

EL SISTEMA PRODUCTIVO DEL NOPAL TUNERO (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) EN AXAPUSCO, ESTADO DE MÉXICO. PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS

Sergio Roberto Márquez-Berber^{1 y 2*}; Cristina Torcuato-Calderón²; Gustavo Almaguer-Vargas¹; María Teresa Colinas-León¹; Abdul Khalil Gardezi³.

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

²CIIDRI. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

Correo-e: smarquezb@taurus.chapingo.mx (*Autor para correspondencia).

³Instituto de Recursos Naturales, Programa de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el proceso productivo del nopal tunero en Axapusco, Estado de México mediante encuestas a productores y entrevistas a los actores clave. La mayoría de los productores son ejidatarios (73 %). El sistema de producción tiene una gran variabilidad. Barbechan (37 %) y subsolean (34 %) para preparar el suelo. La densidad más común es de 600 a 700 plantas por hectárea (38 %). La distancia de 4.0 m x 4.0 m es la más utilizada (55 %). La variedad cultivada predominante (74 %) es la blanca (*Opuntia albicarpa*). El 67 % de los productores deshierba de forma manual. El 54 % de los productores aplican estiércol fresco de vaca. La gran mayoría de los productores no reciben asesoría técnica (96 %). El 71 % de los productores declaró que no reciben ningún apoyo gubernamental. El problema más importante para los agricultores es el control de plagas y enfermedades (34 %). Le siguen los precios bajos de la tuna y el manejo de las huertas (ambos con 21 %). En ellos concurre como causa subyacente la falta de conocimiento técnico. Se requieren varias estrategias para solucionar esta problemática. Destaca realizar el composteo del estiércol, el uso de bioinsecticidas para control de insectos y mejorar la organización.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Tuna, prácticas agrícolas, plagas.

CACTUS PEAR (*Opuntia albicarpa* and *O. megacantha*) PRODUCTION SYSTEM IN AXAPUSCO, ESTADO DE MEXICO. PROBLEMS AND ALTERNATIVES

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize cactus pear production system in Axapusco, Estado de México by performing surveys among farmers and interviews to key participants. Most are peasants and have parcels in "ejidos" (73 %). The production system shows high variability. They plow the surface (37 %) or the subsoil (34 %). The typical density is 600 to 700 plants per hectare (38 %). The common distance between plants is 4.0 m by 4.0 m (55 %). The white cactus pear (*Opuntia albicarpa*) is predominant in the region (74 %). Two-thirds of the farmers use manual weed control. Fresh cattle manure is used by 54 % of the farmers. Most farmers do not receive any technical assistance (96 %). Furthermore, a large proportion of the farmers said they do not receive any governmental subsidy (71 %). The most important problem for farmers is the control of pests and diseases (34 %); followed by low fruit price and orchard management (both 21 %). The lack of technical knowledge is behind those problems. Several strategies are required to solve these problems. Highlighting, that farmers have to compost of the manure, use bio-insecticides for pest control and improve their organization.

ADDITIONAL KEYWORDS: Prickly pear, farming practices, pests.

INTRODUCCIÓN

El nopal se encuentra clasificado en el género *Opuntia*, el cual pertenece a la subfamilia Opuntioideae. Hay más de 360 especies de este género, que es el mayor de la familia de las cactáceas. Tiene una amplia distribución en el continente americano (Segura *et al.*, 2007; Caruso *et al.*, 2010). En México se encuentra la mayor riqueza de especies y cultivares de nopal del mundo y se le considera uno de los dos centros de origen y dispersión del género. El otro está en Sudamérica. Por sus numerosas virtudes nutritivas, químicas, industriales, ecológicas, medicinales y simbólicas, entre otras, el nopal representa el recurso vegetal más importante, desde el punto de vista económico-social, para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas de México. Esta planta fomenta el arraigo de los campesinos a sus tierras, ya que mediante la producción, la recolección y la venta, tanto de frutos como de brotes tiernos obtienen un ingreso adicional que complementa el gasto familiar (Gallegos y Méndez, 2000).

Existen problemas en la nomenclatura tanto del género *Opuntia* como en otros géneros de la subfamilia Opuntioideae. Esto se debe a los escasos caracteres morfológicos, al elevado nivel de plasticidad fenotípica, a la diversificación, a la ocurrencia de poliploidia y a la hibridación intergenérica (Wallace y Gibson, 2002; Felker *et al.*, 2006; Segura *et al.*, 2007; Caruso *et al.*, 2010). El nopal pertenece a las *Platyopuntias*, que tienen tallos planos denominados cladodios (Gibson y Nobel, 1986). Las especies principalmente cultivadas, en México, son *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. albicarpa*, *O. amyclaea*, *O. robusta*, *O. hyptiacantha*, *O. cochenillifera* (sin. *Nopalea cochenillifera*) y *O. ficus indica*, la más difundida y de mayor importancia económica (Pimienta, 1994; Mondragón, 2001; Caruso *et al.*, 2010).

O. ficus indica posiblemente fue domesticada hace 9,000 años en la parte central de México (Griffith, 2004), pero su concepto taxonómico es incierto. Usando marcadores microsatelitales se encontró que no forma un agrupamiento separado de otras especies cultivadas: *O. amyclaea*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. fuscicaulis*, and *O. albicarpa* (Caruso *et al.*, 2010).

El cultivo del nopal tunero es relativamente reciente en el nororiente del Estado de México. Se inició como un recurso para el control de la erosión. Ahora es una buena alternativa económica para los productores, una de las actividades más importantes y una de las pocas opciones agrícolas, debido a las condiciones edáficas y climáticas de la zona.

En esta región se cultivan dos tipos de tuna: la llamada "blanca" y la "roja". La tuna blanca ha sido clasificada como *Opuntia albicarpa* y la roja como *Opuntia megacantha*. Sin embargo, estudios genéticos recientes en los que se ha estudiado un gen nuclear, uno mitocondrial y otro del cloroplasto no permiten diferenciar estas especies ni

INTRODUCTION

Cactus pear belongs to the genus *Opuntia* and to the Subfamily *Opuntioideae*. There are over 360 species of this genus, which is the largest of the *Cactaceae* family. It is widely distributed in the American continent (Segura *et al.*, 2007; Caruso *et al.*, 2010). The greatest diversity of cactus pear species and cultivars of the world are located in Mexico, and it is considered one of the two centers of origin and dispersal of the genus. The second center is South America. Due to its many nutritional, chemical, industrial, ecological, medicinal and symbolic virtues, among others, cactus pear is the most important plant resources, from the social-economic point of view, for the inhabitants of the arid and semiarid regions of Mexico. This plant encourages the farmers to remain in their land, because through production, gathering and selling fruits and young shoots an extra income is obtained, which complements the household expenditure (Gallegos y Méndez, 2000).

