



Protected horticulture technology in state of Nayarit, Mexico

Tecnología de la horticultura protegida en el estado de Nayarit, México

Rodríguez-Ramírez L.¹, Juárez-Rosete C. R.^{2*}, Aguilar-Castillo J. A.³

¹Universidad de Almería-Intagri. México.
Universidad Autónoma de Nayarit, ²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias;
³Unidad Académica de Agricultura, Carretera Tepic-Compostela
Km. 9. C. P. 63780, Xalisco; Nayarit, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Rodríguez-Ramírez L., Juárez-Rosete C. R., Aguilar-Castillo J. A. (2018). Protected horticulture technology in state of Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 5(1), e374. doi: <https://doi.org/10.1571/revbio.05.e374>



ABSTRACT

The objective of the present work was to characterize the existing protected horticulture by classifying it, according to its level of technification in the state of Nayarit, Mexico. The study consisted of the on-field application of a questionnaire during the months of September to November 2016. Its form of organization, geographic location and climatic environment, characteristics of the production system, type of irrigation, fertilization management, structural elements, design, cover, climate control, technical assistance, commercialization and supplies acquisition are described. A total of 389 production units were visited totaling 169.85 ha of protected structures dedicated to vegetable production. The non-probabilistic "snowball" method was used which allowed to locate key informants that led to the location of a larger number of production units. Information processing focused on defining

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 13rd 2017.

Accepted/Aceptado: January 29th 2018.

Available on line/Publicado: December 10th 2018.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la horticultura protegida existente, mediante la clasificación, de acuerdo con su nivel de tecnificación en el estado de Nayarit, México. El estudio consistió en la aplicación en campo de un cuestionario, durante los meses de septiembre a noviembre del 2016. Se describen su forma de organización, ubicación geográfica y entorno climático, características del sistema de producción, tipo de riego, manejo de la fertilización, elementos estructurales, diseño, cubierta, control climático, asistencia técnica, comercialización y adquisición de insumos. Se visitaron 389 unidades de producción que totalizaron 169.85 ha de estructuras protegidas dedicadas a la producción de hortalizas. Se utilizó el método no probabilístico de "bola de nieve", el cual permitió localizar a informantes clave, trayendo consigo la ubicación de un mayor número de explotaciones. El procesamiento de la información se concentró en definir variables categóricas y de frecuencias. Los resultados indicaron que la superficie total de invernaderos fue de 135.96 ha (80.05 %), estructuras de malla y casa sombra 20.93 ha (12.32 %), los macro túneles 11.20 ha (6.59 %) y las casas antiáfida 1.76 ha (1.04 %). Además, se definieron cuatro niveles de tecnificación: rústica, baja, mediana y alta.

*Corresponding Author:

Juárez-Rosete C. R. Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela Km.9., C.P. 63780, Xalisco; Nayarit, México. Phone: +52(311) 223 1340. E-mail: cecirjross@gmail.com

categorical and frequency variables. Results indicated that the total area of greenhouses was 135.96 ha (80.05 %), mesh structures and shade house 20.93 ha (12.32 %), macro tunnels 11.20 ha (6.59 %) and anti-aphid houses 1.76 ha (1.04 %). Moreover, four levels of technification were defined: rustic, low, medium and high. The high technology presents a trend to increase its surface, while the medium technology holdings remain stable. A reduction of production units of rustic technology, as well as of low technology, is expected; the latter had a high dropout rate, due to their inadequate technology, incorrect scaling and lack of competitiveness.

KEY WORDS

Protected structures, level of technification, competitiveness.

Introduction

The growing world demand for horticultural food, in enough quantity and quality and in the face of climatic factors that condition agriculture (SAGARPA, 2016), forces producers to adopt viable alternatives to cover these needs by controlling external factors. The "protected" production of vegetables is an option to face the new challenges of agriculture nowadays.

Protected horticulture is an agricultural system in which production techniques are used that allow to control environment and to protect crops (Moreno *et al.*, 2011) in order to promote their growth and development, increase their yields, and obtain harvests in dates at which they can't be achieved with conventional farming systems (open field) (Juárez *et al.*, 2012).

To achieve this, different protection structures are used, such as greenhouses, macro tunnels, micro tunnels, shade meshes, shade houses, anti-aphid houses and floating row covers; according to the available capital, the local climatic conditions, and the requirements and limitations of the species to be cultivated within them. Their success and functionality are based on the degree of technology that is used, which includes variables such as design, equipment and appropriate management.

Regarding the level of technification, greenhouses can be classified into three levels, according to their typology, equipment and used technology: low, medium and high (Moreno *et al.*, 2011). In function of their lifetime period and

La tecnología alta presenta una tendencia a incrementar su superficie, mientras que las explotaciones de mediana tecnología se mantienen estables. Se prevé una disminución de unidades de producción de tecnología rústica, así como, de baja tecnología; éstas últimas, presentaron un alto índice de abandono, debido a su inadecuada tecnología, su escala incorrecta y falta de competitividad.

PALABRAS CLAVE

Estructuras protegidas, nivel de tecnificación, competitividad.

