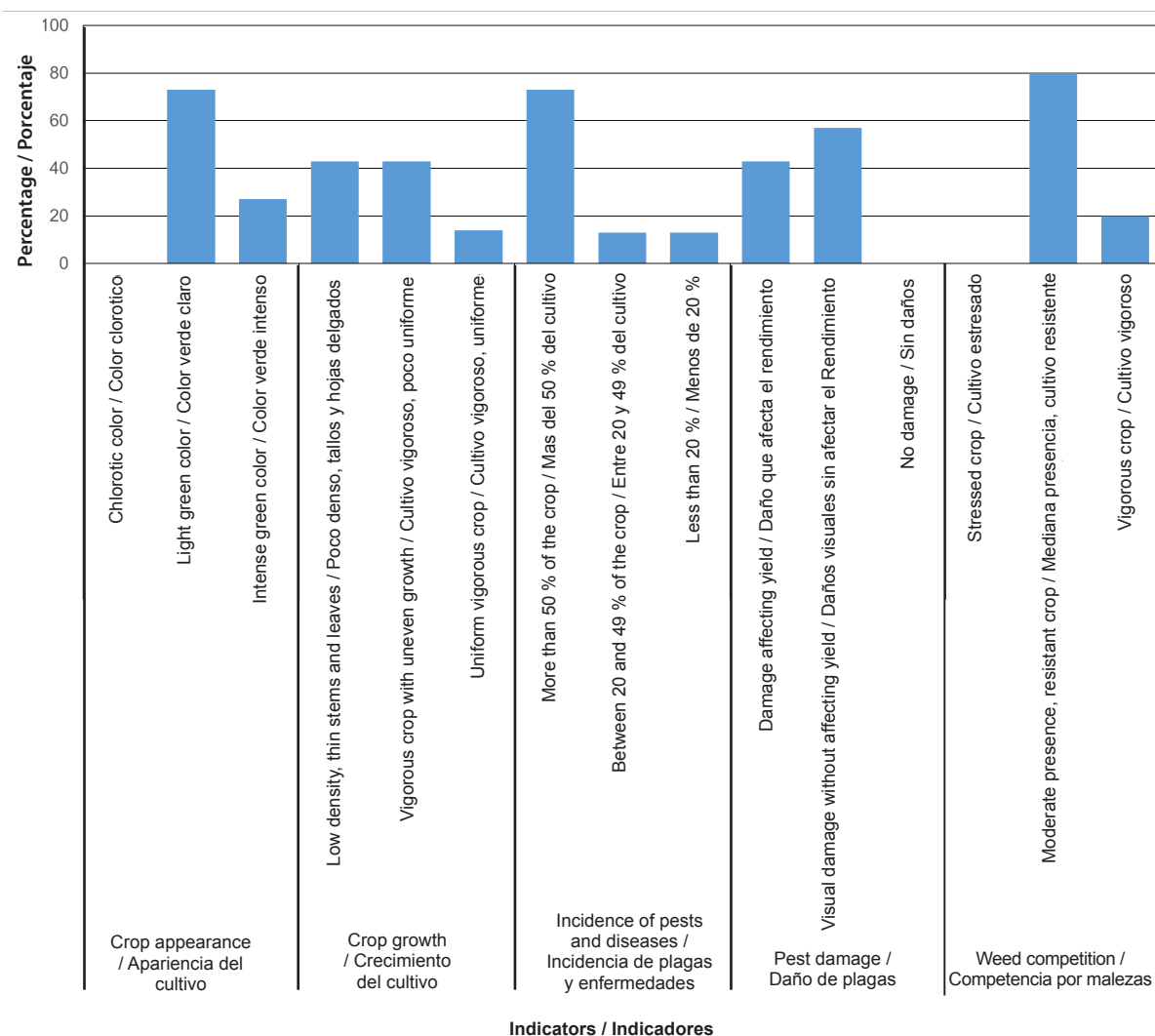
50 fruit and forest trees per hectare has been reported (Sánchez et al., 2008).

The indicators related to soil health (Figure 5) show deficient characteristics from an agroecological perspective. Loose soils without granules stand out, with the scarce presence of decomposing residues and light coloration indicating the lack of organic matter, which could be associated with the lack of cover and the low presence of earthworms and arthropods. The little or no application of organic sources and nutrition based on mineral fertilizers could be a cause of these conditions. This condition demands the implementation of strategies that integrate the application of organomine-

cológicos y reducir el uso de agroquímicos (Santiago et al., 2009), los cuales son ampliamente utilizados en el sistema milpa en Vicente Guerrero.

Los agricultores emplean una sola variedad en sus sistemas de cultivo. Las barreras vivas están ausentes en cerca del 50 % de las parcelas, el porcentaje restante indica que existe algún tipo de barrera viva. Las hierbas están en niveles de nula y poca presencia, esto se atribuye al control mecánico y químico que es implementado.