There are problems with the nomenclature of both the genus *Opuntia* as in other genera of the subfamily *Opuntioideae*. This is due to the few morphological characters, the high level of phenotypic plasticity, diversification, the occurrence of polyploidy and the intergeneric hybridization (Wallace and Gibson, 2002; Felker *et al.*, 2006; Segura *et al.*, 2007; Caruso *et al.*, 2010). Cactus pear belongs to the *Platyopuntias*, with flat stems know as cladodes (Gibson and Nobel, 1986). The main species grown in Mexico, are *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. albicarpa*, *O. amyclaea*, *O. robusta*, *O. hyptiacantha*, *O. cochenillifera* (sin. *Nopalea cochenillifera*) and *O. ficus indica*, the most widespread and economically important (Pimienta, 1994; Mondragón, 2001; Caruso *et al.*, 2010).

O. ficus indica may have been domesticated 9,000 years ago in central Mexico (Griffith, 2004), but its Taxonomic concept is uncertain. Using microsatellite markers was observed that this species not differ from other cultivated species: *O. amyclaea*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. fuscicaulis*, and *O. albicarpa* (Caruso *et al.*, 2010).

The cultivation of prickly pear is relatively recent in the northeastern state of Mexico. It began as a resource for erosion control. Nowadays is a good economical alternative for farmers, one of the main activities and one of the few agricultural options due to soil and climatic conditions of the zone.

This region has grown two types of prickly pear: "White" and "red". The white prickly pear has been classified as *Opuntia albicarpa* and the red prickly pear as *Opuntia megacantha*. However, recent genetic studies in which a nuclear gene, a mitochondrial and a chloroplast gene have been studied prevent to differentiate these species or others¹. Caruso *et al.* (2010) agree with this conclusion. Therefore, the taxonomic classification should be checked

otras cultivadas¹. Caruso *et al.* (2010) concuerdan con esta conclusión. Por ello, debe revisarse la clasificación taxonómica y plantear a las variantes como variedades, en lugar de diferentes especies.

En la última década la superficie sembrada ha permanecido estable en el estado de México, pero la producción ha disminuido 29 % entre 2003 y 2010. Esto se debe a que los rendimientos han disminuido casi un tercio en el periodo mencionado (SAGARPA, 2011). Se pueden observar huertas abandonadas y algunas otras que han sido destruidas. Es necesario investigar las razones de este deterioro.

De ahí la importancia de estudiar el proceso productivo para buscar alternativas de manejo que permitan tener una disminución en los costos de producción, así como incrementar los rendimientos del cultivo para tener mayor rentabilidad. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el proceso productivo del nopal tunero (*Opuntia* spp.) en el municipio de Axapusco, Estado de México, de forma que permita la identificación de la problemática del cultivo, para poder plantear soluciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se realizó la caracterización del proceso de producción del cultivo en el municipio de Axapusco, Estado de México. Ésta se inició con la obtención del padrón de productores de tuna y de organizaciones de productores en el H. Ayuntamiento de Axapusco y en la delegación de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO). Del universo de productores de nopal presentes en el municipio² se procedió a obtener una muestra representativa al azar con un 85 % de confiabilidad, consistente en 65 productores. Se hizo el mismo número de encuestas con un formato previamente diseñado con preguntas cerradas. Además se realizaron cinco entrevistas abiertas a líderes de las organizaciones de las diferentes comunidades, a funcionarios del municipio de Axapusco y de la Delegación de SEDAGRO relacionados con la atención de programas de apoyo a los productores de nopal tunero.

En el cuestionario se consideraron aspectos tecnológico/productivos tales como preparación del terreno, densidad de siembra y distancia entre plantas, variedades cultivadas, labores culturales, tipo y dosis de fertilización, asesoría técnica y capacitación. Por otro lado, respecto al ámbito socioeconómico se consideraron el tipo de propiedad y la recepción de apoyos para la producción.

Una vez recabada, dicha información se ordenó y se sistematizó para obtener con ella su estadística descriptiva. Se determinaron los aspectos más relevantes

and variants should be referred as varieties, rather than different species.

In the last decade the sown area has remained stable in the state of Mexico, but production has declined 29 % between 2003 and 2010. This is because yields have decreased almost a third in the mentioned period (SAGARPA, 2011). Abandoned orchards and some that have been destroyed can be observed. It is necessary to investigate the reasons for this deterioration.

Hence the importance of studying the production process to find management alternatives that would allow a reduction in production costs, as well as increase crop yields for greater profitability. Therefore, the aim of this work was to characterize the production process of cactus pear (*Opuntia* spp.) in the municipality of Axapusco, Estado de Mexico, in order to identify crop problems, to propose solutions.

MATERIALS AND METHODS

The characterization of the crop production in the municipality of Axapusco, Estado de Mexico was conducted in this research. This study started with a list of the cactus pear farmers and their organizations provided by the town council of Axapusco (H. Ayuntamiento de Axapusco) and from the regional Department of Agricultural Development of the State of Mexico (Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México) (SEDAGRO). From a cohort of cactus pear farmers found in the information provided by the municipality² a random representative sample with 85 % reliability was obtained, containing 65 farmers. The same number of surveys was prepared using a format previously designed with closed questions. Furthermore, five open interviews were conducted to the organization leaders of the different communities, officials from the municipality of Axapusco and the authorities of SEDAGRO in charge of the support programs for prickly pear farmers.

The questionnaire considered technological/productive issues such as tillage methods, planting density and plant spacing, cultivated varieties, cultural practices, type and dose of fertilization, technical assistance and training. On the other hand, with respect to socioeconomic level, the type of property and the support for production were considered. Once the information was collected, it was ordered and systematized to obtain the descriptive statistics.

1 Comunicación personal de la Dra. Ernestina Valadez Moctezuma. Profesora-Investigadora del Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, hecha el 9 de septiembre de 2011.

2 Basados en la información de SIMBAD, 2004 y del H. Ayuntamiento Constitucional de Axapusco.

1 Information provided directly from Dr. Ernestina Valadez Moctezuma. Professor at the Department of Crop Science. Universidad Autónoma Chapingo, on 9 september 2011.

2 Based on information from SIMBAS, 2004 and from the town council of Axapusco (Ayuntamiento Constitucional de Axapusco).

del proceso productivo de nopal tunero. La identificación de la problemática se hizo con base en las entrevistas con los líderes de productores y funcionarios municipales y gubernamentales, y el acumulado de las respuestas sobre las limitantes en las encuestas a los productores.

Para el análisis de la problemática y el planteamiento de alternativas, se utilizó la metodología de marco lógico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 73 % de la superficie cultivada con nopal tunero es ejidal y el restante 27 % es propiedad privada. Esto se explica porque la mayor parte de los productores son mayores a 60 años, lo que limita su actividad física. Ellos requieren de una opción productiva que con una menor inversión y menores cuidados pueda obtener una cosecha comercializable con mayor seguridad. Además, el cultivo es atractivo para los productores con menores ingresos, que generalmente son del sector social. Estos obtienen otros ingresos de trabajos no agrícolas y pueden dedicar menos tiempo y recursos a las actividades del campo.

Si bien en la actualidad ya se dan procesos de compraventa en la comunidad, de manera general se llevan a cabo con integrantes del mismo grupo ejidal, lo que limita el cambio de uso de suelo y promueve la permanencia de este cultivo. Sumado a lo anterior, la comunidad aún presenta superficie suficiente para el desarrollo urbano, lo que ha evitado la utilización de tierras ejidales con fines habitacionales.