Introducción

La creciente demanda mundial de alimentos hortícolas, en cantidad y calidad suficiente, y ante factores climáticos que condicionan la agricultura (SAGARPA, 2016), obliga a los productores a adoptar alternativas viables para cubrir dichas necesidades mediante el control de factores externos. La producción "protegida" de hortalizas, constituye una opción para enfrentar los nuevos retos que tiene la agricultura hoy en día.

La horticultura protegida, es un sistema agrícola en el que utilizan técnicas de producción que permiten controlar el ambiente y proteger a los cultivos (Moreno *et al.*, 2011). Lo anterior, con el propósito de favorecer su crecimiento y desarrollo, incrementar sus rendimientos, y obtener cosechas en fechas donde con sistemas de cultivo convencional (campo abierto) no pueden conseguirse (Juárez *et al.*, 2012).

Para lograrlo, se utilizan diferentes estructuras de protección como invernaderos, macro túneles, micro túneles, mallas sombra, casas sombra, casas antiáfida y cubiertas flotantes; de acuerdo al capital disponible, a las condiciones climáticas locales, y a los requerimientos y limitantes de la especie a cultivar dentro de ellos. Su éxito y funcionalidad están sustentadas en el grado de tecnificación utilizado, que incluye variables como: el diseño, equipamiento y manejo apropiado.

De acuerdo al nivel de tecnificación, los invernaderos pueden clasificarse según su tipología, equipos y tecnología utilizada, en tres niveles: baja, media y alta (Moreno *et al.*, 2011). En función de su periodo de vida útil y a la tolerancia a los desplazamientos de la estructura de cubierta, en

tolerance to displacements of the roof structure, into two classes: A) Structures of unitary or battery greenhouses and B) Structures of shade house type, macro and micro tunnels (Ortega *et al.*, 2014).

The state of Nayarit has favorable conditions for this type of agriculture, its edaphoclimatic diversity allows to adapt and use the different structural options. Therefore, the twenty municipalities of the state were visited in order to document the current situation in which these production units are.

Objective of the project

To characterize the existing protected horticulture by classifying it according to its level of technification in the state of Nayarit, Mexico.

Objective of the report

The obtained information brings data that contribute to strengthen actions focusing on improving the production and having a higher growth of the protected horticulture sector in the state of Nayarit.

Study area

The state of Nayarit is located in western Mexico, between 20° 36' and 23° 05' north latitude, and 103° 43' and 105° 46' west longitude (INEGI, 2016).

Materials and Methods

In order to obtain the information of the present work, a questionnaire was applied, which was elaborated and adapted from the one proposed by Valera *et al.* (2014). The fieldwork was carried out during the months of September to November 2016. The questionnaire consisted of 41 closed and open questions, divided into seven sections: 1) General data and geographical location, 2) Production system, 3) Irrigation and fertilization, 4) Structure and cover, 5) Climate control, 6) Technical assistance and 7) Marketing and acquisition of supplies.

For the application of the interviews, the non-probabilistic snowball sampling was used (Ortega *et al.*, 2014), which allowed us to locate key informants who informed us about the location of a larger number of production units. In this way, the size and representativeness of the sample increased. Information processing focused on defining categorical and frequency variables.

dos clases: A) Estructuras de invernaderos unitarios o en batería y B) Estructuras tipo casa-sombra, macro y micro túneles (Ortega *et al.*, 2014).

El estado de Nayarit cuenta con condiciones favorables para este tipo de agricultura, su misma diversidad edafoclimática, permite adaptar y utilizar las diferentes opciones estructurales. Por lo que, se recorrieron los veinte municipios del estado, para documentar la situación actual en la que se encuentran estas unidades de producción.

Objetivo del proyecto

Caracterizar la horticultura protegida existente, clasificándola de acuerdo a su nivel de tecnificación en el estado de Nayarit, México.

Objetivo del informe

La información obtenida aporta datos que contribuyen a fortalecer acciones encaminadas a mejorar la producción y tener un mayor crecimiento del sector horticultura protegida en el estado de Nayarit.

Área de estudio

El estado de Nayarit se localiza en el occidente de México, entre 20° 36' y 23° 05' de latitud norte, y 103° 43' y 105° 46' longitud oeste (INEGI, 2016).

Materiales y Métodos

Para la obtención de la información del presente trabajo se aplicó un cuestionario, el cual fue elaborado y adaptado al propuesto por Valera *et al.* (2014). El trabajo de campo se realizó durante los meses de septiembre a noviembre del 2016. Constó de 41 preguntas cerradas y abiertas, divididas en siete secciones: 1) Datos generales y ubicación geográfica, 2) Sistema de producción, 3) Riego y fertilización, 4) Estructura y cubierta, 5) Control climático, 6) Asistencia técnica y 7) Comercialización y adquisición de insumos.

Para la aplicación de las entrevistas, se utilizó el método no probabilístico de bola de nieve (Ortega *et al.*, 2014), que permitió localizar a informantes clave, quienes informaron sobre la ubicación de un mayor número de explotaciones; de esta manera se incrementó el tamaño y representatividad de la muestra. El procesamiento de la información se concentró en definir variables categóricas y de frecuencias.