De acuerdo con el muestreo realizado en las parcelas, la presencia de polinizadores fue escasa. En el 50 % de las parcelas no se observaron polinizadores, en el otro 50 %, se observaron entre poca y alta cantidad de

Figure 6. Agroecological indicators of the health of husk tomato crops in Vicente Guerrero, Tlaxcala, Mexico.**Figura 6. Indicadores agroecológicos de salud del cultivo de tomate de cáscara en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México.**

ral fertilizers, which have demonstrated positive effects on husk tomato crops (Aguíñaga-Bravo et al., 2020). However, there are desirable properties such as no compaction, soils with at least 10 cm of arable layer, and no erosion. The presence of the Vicente Guerrero Group has contributed to the implementation of agroecological practices, including interventions for soil and water conservation, which in some way implies the null presence of erosion in the plots (Sánchez et al., 2008; Carrillo and Ramírez 2017).

In the crop appearance indicators (Figure 6), the crop appearance and growth showed some variations, with light green coloration being noteworthy and around 30 % exhibiting dark green coloration.

polinizadores. No obstante, se recomienda hacer monitoreos periódicos para tener una mejor aproximación, toda vez que el tomate requiere de este tipo de insectos para su polinización. Es importante destacar que el tipo de insecticidas empleados como los piretroides, de amplio espectro, tiene efectos tóxicos en los polinizadores, principalmente abejas (Piccolomini et al., 2018). Sin embargo, es de destacar que el Grupo Vicente Guerrero ha promovido la incorporación de prácticas agroecológicas, mediante las cuales se ha reducido el uso de agroquímicos hasta un 80 % en los cultivos de granos como frijol, maíz y haba (Carrillo y Ramírez, 2017).

La diversidad circundante, está representada en un 60 % por cultivos. Aproximadamente, la tercera parte de los predios son parcelas con vegetación na-

Nearly 40 % of the plots showed poor growth with thin stems and leaves, which could be associated with nutrient deficiencies and phytosanitary problems (incidence and damage by pests and diseases). It may be related to the management of insect and pathogen populations and the timing of input applications. Inefficient use of inputs and management practices are the main limiting factors in husk tomato production (Peña-Lomelí et al., 2018). As mentioned in the previous section, the amount of fertilizer applied is well below the technical recommendations for nutrient application, which may indicate poor husk tomato crop growth.

On the other hand, in the weed competition indicator, no symptoms of stress were found in the husk tomato crop associated with the presence of weeds. In 80 % of the plots, a moderate presence of weeds was found. To avoid weed competition processes, growers integrate mechanical and chemical methods for weed control.

Based on the results found, it was determined that there are areas of opportunity related to soil and biodiversity; both components are fundamental pillars for the implementation of agroecological practices and, in the medium term, to promote: (a) reasoned use of inputs (pesticides, fertilizers); (b) move towards integrated pest and disease management, through alternative methods (biopesticides); (c) integration of nutrition that contemplates the use of organic sources (biofertilizers), and promote organo-mineral fertilization; (d) integration of residues to promote the increase of organic matter to improve soil properties; (e) implement a breeding system for local varieties through participatory methods. Agroecological management of husk tomato crops should incorporate local knowledge and experiences as a fundamental contribution to the transition process and prioritize dialogue between knowledge systems through participatory methodologies.

Conclusions

Ten socio-technical practices for husk tomato production were identified, of which six (plot clearing, pest and disease control, fertilization, hilling, weeding, and direct sowing) are carried out by 80 % of the producers. The use of native varieties and external inputs such as mineral fertilizers and pesticides

tural circundante. Esta comunidad se caracteriza por el fomento de la biodiversidad con especies perennes en las parcelas con cultivos de ciclo anual. Se ha reportado la presencia de hasta 50 árboles frutales y forestales por hectárea (Sánchez et al., 2008).

Los indicadores relacionados a la salud del suelo (Figura 5) muestran características deficientes desde una perspectiva agroecológica. Destacan suelos sueltos sin gránulos, escasa presencia de residuos en descomposición, con coloración clara que indica la falta de materia orgánica lo que puede estar asociado a la falta de coberturas y poca presencia de lombrices y artrópodos. La poca o nula aplicación de fuentes orgánicas y la nutrición basada en fertilizantes minerales, podría ser una causa de estas características. Esta condición demanda la implementación de estrategias que integren la aplicación de fertilizaciones órgano-minerales, las cuales han demostrado efectos positivos en el cultivo de tomate (Aguñaga-Bravo et al 2020). No obstante, se tienen propiedades deseables como es la no compactación, suelos con al menos 10 cm de capa arable y sin presencia de erosión. El Grupo Vicente Guerrero ha contribuido a la implementación de prácticas agroecológicas, entre las que destacan intervenciones para la conservación de suelo y agua, lo que de alguna forma implica la nula presencia de erosión en las parcelas (Sánchez et al., 2008; Carrillo y Ramírez 2017).