En lo que se refiere a la preparación del terreno, el 37 % de los productores realizan barbecho, el 34 % subsolean y el 29 % sólo realizan surcado como preparación del terreno antes de establecer la huerta. Estas labores son menores a las recomendadas por Corrales y Flores (2003), quienes, para lograr tener el terreno mullido que permita el adecuado desarrollo radicular, sugieren pasar el arado y cruzar, pasar rastra y cruzar y, si el terreno lo requiere, pasar un arado de subsoleo antes de establecer la plantación.

En la mayoría de las huertas (88 %) se realizan labores mínimas (control de malezas), salvo en los casos en que se hace la sustitución de plantas enfermas o demasiado viejas, así como aquellas plantas que han mermado la producción de fruto y sólo manifiestan desarrollo vegetativo ("amachamiento", enfermedad también conocida como "engrosamiento del cladodio").

Los productores que van a abrir nuevas áreas al cultivo buscan disminuir los costos de producción mediante una preparación mínima del terreno, pues la rentabilidad del cultivo es baja, por lo que no resulta conveniente invertir en muchas de las labores agrícolas, y por ende en las dos terceras partes sólo realizan una actividad, ya sea subsoleo o surcado.

Entre los productores que realizan subsoleo, la principal razón es la eliminación de raíces de plantas

The most important aspects of the production process of prickly pear were determined. The identification of the problem was based on interviews with leaders of farmers and municipal and government officials, and on the sum of the answers about the limitations in the surveys to farmers.

The logical framework methodology was used to analyze the problem and the alternative approach.

RESULTS AND DISCUSSION

About 73 % of the area cultivated with prickly pear is composed by parcels and the remaining 27 % is privately owned. This is because most farmers are over 60 years old, which limits their physical activity. They need a productive option that requires less investment and less care, to obtain a harvest that can be sold. In addition, the crop is attractive to farmers with lower incomes, which are generally the social sector. Thus, they can get other income from nonfarm jobs and can devote less time and resources to activities in the field.

While today there are already land transfers in the community, generally, the sales are made with members of the same communal area group, which limits the land use change and promotes the permanence of this crop. In addition, the community still has sufficient area for urban development, which has prevented the use of communal lands for residential purposes.

Regarding tillage, 37 % of the farmers conduct plowing, 34 % subsoiling and 29 % only do furrowing for land preparation prior to the orchard. These tasks are smaller than those recommended by Corrales and Flores (2003), who, in order to have the soft ground for a proper root development, suggest to plow, cross plow, harrow and cross harrow the field, and if the field requires it, to use a subsoiler plow before establishing the plantation.

In most orchards (88 %) minimum tasks (weed control) are performed, except in cases where the replacement of too old or sick plants, as well as plants that have reduced fruit production and only show vegetative development ("amachamiento", disease also known as "cladodes thickening syndrome") is made.

Farmers, who are opening new areas to cultivation, seek to reduce production costs by a minimum ground preparation, because crop profitability is low, so it is not wise to invest in many of the agricultural activities, and therefore two-thirds of the farmers perform only one activity, either subsoiling or furrowing.

The main reason for farmers that use subsoiling to prepare the land, is the removal of undesirable plant roots present in the field, as well as the removal of stones. Furthermore, plowing is used with the purpose of losing the soil and providing root development. Furrow is used to simplify

no deseables presentes en el terreno, así como el retiro de piedras. Por otro lado, el barbecho lo realizan con la finalidad de aflojar la tierra y facilitar el desarrollo radicular. En el caso del surcado lo hacen para simplificar el método de siembra, que en este caso es a tresbolillo, buscando uniformidad en las unidades de producción.

Uno de los aspectos que influyen en el desarrollo y manejo del cultivo es la densidad de población, la cual para el caso de Axapusco varía desde 400 (14 % de las huertas) hasta más de 700 plantas por hectárea (29 %). La densidad más común es de 600 a 700 plantas por hectárea (38 %). Este margen es más amplio que el encontrado en la región centro norte de México, que cuenta con plantaciones de entre 5.0 y 6.0 metros entre hileras y de 4.0 a 5.0 metros entre plantas con densidades de 333 a 500 plantas por hectárea. Es similar a lo recomendado por Corrales y Flores (2003), de utilizar distancias de 5.0 a 6.0 metros entre hileras y de 2.5 a 3.0 metros entre plantas para tener una densidad de plantación de 555 a 800 plantas por hectárea, lo que posibilita el acceso a maquinaria y hace más eficiente el manejo del huerto.

En unidades de producción con menor superficie, llegan a presentar una densidad de población más alta, debido a que buscan aprovechar al máximo el poco espacio que tienen. La lógica de los productores detrás de esta decisión es la obtención de un mayor rendimiento a través de un mayor número de plantas, aunque esto dificulte las labores de manejo del cultivo. Los productores están conscientes de que una mayor densidad de población implica la realización de labores de forma manual, pero esto no les preocupa porque carecen de medios para mecanizarlas y conocen la dificultad de hacerlo en pequeñas superficies.

Cuando la densidad de población es baja se debe a que algunas de estas huertas fueron establecidas inicialmente para el control de la erosión, sin fines comerciales. Otro factor para ello es que el productor posee una gran superficie de cultivo, lo cual fomenta la producción extensiva.

La distancia de las plantas dentro de las huertas también es muy diversa, variando en un rango desde 3.0 m x 3.0 m (15 % de las huertas) hasta 6.0 m x 6.0 m (5 %). La distancia de 4.0 m x 4.0 m es la más utilizada (55 %), con una distribución en tresbolillo, debido a que son huertas relativamente jóvenes (menores a 10 años) establecidas con fines comerciales, en las que buscan optimizar el espacio y facilitar las labores de cultivo y el desarrollo adecuado de las plantas, para obtención de frutos de mayor calidad.

La gran heterogeneidad en densidades de población y distanciamiento entre plantas es resultado de la carencia de investigación y de asistencia técnica a la mayoría de los productores para el establecimiento de sus huertas, por lo que proceden empíricamente, sin considerar criterios agronómicos ni una planificación para el manejo futuro del huerto.

the method of seeding, in this case set staggered, looking for uniformity in the production units.

One of the aspects that influence the development and crop management is the density of population, which for Axapusco ranges from 400 (14 % of orchards) to more than 700 plants per hectare (29 %). The most common density is 600 to 700 plants per hectare (38 %). This margin is wider than that found in the north central region of Mexico, which has plantations from 5.0 to 6.0 meters between rows and from 4.0 to 5.0 meters between plants with densities from 333 to 500 plants per hectare. It is similar to that recommended by Corrales and Flores (2003), using distances from 5.0 to 6.0 meters between rows and from 2.5 to 3.0 meters between plants to have a planting density from 555 to 800 plants per hectare, which provides access to machinery and makes more efficient orchard management.

Production units with less surface area tend to present a higher population density, because they seek to maximize the little space available. The logic of the farmers behind this decision is to obtain better yields through a greater number of plants, but this hinders the work of crop management. Farmers are aware that a higher population density involves performing tasks manually, but there is no concern because there are no means to mechanize them and they know about the difficulty of working in small areas.

When population density is low is because some of these orchards were established initially for erosion control, without commercial purposes. Another factor is that the farmer has a large growing area, which encourages extensive production.