Regarding the collection and management of the information, 405 production units were visited and 389 units in operation at the different technological levels were surveyed. The remaining 16 units were found to be abandoned and/or in complete deterioration. Also, those that were with species outside the object of study were discriminated: production of flowers, grains, nurseries of ornamentals, forestry and fruit trees. For the definition of the level of technification of the protected horticulture, what was pointed out by Juárez *et al.* (2012) was considered. They mention that the necessary considerations to classify the greenhouses with low, medium and high technology depend on the dependence or independence on the external environment, the use of simple or automated technologies, production in soil or substrates and for their productivity.

Results

A studied area of 169.85 ha of protected horticulture was obtained, larger than the one reported by SAGARPA (2015) and Alejo *et al.* (2011), who indicate 121 and 164.63 ha respectively. Both sources cite the total state area, without specifying the exclusive area of production of vegetables under protected conditions. Since the studied total area exceeded the one that was found in the available sources, it was not necessary to consider the representativeness of the sample size and its statistical viability. On the other hand, according to the projects list of the integral production "SAGARPA Protected Agriculture" component during 2016 for the state of Nayarit, all projects submitted for evaluation were ruled as negative, therefore there was no significant growth in the protected area (SAGARPA, 2016).

Table 1 shows the main variables that defined the classification and characterization of the structures found in four levels of technification: rustic, low, medium and high. In contrast to consulted sources, another technological level denominated as "Rustic" was typified, which is present in marginal zones of the state, within the Strategic Project for Food Safety (PESA, by its acronym in Spanish). Although the sources label macro tunnels and shade meshes as low technology, in this study they were classified as medium technology depending on their equipment and management, as well as their adaptation to local climatic conditions.

Respecto a la obtención y manejo de la información se visitaron 405 unidades de producción y se sometieron a encuesta 389 unidades en operación en los diferentes niveles tecnológicos, las 16 unidades restantes se encontraron abandonadas y/o en completo deterioro, también se discriminaron las que estuvieron con especies fuera del objeto de estudio: producción de flores, granos, viveros de ornamentales, forestales y frutales. Para la definición del nivel de tecnificación de la horticultura protegida, se tomó en cuenta lo señalado por Juárez *et al.* (2012); quienes mencionan que las consideraciones necesarias para clasificar los invernaderos con tecnología baja, media y alta, están en función de la dependencia o independencia del ambiente externo, el uso de tecnologías simples o automatizadas, producción en suelo o sustratos y por su productividad.

Resultados

Se obtuvo una superficie estudiada de 169.85 ha de horticultura protegida, superior a la reportada por la SAGARPA (2015) y Alejo *et al.* (2011), quienes indican 121 y 164.63 ha respectivamente. Ambas fuentes citan la superficie total estatal, sin especificar la superficie exclusiva de producción de hortalizas en condiciones protegidas. Debido a que la superficie total estudiada superó a la encontrada en las fuentes disponibles, no fue necesario considerar la representatividad del tamaño de muestra y su viabilidad estadística. Por otra parte, de acuerdo con el listado de proyectos del componente de producción integral "Agricultura Protegida de la SAGARPA" durante el año 2016 para el estado de Nayarit, todos los proyectos sometidos a evaluación fueron dictaminados como negativos, por lo que no hubo un crecimiento significativo de la superficie protegida (SAGARPA, 2016).

En la Tabla 1 se muestran las principales variables que definieron la clasificación y caracterización de las estructuras encontradas en cuatro niveles de tecnificación rústica, baja, media y alta. A diferencia de las fuentes consultadas, se tipificó un nivel tecnológico más denominado "Rústico", que está presente en las zonas marginadas del estado, dentro del Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA). Aunque las fuentes etiquetan a los macro túneles y mallas sombra como tecnología baja, en este estudio fueron clasificados como tecnología media en función de su equipamiento y manejo, así como a la adaptación a las condiciones climáticas locales.

Table 1.
Variables that allowed to define the technological levels.

Tabla 1.
Variables que permitieron definir los niveles de tecnología.

VARIABLE	TECHNOLOGY LEVEL			
	RUSTIC	LOW	MEDIUM	HIGH
Cultivation in	Soil	Soil	Soil with plastic ground	Growing media
Main species	Saladette T. Radish Onion	Saladette T. ind. ^a Habanero pepper Bell pepper	Ball T. ind. ^b Bell pepper Saladette T ind.	Grape T. ind. ^c Saladette T. ind. Ball T. ind.
Seedling production	They produce it	They produce it	In ball T. maquila and grafted is contracted	100 % of maquila and grafted service is contracted
Structure design	Anti-aphid house	Shade house Greenhouses: 98 % multitunnel and 2 % tunnel without zenith	Shade mesh Macro tunnel Greenhouses multitunnel fixed zenith: 94 chapel type and 6 % gothic type	Greenhouses multitunnel gothic type: 78 % fixed zenith 22 % movable zenith.
Irrigation method and programing	73 % drip tape At discretion	100 % drip tape At discretion	100 % drip tape Tensiometer	Dropper and pickaxe Lysimeter
Infraestructure for fertigation	No	Direct aspiration of irrigation pump	54 % automated head venturi injectors with direct aspiration 43.5 % Direct aspiration 2.5 % Venturi injection	Automatic watering head
Pollination	No	33 % Mechanic 33 % Air 34 % No	56 % Bumble bee 27 % Mechanic 15 % Air 2 % No	100 % Bumblee bee
Climatic control	No	Natural ventilation 98 % Side 2 % Side-zenith 22 % whitewashed	Natural ventilation Side -zenith 100 % White washed	Natural ventilation Side and zenithal 100 % whitewashed
Yield/ha Saladette T.	Without registration	200 ton	240-260 ton	300 ton
Main source of technical assistance	PESA Technical	Suppliers of inputs	External consultant and Growers	Growers
Acquisition of inputs	Retail suppliers	Retail wholesalers	Direct distributors	Direct distributors
Destination of production	Self-consumption and local market	Local market and central supply	Exportation and central supply	Only exportation

^aSaladette Tomato indeterminate; ^bBall Tomato indeterminate and ^cGrape Tomato indeterminate.