En los indicadores de la apariencia del cultivo (Figura 6). La apariencia y crecimiento del cultivo presentó ciertas variaciones, en donde destaca la coloración verde claro, y cerca del 30 % presentó coloración verde oscuro.

Cerca del 40 % de las parcelas mostró un crecimiento poco denso, con tallos y hojas delgadas, lo que podría estar asociado a deficiencias nutrimentales y a problemas fitosanitarios, (incidencia y daño por plagas y enfermedades). Esto puede estar relacionado al manejo de las poblaciones de insectos y patógenos y la oportunidad de la aplicación de los insumos; el uso ineficiente de insumos y prácticas de manejo son las principales limitantes de la producción de tomate (Peña-Lomelí et al 2018). La cantidad de nutrientes aplicados vía fertilizantes es bastante inferior respecto a las recomendaciones técnicas, como se mencionó en el apartado anterior, lo que puede ser un indicador del crecimiento deficiente del cultivo de tomate.

is widespread, and productivity is low to medium. Agroecological indicators of the plots showed that 15 % presented desirable agroecological characteristics. There are opportunities to promote alternative management practices for husk tomato cultivation through agroecological practices and participatory methods that will allow for sustainable management of the husk tomato cultivation system.

End of English version

References / Referencias

- Aguiñaga-Bravo, A., Medina-Dzul, K., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., y Ruíz-Sánchez, E. (2020). Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). *Acta Universitaria*, 30, 1-14 doi 10.15174.au.2020.2475.
- Álvarez, H. R., y Galán, R. M. (2022). Indicadores de calidad del suelo y salud del agroecosistema milpa, en Vicente Guerrero, España Tlaxcala. En S. F. Pérez, H. E. Figueroa, G. P. E. Escamilla, N. R. M. García, y M. L. Godínez. (Comp.), *Factores de la producción agrícola* (pp. 47-60). México: Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. (ASMIIA, A.C.).
- Carrillo, G., y Ramírez, A. (2017). Agroecología y sustentabilidad. Hacia una economía verde. *Administración y Organizaciones*, 19(37), 35-54.
- Castro, B. R., Galvis, S. A., Sánchez, G. P., Peña, L. A., Sandoval, V. M., y Alcántar, G. G. (2004). Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2) 147-152.
- Castro-Brindis, R., Sánchez-García, P., Peña-Lomelí, A., Alcantar-González, G., Baca-Castillo, G., y López-Romero, R. M. (2000). Niveles críticos de suficiencia y toxicidad de N-N03 en el extracto celular de peciolas de tomate de cáscara. *Revista Terra*, 18(2) 141-146.
- INEGI (2012). *Síntesis estadísticas municipales 2012*. España, Tlaxcala, INEGI, México.
- Magaña-Lira, N., Peña-Lomelí, A., Urzúa-Soria, F., y Hernández-Antonio, R. (2019). Weed control in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 25(2), 129-139. doi: 10.5154/r.rchsh.2018.06.011.

Por otro lado, en el indicador de competencia por malezas, no se encontraron síntomas de estrés en el cultivo de tomate asociados a la presencia de malezas. En el 80 % de las parcelas se encontró una mediana presencia de malezas. Para evitar procesos de competencia de las malezas, los productores integran métodos mecánicos y químicos para su control.

Con base en los resultados encontrados, se determinó que existen áreas de oportunidad relacionadas con el suelo y la biodiversidad; ambos componentes son pilares fundamentales para la implementación de prácticas agroecológicas y en un medio plazo promover: a) uso razonado de insumos (pesticidas, fertilizantes); b) transitar hacia un manejo integrado de plagas y enfermedades, a través de métodos alternativos (biopesticidas); c) integración de nutrición que contemple el uso de fuentes orgánicas (biofertilizantes), y promover fertilización órgano-mineral, d) integración de residuos para promover el incremento de materia orgánica para mejorar las propiedades del suelo; e) implementar un sistema de mejoramiento de las variedades criollas a través de métodos participativos. El manejo agroecológico del cultivo de tomate debe integrar los conocimientos y experiencias locales como aporte fundamental para su transición, además de partir del diálogo de saberes a través de metodologías participativas.