The distance between plants within the orchards is also very diverse, varying in a range of 3.0 m by 3.0 m (15 % of orchards) to 6.0 m by 6.0 m (5 %). The most common distance is 4.0 m by 4.0 m (55 %), with a staggered formation distribution, because orchards are relatively young (under 10 years) established for commercial purposes, looking to optimize the space and facilitate the cultivation and proper development of plants, to obtain higher quality fruit.

The great heterogeneity in population densities and distance between plants is a result of the lack of research and technical assistance to most farmers to establish their orchards. They proceed empirically, without considering agronomic criteria or planning for future management of the orchard.

In this region, the predominant cultivar is the white cactus pear also known as "blanca de Alfajayucan", "blanca San Martín" or "Reyna", with 74 %; on the other hand the red cactus pear also known as "roja San Martín" or "morada San Martín", cultivated by only 26 % of the farmers. In contrast, in the southeastern region of Zacatecas commercial orchards have four main varieties: "burróna", "cristalina", "pico chulo" and "amarilla montesa", as well as small areas of other cultivars as "blanca San José" and "rojo pelón", as described by Gallegos *et al.* (2003).

En esta región la variedad cultivada predominante es la blanca, también denominada “blanca de Alfajayucan”, “blanca San Martín” o “Reyna”, con un 74 %, mientras que la tuna roja, o “roja San Martín” o “morada San Martín”, sólo el 26 % de los agricultores la cultivan. En cambio, en la región sureste del estado de Zacatecas los huertos comerciales se encuentran con cuatro cultivares principales: “burrona”, “cristalina”, “pico chulo” y “amarilla montesa”, además de pequeñas superficies de otros cultivares como “blanca San José” y “rojo pelón”, como lo describen Gallegos *et al.* (2003).

Si bien para los productores la variedad roja tiene mejor sabor, es menos cultivada porque al momento de la cosecha requiere de mayores cuidados, y una vez cosechada el periodo de vida de anaquel es también menor. Además, la variedad blanca tiene un precio de venta más estable.

El deshierbe es una práctica importante, ya que el realizarla facilita las labores de cosecha. En el área estudiada, el 67 % de los productores efectúa esta práctica de forma manual. Esta actividad se lleva a cabo durante la temporada de lluvias; se hace cuando la maleza emerge y coincide con la época de maduración del fruto. Los productores aseguran que la aplicación de herbicidas durante este periodo afecta el desarrollo del fruto, por lo que evitan su uso. El tercio restante lleva a cabo el deshierbe mediante la aplicación de productos químicos, pero en una etapa posterior a la maduración del fruto.

Lo anterior es similar al control que realizan en la región sureste del estado de Zacatecas, donde se limitan a controlar las malezas con azadón o machete después de cada lluvia (Gallegos *et al.*, 2000). Difiere de países como Italia y EEUU, donde para el control de malezas se realiza el paso de la rastra por las calles de las huertas de seis a ocho veces al año, con lo cual se mantiene el suelo “suelto” y libre de malezas todo el año (Corrales y Flores, 2003).

Es importante mencionar que uno de los motivos por los que en su mayoría hacen el deshierbe de forma manual, es la utilización de mano de obra familiar no remunerada para esta actividad, por lo que no se eroga dinero para hacerlo. Mientras que en el caso de la aplicación de algún tipo de herbicida, además de comprar dichos productos, en ocasiones deben rentar los equipos necesarios y pagan la mano de obra para su aplicación.

Para el caso de la fertilización, el 54 % de los productores aplican estiércol fresco de vaca, generalmente cada dos años. Esta práctica presenta problemas, pues la materia orgánica aplicada demora en descomponerse e inmoviliza el nitrógeno del suelo en el proceso, lo que impide su rápido aprovechamiento. Además de que su contenido de nitrógeno es bajo, parte de éste se pierde por desnitrificación y el contenido de otros minerales puede salinizar el suelo (García-Hernández *et al.*, 2010). El estiércol fresco favorece la reproducción de plagas del suelo (Mochiah *et al.*, 2011). También representa un riesgo sanitario potencial para los consumidores, lo que

Although the red variety has better taste for some consumers, it is less grown because at the time of harvest it requires greater care, and once harvested the shelf life period is also shorter. In addition, the price of the white variety is more stable.

Weeding is an important practice, since it facilitates harvesting. In the area studied, 67 % of farmers performed this practice manually. This activity takes place during the rainy season; it is conducted when weeds emerge and agrees with the ripening period of the fruit. The farmers claim that the application of herbicides during this period affects the development of fruit; therefore, they avoid its use. The remaining third of the farmers perform this activity by applying chemicals after the fruit had ripened.

The above mentioned is similar to that performed in the southeastern region of the state of Zacatecas, where weeding is done after each rain using a hoe or machete (Gallegos *et al.*, 2000). Differing from countries like Italy and the USA, where weeding is done harrowing the orchard streets, keeping the soil “loose” and weed-free throughout the year (Corrales y Flores, 2003).

It is noteworthy that one of the reasons for doing weeding manually is the use of family labor without pay for this activity; therefore no money is needed to perform this work. While in the case of applying some type of herbicide, in addition to buying such products, sometimes the necessary equipment must be rented and labor must be paid.

In the case of fertilization, 54 % of the farmers apply fresh cow manure, usually every two years. This practice provokes problems, because organic matter takes more time to decompose and it immobilizes soil nitrogen in the process, which prevents its rapid utilization. Besides the fact that the nitrogen content is low, some of it is lost for denitrification, and the content of other minerals can salinize soil (Garcia-Hernandez *et al.*, 2010). Fresh manure favors the reproduction of soil pests (Mochiah *et al.*, 2011). It also represents a potential health risk to consumers, which is contrary to Good Agricultural Practices and ensuring product safety.

Chemical products are used by 23 % of the farmers to fertilize and they use them once a year, while a similar percentage performed applications of chemical fertilizer and cattle manure in interleaved years. Our results are similar to those from Zacatecas, where fertilization is not generalized, but the percentage of farmers using cattle manure for their orchards is higher (48.1 %) than those that use chemical fertilizers (27.6 %)(Gallegos *et al.*, 2003).

Pimienta (1990) recommends fertilizing prickly pear orchards because the combined application of mineral and organic fertilizers has shown positive responses. Mineral fertilizers release nutrients quickly and meet the immediate needs of the plant. The manure can be a continuous nutri-

contraviene las Buenas Prácticas Agrícolas y la garantía de inocuidad del producto.

El 23 % fertiliza con productos químicos y los aplica una vez al año, mientras que otro porcentaje similar realiza aplicaciones de fertilizante químico y estiércol de forma intercalada. Nuestros resultados son semejantes a los de Zacatecas, donde la fertilización no es generalizada, pero el porcentaje de productores que abonan con estiércol sus huertas es mayor (48.1 %) que el correspondiente a aquellos que adicionan fertilizantes químicos (27.6 %) (Gallegos *et al.*, 2003).