^aTomate Saladette indeterminado; ^bTomate bola indeterminate y ^cTomate uva indeterminado.

Among the found structures, greenhouses stand out (when examining surface), followed by shade meshes, macro tunnels, anti-aphid houses and shade houses. Table 2 shows the geographical location and climatic conditions (INEGI, 2016), which prevail in the different structures, found during fieldwork and which are object of study.

Regarding the size of production units, surface averages in each level are clearly differentiated (Table 3).

Analyzing the current state of the production units (Table 4), low technology is observed to present the highest number of production units in abandonment, which includes structural deterioration, as well as deterioration of the elements of the cover (plastics and meshes). This factor is essential for the economic development of the protected horticulture sector in the region.

Entre las estructuras encontradas sobresalen (por superficie), los invernaderos, seguidos por las malla sombra, macro túneles, casa antiáfida y casa sombra. En la Tabla 2, se indica la ubicación geográfica y las condiciones climáticas (INEGI, 2016), que prevalecen en las diferentes estructuras encontradas durante el trabajo de campo y que son el objeto de estudio.

En cuanto al tamaño de las unidades de producción, los promedios de las superficies en cada nivel, están claramente diferenciados (Tabla 3).

Analizando el estado actual de las unidades de producción (Tabla 4) se observa que la tecnología baja presenta la mayor cantidad de unidades de producción en abandono lo cual incluye deterioro estructural, así como de los elementos de la cubierta (plásticos y mallas). Este factor es básico para el desarrollo económico del sector de la horticultura protegida de la región.

Table 2.
Location and climatic conditions by type of structured studied.

Tabla 2.
Localización y condiciones climáticas por tipo de estructura estudiada.

Type of structure	Wheather	Altitude (msnm)	Annual precipitation (mm)	Average annual temperature (°C)	Location (Municipalities)
Anti-aphid house	Aw, (A)Cw, Cw y BS	500 to 2080	700 to 1200	16 to 24	59 locations from 8 municipalities with high and very high marginalization
Shade house	Aw	6	1200	27	Tecuala
Greenhouses (for seedlings)	Aw (A)Cw	6 to 1200	1000 to 1200	20 to 27	Most horticultural municipalities
Greenhouses low technology	Aw (A)Cw	8 to 1125	1000 to 1200	20 to 27	Jala, Ixtlán del Río, Santa Ma. Del Oro, Tecuala, Tepic and Xalisco
Greenhouses medium technology	Aw (A)Cw	740 to 1140	1000 to 1200	20 to 24	Jala, Santa Ma. Del Oro, Tepic and Xalisco
Greenhouses high technology	(A)Cw	890 to 1200	1000 to 1200	20 to 22	Compostela and Santa Ma. Del Oro
Macro tunnel	(A)Cw	900	1000	22	Compostela
Shade mesh	Aw	6	1200	26	San Blas

Typology: Aw (warm subhumid); (A) Cw (Semiwarm subhumid); Cw (Subhumid tempering) and BS (Semidry).

Tipología: Aw (subhúmeda caliente); (A) Cw (semicaliente subhúmedo); Cw (templado subhúmedo) y BS (semiseco).

Table 3.
Average size of protected production units (ha) according to their technological level.

Tabla 3.
Tamaño promedio de las unidades de producción protegidas (ha) de acuerdo a su nivel de tecnología.

	Technology Level			
	Rustic	Low	Medium	High
average surface	0.005	0.5	9.3	41.5

Table 4.
Current status (%) of the production units according to their level of technology.

Tabla 4.
Estatus actual (%) de las unidades de producción de acuerdo a su nivel de tecnología.

Technology level	Status		
	Abandonment	Stagnation	Active
Rustic	0.55 %	18.66 %	80.79 %
Low	44.44 %	5.88 %	49.68 %
Medium	-	-	100 %
High	-	-	100 %

1. Rustic technology

At this level, there are the “anti-aphid houses” (Figure 1A), whose only function is to limit the access of pests to the crop. They are rustic structures built by the owners themselves with materials from their region such as wood, reed, bamboo and recycled metals that give support and form to the anti-aphid mesh that covers the whole unit. Their orientation and dimensions are adapted to the owners’ backyards, predominating (45.40 %) those of 10 m length by 5 m width (50 m²), and (35.09 %) those of 11 m length by 3.5 m width (38.5 m²). 7.8 % are located in Cw climates and have a plastic film on the “roof”.