Conclusiones

Se identificaron diez prácticas sociotécnicas para la producción del tomate, de las cuales seis (limpieza de cajón, control de plagas y enfermedades, fertilización, aporque, deshierbe, siembra directa) son llevadas a cabo por el 80 % de los productores. Es generalizado el uso de variedades criollas, insumos externos como fertilizantes minerales y plaguicidas, la productividad es de baja a media. Los indicadores agroecológicos de las parcelas mostraron que el 15 % presentó características agroecológicas deseables. Existen oportunidades para promover un manejo alternativo del cultivo de tomate de cáscara a través de prácticas agroecológicas y métodos participativos lo que permitirá un manejo sustentable del sistema de cultivo de tomate de cáscara.

Fin de la versión en español

- Magaña, L. N., Santiaguillo, H. J., y Grimaldo, J. O. (2011). *El Mejoramiento Participativo de Tomate de Cáscara como Estrategia de Conservación In Situ*. Texcoco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Magdaleno, L. E., García, M. J., Valdez- Hernández, P., y De la Cruz, I. V. (2005). Evaluación del sistema agroforestal "árboles en terreno de cultivo" en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 203-214.
- Montalvo, H. L. (1996). *Manejo de cubiertas, sustratos e intervalos de riego en la producción de plántula de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.)*. Chapingo, México: Departamento de Fitotecnia. UACH.
- Montes de Oca, C. M. (2014). *Manejo del cultivo de tomate de cáscara a cielo abierto en el Estado de México*. México: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal.
- Mulato, B. J. (1984). *Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.) variedad rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. 11 Dinámica del desarrollo con base en los muestreos en pie e investigación del sistema radical*. Chapingo, México: Departamento de Fitotecnia. UACH.
- Peña-Lomelí, A., Magaña-Lira, N., Gámez-Torres, A., Mendoza-Celino, F. A., y Pérez-Grajales, M. (2018). Manual pollination in two tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) varieties under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(1), 41-52. doi:10.5154/r.rchsh.2017.02.011.
- Peña-Lomelí, A., Santiaguillo, H., y Magaña, L. (2006). Situación actual y perspectivas de los recursos genéticos y la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Solanaceae) en México. En L.P. López y H. Montes (Eds.), *avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI* (pp. 268-306). Celaya, México: López L. P.; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Pérez-Moreno, L., Castañeda-Cabrera, C., Ramos-Tapia, M., y Tafoya-Razo, J. A. (2014). Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. *Interciencia*, 39(6), 422-427.
- Piccolomini, A. M., Whiten, S. R., Flenniken, M. L., O'Neill, K. M., y Peterson, R. K. D. (2018). Acute Toxicity of Permethrin, Deltamethrin, and Etofenprox to the Alfalfa Leafcutting Bee. *Journal of economic entomology*, 111(3), 1001-1005. doi:10.1093/jee/toy014
- Ramos, C., Alcántar, G., Galvis, A., Peña, A. M., y Martínez, A. C. (2002). Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana*, 20(4), 465-469.
- Ruiz-Tecayehuatl, N., Hernández-Aldana, F., Sánchez-Morales, P., Chávez-Bravo, E., Cedillo-Ramírez, L., y Rivera, A. (2021). Genotoxic damage evaluation in agricultural workers by exposure to pesticides in Vicente Guerrero-Tlaxcala, Mexico. *GSC Advanced Research and Reviews*, 06(01), 030-036. doi:10.30574/gscarr.2021.6.1.0004.
- Sánchez Morales, P., Ocampo, F. I., Sánchez, H. M., y Martínez, S. T. (2008). Proceso autogestivo para la conservación de suelos y agua en sistemas campesinos sustentables. Los casos de Vicente Guerrero y la Reforma, Tlaxcala. *Ra Ximhai*, 4(2), 165-182.
- Santiaguillo H. J. F., Cedillo P., y Cuevas S. (2010). Distribución geográfica de *Physalis* spp. en México. Guadalajara, México: Prometeo Editores
- Santiaguillo, H. J., Sánchez, M. J., Magaña L. N., Vargas, P. O., y Grimaldo, J. O. (2009). *Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (Physalis) en México*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Santiaguillo, H. J. F., Vargas-Ponce, O., Grimaldo-Juárez, O., Magaña-Lira, N., Caro-Velarde, F., Peña-Lomelí, A., y Sánchez-Martínez, S. (2012). *Perfil del diagnóstico de la red tomate de cáscara*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). (2022). *Avance de siembras y cosechas 2021*. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx>
- Venegas, C., Gómez, B., y Infante, A. (2018). *Manual de transición agroecológica para la Agricultura Familiar Campesina*. Santiago de Chile, Chile: Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Chile.
- Vernooy, R. Semillas generosas: *Mejoramiento participativo de plantas. Conservación y mejoramiento dinámicos*. Ottawa, Canadá: IDRC (International Development Research Centre).
- World Health Organization (WHO). (2020). *Recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition*. Geneva. Italy: World Health Organization.