Pimienta (1990) recomienda la fertilización de los huertos de nopal tunero, ya que la aplicación conjunta de fertilizantes minerales y orgánicos ha revelado respuestas positivas. Los fertilizantes minerales liberan rápidamente los nutrientes y satisfacen las necesidades inmediatas de la planta. Los estiércoles pueden ser un abastecimiento continuo de nutrimentos, además de proporcionar elementos menores, que en el caso de fertilizantes minerales no son aplicados. Sin embargo, se puede requerir de la aplicación de otros nutrimentos como potasio (Alves *et al.*, 2007). El uso de estiércoles es económicamente viable y ambientalmente sostenible; mejora la calidad de la tuna y alarga la vida productiva de la planta (Vázquez *et al.*, 2006).

En el caso de la fertilización con estiércol las dosis varían desde 10 t·ha⁻¹ hasta más de 40 t·ha⁻¹. La cantidad aplicada está determinada en la mayoría de los casos por los apoyos del municipio para la compra del abono y por la capacidad económica de los productores.

En su gran mayoría los productores no reciben asesoría técnica (96 %). Tampoco hay presencia, dentro de la región productora de tuna, de instancias que realicen investigación, validación o transferencia de tecnología. Esto explica la gran variabilidad encontrada en las prácticas culturales, ya que el proceso productivo del cultivo de nopal tunero es realizado de manera empírica.

Sólo el 4 % recibe asesoría técnica. Ésta es impartida en la mayoría de los casos por técnicos pagados por las instancias gubernamentales como SEDAGRO. En algunas ocasiones han recibido talleres mediante técnicos contratados por el municipio. Sin embargo, los productores no están dispuestos a pagar por los servicios de capacitación, pues en la mayoría de los casos no lo consideran necesario o bien la falta de rentabilidad no lo permite.

Los apoyos recibidos por los productores son escasos. El 71 % declaró que no reciben ningún apoyo directo de las instancias gubernamentales o de alguna otra dependencia. Sólo el 29 % de ellos reciben algún tipo de apoyo. Éstos provienen de las autoridades del municipio, como es el caso del pago parcial (50 %) para la compra de estiércol, lo que ha permitido que puedan acceder a este insumo, que de otra forma les sería difícil pagar. Otro es el destinado a la sustitución de nopal con disminución de producción ("amachamiento" o "engrosamiento del cladodio"), donde

ent supply, and provide micronutrients than in the case of mineral fertilizers are not applied. However, the application of other elements as potassium may be required (Alves *et al.*, 2007). The use of manure is economically viable and environmentally sustainable; it improves the quality of prickly pears and extends the life production of the plant (Vázquez *et al.*, 2006).

In the case of manure fertilization, doses range from 10 t·ha⁻¹ to over 40 t·ha⁻¹. How much manure is used is determined in most cases by the financial support provided by the municipality to buy manure and by the economic capacity of the farmers.

Most farmers do not receive any technical assistance (96 %). In the prickly pear-producing region, there is also no presence of institutions that conduct research, technology validation or transfer.

This explains the great variation in cultural practices, as the production process of the prickly pear cultivation is done empirically.

Only 4 % receive technical advice. This is given in most cases by technicians paid by government authorities as SEDAGRO. Sometimes they have received workshops given by technicians hired by the municipality. However, farmers are not willing to pay for training services, since in most cases this is not considered necessary or the lack of profitability does not allow it.

The financial support received by farmers is scarce. A large proportion of peasants (71 %) declare they did not receive direct support from government authorities or any other institution. Only 29 % of them receive some financial support. These come from the municipal authorities, as is the case of partial payment (50 %) for the purchase of manure, which otherwise it would be difficult to pay. Other financial support is intended for the replacement of cactus pear with decreased production ("Amachamiento" or "thickening of the cladode"), where SEDAGRO with state funds, provides the resource for the acquisition of new plants. Some others receive financial support from 'Alianza para el campo' for purchasing assets (mainly tractors).

Problems identified by farmers

Among the most significant problems identified (Table 1), highlights the control of pests and diseases. 34 % of farmers consider it as the most pressing problem, followed by the lack of knowledge of farmers and the lack of technical assistance. Methods for pest control are recommended by other farmers or sellers of agrochemicals. The ineffectiveness of the methods used to control pests such as cochineal (*Dactylopus indicus* Green), the cost of errors, such as phytotoxicity in the crop by inadequate doses, and the advance of "amachamiento" or "thickening of the cladode" (whose causal agent is still study) are important components of this limitation.

SEDAGRO, con fondos estatales, les proporciona el recurso para la adquisición de nuevas plantas. Algunos otros reciben apoyos de “Alianza para el campo” para la compra de activos (principalmente tractores).

Problemática identificada por los productores

Entre los problemas más importantes identificados (Cuadro 1), destaca el control de plagas y enfermedades. El 34 % de los agricultores lo considera como el problema más apremiante. Detrás de esta percepción se encuentra tanto la falta de conocimiento de los productores como la falta de asistencia técnica. Los métodos de combate son por recomendación de otros productores o de los vendedores de agroquímicos. La ineffectividad de los métodos empleados para el control de plagas como la cochinilla o grana (*Dactylopus indicus* Green), el costo de los errores, como la fitotoxicidad en el cultivo por dosis inadecuadas, y el avance del “amachamiento” o “engrosamiento del cladodio” (cuyo agente causal sigue en estudio), son componentes importantes de esta limitante.

CUADRO 1. Condiciones señaladas como principales problemas por los agricultores productores de tuna en Axapusco, Estado de México.

Problema	Porcentaje
Plagas y enfermedades	34
Precios bajos de la tuna	21
Manejo de las huertas	21
Condiciones climáticas	8
Comercialización	8
Estacionalidad	4
Calidad del fruto	4

Uno de los aspectos que puede fomentar una mayor incidencia de plagas, enfermedades y malezas es la aplicación de estiércoles frescos o semi descompuestos, los cuales son una fuente de contaminación y proliferación de agentes causantes de enfermedades, así como de la aparición de un número mayor de plagas y enfermedades (Mochiah *et al.*, 2011). Asimismo, la aplicación de una cantidad excesiva de estiércoles, como la efectuada por algunos productores, puede generar problemas de contaminación tanto del suelo como de los mantos freáticos de la región. Otro factor a considerar es la variedad limitada de los agroquímicos empleados, pues los proveedores de ellos en el municipio son pequeños. La gama de productos que ofrecen es reducida y la información que se proporciona al productor sobre éstos y su manejo es mínima, ya que los comerciantes generalmente carecen del conocimiento técnico. Esto puede incrementar el margen de error en la aplicación de los mismos.

Una limitante más es la adquisición de los insumos para su control, reducida por la falta de capital del productor.

TABLE 1. Conditions identified by the farmers growing prickly pear in Axapusco, Estado de Mexico, as key challenges.

Problem	Percentage
Pests and diseases	34
Low prices for prickly pear	21
Orchard management	21
Weather conditions	8
Marketing	8
Fruit production season	4
Fruit quality	4

One aspect that may encourage a higher incidence of pests, diseases and weeds is the application of fresh or semi decomposed manure, which is a source of pollution and proliferation of disease-causing agents and the appearance of a greater number of pests and diseases (Mochiah *et al.*, 2011). Also excessive amounts of manure, such as those used by some farmers may lead to problems of pollution of both soil and groundwater of that region. Another factor to be considered is the limited range of chemicals used, because in the municipality only small providers are found. The product range offered is limited and the information provided to the farmer about the use of the product is minimal. Traders generally lack the technical knowledge. This can increase the margin of error in applying the product.