73.25 % have a drip irrigation system, less than 1 % with plastic mulch, and the main source of water for irrigation is the collection of rainwater (33.42 %) in ferro-cement tanks of 10,000 L capacity, followed by the natural springs of the locality (27.57 %) and the use of wells (25.62 %). The rest corresponds to embankments, dams and rivers. In the first cycles, up to 23 species of vegetables were grown, with seed provided by the PESA. Currently, the owners acquire the seed and prefer to cultivate the species that are best

1. Tecnología rústica

En este nivel, están las “casas antiáfida” (Figura 1A), cuya única función es limitar el acceso de plagas al cultivo. Son estructuras rústicas construidas por los mismos propietarios, con materiales de su región, como madera, carrizo, bambú y metales reciclados, que dan soporte y forma, a la malla antiáfidos que cubre toda la unidad. Su orientación y dimensiones se adaptan a sus traspatios, predominan (45.40 %) las de 10 m de largo por 5 m de ancho (50 m²), y (35.09 %) las de 11 m de largo por 3.5 m de ancho (38.5 m²). El 7.8 % se ubican en climas Cw y tienen una película plástica en el “techo”.

El 73.25 % cuenta con sistema de riego por goteo, menos del 1 % con acolchado plástico, y la fuente principal de agua para riego es la captación de agua de lluvia (33.42 %) en tanques de ferro-cemento de 10,000 L de capacidad, seguido por los manantiales de la localidad (27.57 %) y la utilización de pozos (25.62 %). El resto corresponde a bordos, presas y ríos. En los primeros ciclos se llegaron a cultivar hasta 23 especies de hortalizas, con semilla otorgada por el PESA. Actualmente los propietarios adquieren la semilla y



Figure 1. A. Design and basic structure of anti-aphid house and B. Diversity of species in anti-aphid house. (Photography: SAGADERP, Nayarit).

Figura 1. A. Diseño de la estructura básica de una casa antiáfidos y B. Diversidad de especies en una casa antiáfidos. (Fotografía: SAGADERP, Nayarit).

adapted to their locality, the ones they can commercialize and consume within their diet.

8.63 % of producers have opted for monoculture and units with three vegetables, which are the most common (25.9 %); units with six or more vegetables, only represent 15.32 %. Among the five most cultivated species (Figure 1B) tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the first, which was found in 77.16 % of the units, followed by radish (*Raphanus sativus* L.) 50.97 %, onion (*Allium cepa* L.) 45.68 %, cabbage (*Brasica oleracea* L.) 38.16 % and cucumber (*Cucumis sativus* L.) with 26.18 %. The production was not quantified due to low yields, which are mainly dedicated to self-consumption, and if there are surpluses, they are sold in local markets.

The control of weeds is manual, producers seek to reduce insecticide application and dependence on synthetic fertilizers. The elaboration and incorporation of organic fertilizers is encouraged such as compost, vermicompost and fresh manure from the owners' farms. The few required supplies are acquired with "retail" suppliers. Some of these production units started in June 2013; the most recent in March 2015. Farmers are supported by technical advisors, during a period of 3 consecutive years, who are hired by Rural Development Agencies, attached to the PESA. This technology is a practice of initiation to protected horticulture. However, once the technical support and life-span of the anti-aphid mesh ceases, units under this system are likely to be reduced.

2. Low technology

Under this low technology scheme, 36 production units were visited, of which only 20 units were surveyed,

preferen cultivar las especies que mejor se adaptaron a su localidad, las que pueden comercializar y las que consumen dentro de su dieta alimenticia.

El 8.63 % de los productores han optado por el monocultivo y unidades con tres hortalizas, las cuales son las más comunes (25.9 %); unidades con seis o más, sólo representan el 15.32 %. Entre las cinco especies más cultivadas (Figura 1B), liderea el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) el cual se encontró en el 77.16 % de las unidades; seguida por el rábano (*Raphanus sativus* L.) 50.97 %; cebolla (*Allium cepa* L.) 45.68 %; col (*Brasica oleracea* L.) 38.16 % y pepino (*Cucumis sativus* L.) con 26.18 %. La producción no se logró cuantificar, debido a los bajos rendimientos, los cuales se destinan principalmente al autoconsumo, y si hay excedentes se comercializan en mercados locales.

El control de malezas es manual, se busca reducir la aplicación de insecticidas y la dependencia de fertilizantes de síntesis. Se fomenta la elaboración e incorporación de abonos orgánicos, como compostas, lombricompostas y estiércoles frescos de sus granjas. Los pocos insumos requeridos los adquieren con proveedores "menudistas". Algunas de estas unidades de producción iniciaron en junio del 2013; las más recientes, en marzo del 2015. Los agricultores están respaldados por asesores técnicos, durante un periodo de 3 años consecutivos, contratados por Agencias de Desarrollo Rural, adscritas al PESA. Esta tecnología es una práctica de iniciación a la horticultura protegida. Sin embargo, una vez que el apoyo técnico y la vida útil de la malla antiáfidos cesen, probablemente se reduzcan las unidades bajo este sistema.

since the remaining 16 were abandoned. Only 30.44 % operate through a company or organization for production, but they lack a mission, vision or certification. The rest (69.56 %) do it as a “natural” person. Their infrastructure includes structures that are pre-fabricated and installed by external companies (65.22 %) and the rest (34.78 %) have been built by the farmers themselves. They have a sanitary area, a warehouse or packing area, reservoirs or cisterns, water wells and access by dirt roads. Of the structures with low technology, 91.29 % correspond to greenhouses and the rest (8.71 %) to “shade houses”.