A further limitation is the acquisition of inputs for control; it is reduced by the scarce farmer's income. Consequently, the farmer only acquires the minimum to carry out the production process. The high increase in prices of agrochemicals occurred since 2006 has further complicated this scenario (Huang, 2009). This is reflected in a low or almost no control of pests, diseases and weeds. Even though the farmer could have the empirical knowledge about the causative agents or their control, he cannot meet these challenges in time and in a suitable manner.

Next in order of importance, are found the low prices of prickly pear. For 21 % of farmers it represents a constraint to the development of their business. Most farmers sell their products at an open air market located in Santiago Acolman, to buyers who come to their communities or on the side of roads near the production area. Spineless cactus pears, unsorted, are packed in wooden boxes. Buyers are intermediaries that select and repack the fruit for sale to other wholesalers.

In Axapusco, the harvest season is from June to September. The first harvests in June and the last in September, have the best price because the production volume is low. In these brief periods, farmers can make a profit, but when production increases, prices decrease. From the price obtained, 40 % goes to removing the thorns of the

En consecuencia, sólo adquiere lo mínimo para poder llevar a cabo el proceso productivo. El elevado aumento en los precios de los agroquímicos ocurrido desde 2006 ha complicado más este escenario (Huang, 2009). Lo anterior se ve reflejado en un escaso o casi nulo control de plagas, enfermedades y malezas. A pesar de que el productor pudiera tener el conocimiento empírico sobre los agentes causales o de su control, no puede afrontar estos retos en tiempo y forma adecuados.

Siguen en orden de importancia los precios bajos de la tuna. Para el 21 % de los agricultores representan una limitante para el desarrollo de su actividad. La mayoría de los productores venden su producción en un tianguis localizado en Santiago Acolman, a compradores que acuden a sus comunidades o al lado de carreteras cercanas a la zona de producción. Empacan las tunas desespinadas, sin clasificar, en cajas de madera. Los compradores son intermediarios, que seleccionan y reempacan los frutos para su venta a otros mayoristas.

En Axapusco, la época de cosecha es de junio a septiembre. Las primeras cosechas, en junio, y las últimas, a partir de septiembre, tienen el mejor precio porque el volumen producido es bajo. En estos breves lapsos, los productores pueden obtener ganancias, pero cuando la producción aumenta, los precios disminuyen. Del precio obtenido, un 40 % se destina al desespinado y empacado (cuando se contrata mano de obra), y el 35 % es el costo de la caja de madera. Con el 25 % restante se deben cubrir los gastos de transporte al sitio de venta y el mantenimiento de la huerta.

El manejo de las huertas también representa un problema señalado por los agricultores (21 %). Esto también se relaciona con la falta de investigación, transferencia de tecnología y asistencia técnica en la zona de estudio. Por ello, no existió planificación para el establecimiento de las huertas. Así se hace difícil o imposible realizar o, peor aún, mecanizar las labores. El cuidado de las huertas depende de la expectativa de precios de venta de la tuna. Ésta se determina por los precios obtenidos en el ciclo anterior.

Para el 8 % de los productores las condiciones climáticas que influyen, afectan negativamente el desarrollo del cultivo. El clima en la región es templado semiseco con precipitaciones inferiores a los 600 mm y riesgo de heladas entre septiembre y marzo, aunque pueden presentarse fuera de ese periodo. Las heladas y sequías los afectan periódicamente y los rendimientos se ven mermados. Por ejemplo, la sequía sufrida en 2009 redujo los rendimientos en casi 42 % con respecto a los obtenidos en 2008 (SAGARPA, 2011).

La precaria situación del cultivo se ha agravado, ya que desde 2003 se rompió la tendencia ascendente del rendimiento y éste ha decrecido hasta 2010 en casi un tercio (SAGARPA, 2011). Las limitantes citadas anteriormente y la emergencia de otras opciones económicas más rentables, como el comercio, han provocado un paulatino abandono de las huertas.

prickly pear and packing (when labor is hired), and 35 % is for the cost of the wooden box. With the remaining 25 %, the cost of transport to the site of sale and maintenance of the orchard should be covered.

The orchard management is also a problem identified by farmers (21 %). This also relates to the lack of research, technology transfer and technical assistance in the area studied. Thus, there was no planning for the establishment of orchards, making difficult or impossible to mechanize the labors. The care of the orchards depends on the expected sales price of prickly pear, which is determined by the prices obtained in the previous cycle. For 8 % of the farmers, climatic conditions adversely affect crop growth. The climate in the region is temperate dry with rainfall below 600 mm and frost risk between September and March, although frost may occur outside this period. Frost and drought periodically affect yields. For example, a drought in 2009 reduced yields in almost 42 % compared to those obtained in 2008 (SAGARPA, 2011).

The precarious situation of the crop has been aggravated, because since 2003 the upward trend in yield broke and it has decreased until 2010 by almost a third (SAGARPA, 2011). The limitations cited above and the emergence of other economic options that are more profitable, such as trade, have led to a gradual abandonment of orchards.

As a consequence of this situation, the competitiveness of the production of prickly pear in the State of Mexico is decreasing. If trends continue, Zacatecas will become the entity with the highest production of this fruit.

The yield of prickly pear in Estado de México in 2010 ($8.98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) has little difference with that that obtained in San Luis Potosi ($7.78 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) and in Zacatecas ($7.09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), entities with major agro-climatic constraints and which were overcome by far. This yield is only a third of that reached in Durango, entity with greater productivity, and just over half of the harvested in Puebla (SAGARPA, 2011).

The problems identified by the farmers of Axapusco are no different from those found in other producing regions, such as the area devoted to this crop in the state of Zacatecas; they face a complex set of problems reflected in lower prices for the product, having as a result low profits (Gallegos *et al.*, 2003).

In this situation, is required to design and implement actions to increase the profitability of prickly pear farmers. These should be focus to the productive and harvest processes, as well as, to the post-harvest and marketing ones. In this case, this paper will be focus only to propose alternatives for the production process.

As a starting point, changes in the production process should promote the compliance with the requirements of the market for this fruit. They should be targeted to farmers in the social sector, with resource constraints, which include the cultivated area (commonly ranging from 0.25 and 5 ha).

A consecuencia de esta situación, la competitividad de la producción de tuna en el Estado de México está disminuyendo. Si continúan las tendencias, Zacatecas lo superará como la entidad con mayor producción de este fruto.

El rendimiento de tuna del estado de México en 2010 (8.98 t·ha⁻¹) guarda ya poca diferencia con el obtenido en San Luis Potosí (7.78 t·ha⁻¹) y en Zacatecas (7.09 t·ha⁻¹), entidades con mayores limitantes agroclimáticas y a las que superaba por amplio margen. Además es sólo la tercera parte del alcanzado en Durango, entidad con la mayor productividad, y poco más de la mitad del cosechado en Puebla (SAGARPA, 2011).

La problemática identificada por los productores de Axapusco no difiere de la encontrada en otras zonas productoras, como es el caso del área destinada a este cultivo en el estado de Zacatecas, que enfrenta una problemática compleja reflejada finalmente en precios bajos para el producto. Como consecuencia, hay una baja rentabilidad de la actividad (Gallegos *et al.*, 2003).

Ante esta situación, se requiere diseñar e implementar acciones para incrementar la rentabilidad de los productores de tuna. Éstas deben estar dirigidas tanto al proceso productivo como al de cosecha, al de poscosecha y al de comercialización. Por ser el objeto de este artículo, nos limitaremos sólo a plantear las alternativas para mejorar el proceso productivo.

Como punto de partida, los cambios en el proceso productivo deben propiciar el cumplimiento de los requerimientos del mercado para este fruto. Deben estar dirigidos a productores del sector social, con limitantes de recursos, en los que se incluye la superficie cultivada (la mayoría oscila entre 0.25 y 5 ha).

En los problemas expresados por los productores concurre como causa subyacente la falta de conocimiento técnico sobre la forma de realizar los diferentes componentes del proceso técnico. La investigación sobre el cultivo realizada en la zona es escasa y la transferencia de tecnología es casi nula. Para subsanar esta limitante proponemos las siguientes estrategias:

1. Investigación tradicional.
2. Validación y transferencia de tecnología.
3. Redes de innovación.
4. Capacitación y asistencia técnica.

La investigación tradicional debe ser hecha por personal especializado, principalmente en campos experimentales, y debe estar dirigida a la creación de nuevas variedades y prácticas culturales que hagan al nopal más tolerante a las condiciones climáticas adversas. Este es el caso de las que pueden propiciar problemas de fructificación y amarre de frutos durante periodos largos de sequía, así como los daños directos relacionados con el desarrollo de las plantas en temperaturas abajo del punto de congelamiento.

In the problems expressed by farmers appears as an underlying cause the lack of technical knowledge on how to conduct the different components of the technical process. Research on growing done in the area is scarce and technology transfer is negligible. To overcome this limitation the following strategies are proposed:

1. Traditional research.
2. Technology transfer and validation.
3. Innovation networks.
4. Training and technical assistance.

Traditional research must be done by people with the expertise, mainly in experimental fields, and should be directed to the creation of new varieties and cultural practices that make cactus pear more tolerant of adverse weather conditions. This is the case of those that can lead to fructification problems and fruit set during long drought periods, as well as direct damage related to the development of plants in temperatures below freezing.

It is necessary to obtain varieties with horizontal resistance to the main pests and diseases. Moreover, improvements should encourage a longer production period. In the case of red prickly pear it is also needed to find varieties more resistant to postharvest handling and with longer shelf life.

This kind of research should find crop alternatives that increase production and reduce costs. More efficient methods and with lower cost to control pests, especially the most difficult control as cochineal (*Dactylopus indicus* Green) are needed. Also, the causative agent of "amachamiento" or "thickening of the cladode" has to be identified. Results of this approach can be expected in the medium and long term.

With respect to technology transfer and validation, in other regions of the world and in Mexico, where this fruit is grown, there are technologies that have proven successful. So they must be validated in the conditions of Estado de Mexico to study their behavior and be able to transfer the most appropriate. An example is the forced production and the making of seedless prickly pears, which still must be validated in the region as an option to solve the problem of seasonality and increase the value of production.

A large proportion (70 %) of innovations made by farmers come from themselves or other growers. They should be key players in both the processes of innovation and in transfer technology. The formation of innovation networks is the best option (Muñoz and Santoyo, 2010); where the farmers with the greatest potential for innovation are identified, so that through them the technological advances can be spread.

As for training, in order to correct other shortcomings of the process, it is proposed to conduct various training workshops in areas of crop management, soil conserva-

Es necesario obtener variedades con una resistencia horizontal a las principales plagas y enfermedades. Además, el mejoramiento debe propiciar un periodo productivo más largo. En el caso de la tuna roja también hay que encontrar variedades más resistentes al manejo y con mayor vida de anaquel.

Hay que dedicarse a encontrar alternativas de cultivo que aumenten la producción y disminuyan los costos. Se requieren métodos más eficientes y de bajo costo para el control de plagas, en especial las de más difícil control como la cochinilla o grana (*Dactylopus indicus* Green). También se debe identificar al agente causal del "amachamiento" o "engrosamiento del cladodio". Pueden esperarse resultados de este enfoque en el mediano y largo plazo.

Con relación a la validación y transferencia de tecnología, en otras regiones del mundo y del país donde se cultiva este fruto existen tecnologías que han probado ser exitosas. Hay que validarlas en las condiciones del Estado de México para conocer su comportamiento y así poder transferir las más adecuadas. Un ejemplo es el desfasamiento de la cosecha y la producción de tunas sin semilla, las cuales aún deben ser validadas en la región como opción para solucionar el problema de la estacionalidad e incrementar el valor de la producción.

El 70 % de las innovaciones que realizan los productores provienen de sí mismos o de otros cultivadores. Ellos deben ser actores primordiales tanto en los procesos de innovación como en la transferencia de tecnología. La formación de redes de innovación es la mejor opción (Muñoz y Santoyo, 2010). En ellas se trabaja para identificar a los productores con mayor potencial de innovación para que a través de ellos se puedan difundir los avances tecnológicos.

En cuanto a la capacitación, con la finalidad de subsanar otras deficiencias del proceso se propone realizar diversos talleres prácticos de adiestramiento en áreas de manejo del cultivo, conservación de suelos, control de la erosión, composteo de estiércoles, manejo de agroquímicos (dosis, épocas de aplicación, métodos de aplicación convencionales y/o alternativos, seguridad, etc.), captación de agua de lluvias en microcuencas o con habilitación de jagüeyes, entre otros aspectos.

El composteo de estiércoles, además de favorecer el aprovechamiento de los mismos, contribuirá a mejorar la calidad de los suelos, disminuirá la presencia de propágulos de malezas, aparición de plagas y enfermedades, reducirá la contaminación del suelo y mantos freáticos por efecto de lixiviación, mejorando con ello el sistema de producción y permitiendo realizar prácticas más inocuas.

Hay que proporcionar también entrenamiento para la realización de algunas prácticas como en el caso de aplicaciones foliares. Su aplicación incorrecta afecta al fruto directamente. Provoca desde el aborto de la flor hasta

tion, erosion control, manure composting, use of chemicals (dose, timing of application, conventional and/or alternative application methods, safety, etc.), rain water harvesting in watersheds or dams, among others.

Composting of manure, not only will favor the use of them, but also will help to improve soil quality, reduce the presence of propagules of weed, pest and diseases, reduce soil and groundwater pollution as a result of leaching, thereby improving the production system and realizing safer practices.

Training to carry out some practices as in the case of foliar applications should be done. Misapplication affects the fruit directly, provoking from abortion of the flower to variations in color and burn stains, which reduces the quality of the fruit. It affects the organoleptic quality of the product and contributes to a shorter shelf life. In the cladode, phytotoxicity can be provoked.

A number of efforts to organize farmers have failed, making it necessary to provide training and technical assistance for the formation of strong organizations.