5.20 % of the greenhouses are dedicated to seedling preparation and 94.8 % to the production of vegetables. Of the latter, 95.87 % correspond to chapel multi tunnel greenhouses of 7 m width, straight lateral and frontal walls, ridge at 4 m and gutter at 2.20 m (Figure 2A). Of the other 4.13 %, the half is constituted by unitary structures of the tunnel type and a quarter is constituted by the same structure with a fixed zenithal opening, straight walls of 10 m width and a ridge between 5 to 6 m.

A quarter of the greenhouses are “Gothic” multi tunnel greenhouses with fixed zenith, diagonally arranged walls, with 3.20 m wide modules, gutter at 4 m height, zenith at 7 m height, and a fixed opening of 1.20 m. The after mentioned greenhouses have anti-aphid mesh on their lateral and frontal walls, and zenith if applicable. The structures for seedling production are constructed with new or recycled metallic materials, “designed” and manufactured by the owners themselves (Figure 2B). There are many shapes, wide ones and ones of a very low height. All of them are

2. Tecnología baja

Bajo este esquema de tecnología baja, se visitaron 36 unidades de producción, de las cuales solo se sometieron a encuesta 20 unidades, debido, a que las 16 restantes estaban abandonadas. Únicamente el 30.44 % operan a través de alguna sociedad u organización para la producción, pero carecen de una misión, visión o certificación. Las demás (69.56 %) lo hacen como personas “físicas”. Su infraestructura incluye, estructuras pre-fabricadas e instaladas por empresas externas (65.22 %) y el resto (34.78 %) las han construido los propios agricultores. Cuentan con área de sanitarios, bodega o área de empaque, embalses o cisternas, pozos de agua y acceso por terracerías. De las estructuras con tecnología baja, el 91.29 % corresponde a invernaderos y el resto (8.71 %) a “casas sombra”.

El 5.20 % de los invernaderos se dedican a la preparación de plántula y el 94.8 % a la producción de hortalizas, de éstos últimos, el 95.87 % corresponden a invernaderos tipo multitúnel de 7 m de ancho de capilla, paredes laterales y frontales rectas, cumbrera a 4 m y canaleta a 2.20 m (Figura 2A). Del otro 4.13 %, la mitad lo constituyen estructuras unitarias tipo túnel y una cuarta parte la misma estructura con abertura cenital fija, paredes rectas, de 10 m de ancho y cumbrera entre 5 a 6 m.

La cuarta parte son invernaderos multitúnel “gótico” con cenital fijo, paredes en diagonal, con módulos de 3.20 m de ancho, altura a canaleta de 4 m, cenital a 7 m de altura y apertura fija de 1.20 m. Los invernaderos antes mencionados, cuentan con malla antiáfidos en sus

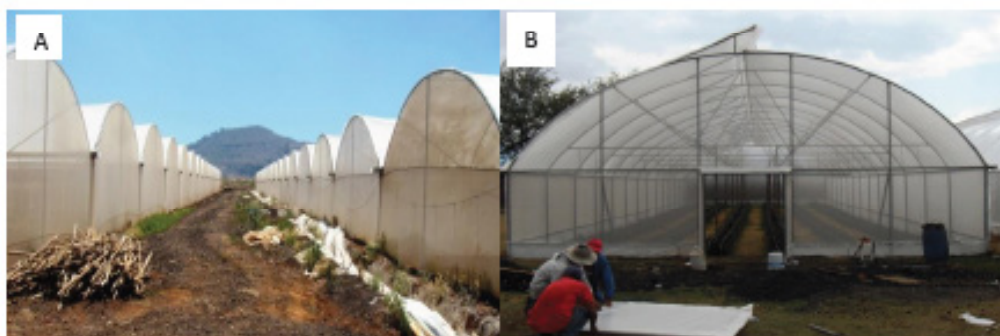


Figure 2. A. Multitunnel greenhouses in Santa María del Oro, Nayarit. B. Self-construction of green house tunnel type with fixed zenith in Jala, Nayarit, Mexico. (Photography: L. Rodríguez R.).

Figura 2. A. Invernaderos multitúnel en Santa María del Oro, Nayarit. B. Autoconstrucción de un invernadero tipo túnel con zenit fijo en Jala, Nayarit, México. (Fotografía: L. Rodríguez R.).

equipped with anti-aphid mesh. They are located in all the municipalities where vegetables are grown on open fields, in protected structures of low and medium technology.

The structures called shade house are covered in their upper part with shade mesh, and an anti-aphid mesh is sewed on it on all four sides of the structure; they can be supported by fixed arches, joined through a "fork" to tubular steel poles of 1.6 m height (every 4 m between rows), with 8 m width (module) and 3.2 m to the ridge (height). They can also be supported by a set of tubular poles of 4.5 m height (ridge height), at 5 m in both directions; all of them are supported and fastened with steel cables.

The "pickle" cucumber occupies 100 % of the surveyed surface in shade house (15,000 plants ha⁻¹). In greenhouses for seedling production, a wide variety of species is sown, mainly "Saladette" tomato, as well as chilies (*Capsicum annuum* L.) and watermelon (*Citrullus lanatus* Thumb). Regarding greenhouses, the indeterminate "Saladette" tomato is the first produced with 57.88 % of the planted area, planted at densities of 24,000 to 25,000 plants ha⁻¹, without grafting, to a single stem, followed by the "Habanero" pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) with 24.25 %, planted in a single row, at a density of 24,000 plants ha⁻¹, the sweet green pepper or "bell pepper" with 11.15 %, planted in a double row and 47,500 plants ha⁻¹, and the "pickle" cucumber (6.72 %), planted in one row and at a density of 15,000 plants ha⁻¹. Yields obtained in greenhouses under this technology are 200 t ha⁻¹ of "Saladette" tomato, 50 t ha⁻¹ of sweet pepper and 30 to 40 t ha⁻¹ of "Habanero" pepper. In the shade houses 100 t ha⁻¹ of cucumber are obtained.

In soil preparation, only 6.25 % of the production units disinfect the soil (with metam sodium); they apply chemical and biological products on the soil during the crop cycle. Before planting, 12.5 % of producers rely on soil fertility analyses, others perform foliar analyses (12.5 %) during the crop cycle; but the majority (75 %) does not use these tools. With respect to the monitoring of pests, only 33.33 % do it by using yellow plastic films. Regarding pollination, in greenhouses, 33.33 % of producers do not perform this practice, the other third does it mechanically ("hit") and the rest (also 33.33 %) uses air blowers. Beehives (*Apis mellifera*) are introduced inside the shade houses to produce cucumber.

paredes laterales y frontales, y cenitales si es el caso. Las estructuras para producción de plántula están construidas con materiales metálicos nuevos o reciclados, "diseñados" y fabricados por los mismos propietarios (Figura 2B). Los hay de muchas formas, anchos y de muy baja altura. Todos dotados con malla antiáfidos. Se ubican en todos los municipios donde se cultivan hortalizas a campo abierto, en estructuras protegidas de baja y mediana tecnología.

Las estructuras denominadas casa sombra, están cubiertas en la parte superior con malla sombra, y cosida a ésta, una malla antiáfida en los cuatro lados de la estructura; pueden estar sostenida por arcos fijos, unidos a través de una "horqueta" a postes tubulares de acero de 1.6 m de alto (cada 4 m entre hilera), con 8 m de ancho (módulo) y 3.2 m a la cumbre (alto). También pueden estar sostenidos por un conjunto de postes tubulares de 4.5 m de alto (altura de cumbre), a 5 m de distancia en ambas direcciones; todo soportado y sujeto con cables de acero.

El pepino tipo "pickle" ocupa el 100 % de la superficie encuestada en casa sombra (15,000 plantas ha⁻¹). En los invernaderos para producción de plántula, se siembra una gran variedad de especies, principalmente: tomate "saladette", así como chiles (*Capsicum annuum* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* (Thumb). En cuanto a los invernaderos en producción, liderea el tomate indeterminado "saladette" con el 57.88 % de la superficie plantada, a densidades de 24 a 25 mil plantas ha⁻¹, sin injertar, a un tallo; seguido por el chile "habanero" (*Capsicum chinense* Jacq.) con el 24.25 %, a hilera sencilla, a una densidad de 24,000 plantas ha⁻¹, el pimiento "morrón" verde o "Bell pepper" con 11.15 %, a doble hilera y 47,500 plantas ha⁻¹; y el pepino tipo "pickle" (6.72 %), a una hilera y densidad de 15,000 plantas ha⁻¹. Los rendimientos obtenidos en los invernaderos bajo esta tecnología son 200 t ha⁻¹ de tomate "saladette", 50 t ha⁻¹ de pimiento morrón y 30 a 40 t ha⁻¹ de chile "habanero". En las casas sombra se obtienen 100 t ha⁻¹ de pepino.

En la preparación del suelo, sólo un 6.25 % de las unidades de producción desinfecta el suelo (con metam sodio), aplicando productos químicos y biológicos durante el ciclo de cultivo. Antes de realizar la plantación un 12.5 % se apoya con análisis de fertilidad de suelos, otros (12.5 %) durante el ciclo de cultivo realiza análisis foliares; pero la mayoría (75 %), no utiliza estas herramientas. En el monitoreo de plagas, sólo un 33.33 % lo hace a través de películas de plástico de color amarillo. En lo que respecta a la polinización, en los invernaderos el 33.33 %

The crop is grown in soil without plastic mulch; except for a small unit that produces in hydroponics with a flow to waste solution in Tezontle substrate. The majority irrigates with water from wells: private wells (50 %), community wells (35.71 %), and the rest (14.29 %) uses the potable water network. The producer does not know the quality of irrigation water; except for seedling production units that irrigate with fixed booms and hoses with spray guns. 100 % of producers irrigate through drip tapes, determining from their experience the amount of water to be supplied. To fertigate, they connect a tank (where the fertilizers are dissolved) to the suction pipe of the pump with which they irrigate.