In reducing production costs is important to note that making the purchase of consolidated supplies, better prices and higher profits can be obtained, such as transferring the products to a community by wholesale suppliers or farmers. For organized farmers is more feasible to have infrastructure and equipment enabling them to develop their activities more efficiently and at lower cost.

CONCLUSIONS

According to the analysis of the results obtained from the characterization of the production process of prickly pear in the municipality of Axapusco, this is very heterogeneous and generally performed empirically, and in many cases it is subjected to the capital available of the farmers to invest and to the financial support received from the federal, state and city authorities to enhance production.

The management of the production units is inefficient, since crop labors may or may not be carried out like previous years, either because it is not considered necessary or due to the prices obtained in the last harvest. If the prices are lower than those expected by farmers, that will provoke the reduction of pre-harvest practices.

Although there is research on this crop in the prickly pear region of Estado de Mexico, technological development is still incipient and the information received by farmers to improve the system production is minimized. Great efforts are required to generate and transfer knowledge to farmers with active participation, as well as training and the necessary technical assistance.

End of English Version

variaciones en la coloración y aparición de manchas por quemaduras, lo que merma la calidad del fruto. Asimismo, afecta la calidad organoléptica del producto y contribuye a una vida de anaquel más corta. En el cladodio puede causar fitotoxicidad.

Varios de los esfuerzos para organizar a los productores han fracasado, por lo que es necesario proporcionar capacitación y asistencia técnica para la formación de organizaciones sólidas.

En la disminución de los costos de producción es importante tomar en cuenta que realizando la compra de insumos consolidada se podrán obtener mejores precios y mayores beneficios, como los traslados de los productos a la comunidad por los proveedores mayoristas o los fabricantes. Como productores organizados es más factible que puedan dotarse de infraestructura y equipo que les permita desarrollar más eficientemente y a menor costo sus actividades.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en la caracterización del proceso de producción de tuna en el municipio de Axapusco, éste es muy heterogéneo y de manera general se realiza de forma empírica, además de que en muchos de los casos está supeditado al capital de que dispongan los productores para invertir y en menor medida a los apoyos que reciban de las autoridades federales, estatales y municipales para el fomento de la producción.

El manejo de las unidades de producción es ineficiente, ya que las labores de cultivo pueden o no realizarse igual que años anteriores, ya sea porque no lo consideran necesario o debido a los precios obtenidos en la cosecha pasada. Si son menores a lo esperado por el productor, traen como consecuencia la reducción de las prácticas previas a la cosecha.

Aun cuando existe investigación respecto a este cultivo, en la región tunera del Estado de México, el desarrollo tecnológico aún es incipiente y la información que reciben los productores para mejorar el sistema de producción es mínima. Se requieren grandes esfuerzos para generar y trasladar conocimiento a los productores con su activa participación, así como proporcionar la capacitación y asistencia técnica necesaria.

LITERATURA CITADA

- ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA, M. DE A.; SANTOS, D. C. DOS. 2007. Prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fodder production after 19 years of cultivation under different planting densities and harvest intensities. *Caatinga* 20(4): 38-44.
- CARUSO, M.; CURRO, S.; LAS CASAS, G.; LA MALFA, S.; GEN- TILE, A. 2010. Microsatellite markers help to assess genetic diversity among *Opuntia ficus indica* cultivated gen- otypes and their relation with related species. *Plant Syst. Evol.* 290: 85-97.
- CORRALES G., J.; FLORES V., C. 2003. Nopalitos y Tunas: Producción, Comercialización, Postcosecha e Industrialización. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 225 p.
- FELKER, P.; PATERSON A.; JENDERER, M. M. 2006. Forage potential of *Opuntia* clones maintained by the USDA National Plant Germplasm System (NPGS) collection. *Crop Sci.* 46: 2161-2168.
- GALLEGOS V., C.; CERVANTES H., J.; CORRALES G., J.; ME- DINA G., G. 2003. La cadena productiva del nopal en Zacatecas: Bases para un desarrollo sostenido. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, Fundación Pro- duce Zacatecas A.C., Secretaría de Economía. Zacatecas, México. p. 167-173.
- GALLEGOS V., C.; MÉNDEZ G., S. 2000. La tuna: Criterios y técnicas para su producción comercial. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, Fundación PRODUCE Zacatecas-Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 164 p.
- GARCÍA H., J. L.; MURILLO A., B.; NIETO G., A.; FORTIS H., M.; MÁRQUEZ H., C.; CASTELLANOS P., E.; QUIÑONES V., J. DE J.; ÁVILA S., N. Y. 2010. Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 28(4): 391-399.
- GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge. 286 p.
- GRIFFITH, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *Am. J. Bot.* 91: 1915-1921.
- HUANG, W. 2009. Factors Contributing to the Recent Increase in U.S. Fertilizer Prices, 2002-08. Outlook AR-33. A Report from the Economic Research Service. USDA. <http://www.ers.usda.gov/Publications/AR33/AR33.pdf>
- MOCHIAH, M. B.; BAIDOO, P. K.; OWUSU-AKYAW, M. 2011. Influence of different nutrient applications on insect popula- tions and damage to cabbage. *Journal of Applied Biosciences* 38: 2564-2572.
- MONDRAGÓN J., C. 2001. Cactus pear breeding and domestica- tion. *Plant Breed Rev.* 20: 135-166.
- MUÑOZ R., M.; SANTOYO C., V. H. 2010. Pautas para desarro- llar redes de innovación rural. En ÁVILA A., J.; ALTAMIRA- NO C., J. R.; RENDÓN M., R (Coord.). Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 71-102.
- PIMIENTA B., E. 1990. El nopal tunero. Departamento de Investi- gación Científica y Superación Académica de la Universidad de Guadalajara, UG. Guadalajara Jalisco, México. 246 p.
- PIMIENTA B., E. 1994. Prickly pear (*Opuntia* spp.): a valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico. *J. Arid. Environ* 28: 1-12.
- SEGURA, S.; SCHEINVAR, L.; OLALDE, G.; LEBLANC, O.; FI- LARDO, S. MURATALLA, A.; GALLEGOS, C.; FLORES, C. 2007. Genome sizes and ploidy levels in Mexican cactus

- pear species *Opuntia* (Tourn.) Mill. series Streptacanthae Britton et Rose, Leucotrichae DC., Heliabravoanae Scheinvar and Robustae Britton et Rose. Genet. Resour. Crop. Evol. 54: 1033-1041.
- SAGARPA. 2011. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta 1980-2010 (SIACON). México. SIAP. SAGARPA. Descargado el 9 de diciembre de 2011.
- VÁZQUEZ A., R. E.; OLIVARES S., E.; ZAVALA G., F.; VALDEZ C., R. D. 2006. Utilization of manure and fertilizers to improve the productivity of cactus pear (*Opuntia* spp.) a review. Proceedings of the 5th International Congress on Cactus and Cochineal, Chapingo, Edo. de Mexico, Mexico, 2-7 August 2004. Acta Horticulturae 728: 151-158.
- WALLACE R. S.; GIBSON A. C. 2002. Evolution and systematics. In: Nobel, P. S. (ed) Cacti: biology and uses. University of California Press, Berkeley, pp. 1-22.