Greenhouses and culture lines are oriented North-South in order to obtain a higher exploitation of the solar radiation. 98 % of the greenhouses in production only have natural frontal and lateral ventilation, a zenith ventilation is added to the other 2 %. Only 21.43 % apply a "whitewashing" on top of the greenhouse.

With respect to the personnel, they employ workers for some tasks of culture and packaging; in addition the available family labor force is used. They are advised by technicians and input suppliers (39.13 %) or with family members (21.74 %), another 17.40 % pay for external consultants, some rely on educational institutions (13.04 %) and the rest (8.69 %) on government institutions. 65.22 % of the supplies are purchased with "retail" suppliers and the rest (34.78 %) with wholesalers. The production is sold in local markets (50 %), regional supply centers (25 %) or in both places (25 %). Obtaining seedling is destined to "open field" and to protected structures of the entity.

3. Medium technology

In this scheme of protected horticulture eight surveys were applied. Of these, seven belong to Production Societies with national capital and one to the education sector. They lack objectives, mission, vision and a structured organizational chart. Only one accounts with a certification of good agricultural practices. Its infrastructure includes prefabricated and equipped structures by companies of the branch, office, a sanitary area, guard house, warehouse and / or processing plant, reservoir or cistern, water well and access by dirt roads or roads. With a total of 74.39 ha, 58.02 % correspond to greenhouses, another 26.92 % to shade meshes and the rest (15.06 %) to macro tunnels. Of the greenhouses

no realizan esta práctica, la otra tercera parte lo hace de manera mecánica ("golpeo") y el resto (también 33.33 %) utiliza máquinas "sopladoras" de aire. Para la producción de pepino dentro de las casas sombra, se introducen colmenas de abejas (*Apis mellifera*).

El cultivo se realiza en suelo, sin acolchados; a excepción de una pequeña unidad que produce en hidroponía a solución perdida en sustrato de tezontle. La mayoría riega con agua de pozos particulares (50 %), comunitarios (35.71 %), y el resto (14.29 %) utilizan la red potable. El productor desconoce la calidad del agua de riego; salvo las unidades de producción de plántula que riegan con aguilonos fijos y mangueras con pistolas pulverizadoras. El 100 % riega a través de cintas de goteo, determinando a partir de su experiencia la cantidad de agua a aportar. Para fertirrigar conectan un tanque (donde se disuelven los abonos) a la tubería de aspiración de la bomba con la que riegan.

Los invernaderos y las líneas de cultivo están orientados: Norte-Sur, para obtener un mayor aprovechamiento de la radiación solar. El 98 % de los invernaderos en producción sólo tienen ventilación natural frontal y lateral, el otro 2 % se le suma la ventilación cenital. Únicamente el 21.43 % aplica un "encalado" en la parte superior.

En cuanto al personal, emplean trabajadores para algunas labores culturales y empaque, además se utiliza la mano de obra familiar disponible. Se asesoran con técnicos proveedores de insumos (39.13 %) ó con familiares (21.74 %), otro 17.40 % paga el servicio a asesores externos, algunos se apoyan en instituciones educativas (13.04 %) y el resto (8.69 %) con instituciones del gobierno. El 65.22 %, de los insumos lo adquieren con proveedores "menudistas" y el resto (34.78 %) con mayoristas. La producción se comercializa en mercados locales (50 %), centrales de abasto regionales (25 %) ó en ambos lugares (25 %). La obtención de plántula se destina a "campo abierto" y a estructuras protegidas, de la entidad.

3. Tecnología media

En este esquema de horticultura protegida, se aplicaron ocho encuestas; de ellas siete pertenecen a Sociedades de Producción con capital nacional y una al sector educativo. Carecen de objetivos, misión, visión y organigrama estructurado. Sólo una cuenta con certificación de buenas prácticas agrícolas. Su infraestructura incluye estructuras prefabricadas y armadas por empresas del ramo, oficina, sanitarios, caseta de vigilancia, bodega y/o

(Figure 3A), 94.30 % correspond to "Chapel" type multi-tunnel greenhouses with elevated fixed double zenith. The Chapel greenhouses have a width of 9 m, straight lateral and frontal walls, a height to gutter of 4 m, zeniths at 6 m and 1.3 m of opening. Like walls, zeniths do not have curtains and are protected with anti-aphid mesh.

5.7 % of the surface is made of "Gothic" multi-tunnel greenhouses with fixed zenith (Figure 3B). With 7.5, 8.5 or 9.6 m Chapel width, walls of 4 m, lateral and front walls diagonally arranged, height to gutter at 4 and 4.8 m and zenith at 6 to 7 m, opening from 0.8 to 1.3 m, protected with anti-aphid mesh, just like the walls. They have roller blinds in zeniths and lateral walls, with manual (80 %) or semi-automated (20 %) opening and closing.

The "shade mesh" are entirely covered by anti-aphid mesh, supported by tubular galvanized steel columns of 5 m (height of ridge), arranged in rows every 10 m and 6 m inside of them. The 3 m high perimeter columns are placed every 2.5 m, with alternating inclined feet (every 5 m), with steel cables as support. Under this structure, it has a retractable shadow mesh (40 % reduction) at 3 m height.

Regarding the macro tunnels, their structural components are made of steel, plastic cover on the upper part (arch), rope and fastening accessories. The width of the macro tunnel is of 7 m, zenith at 4.6 m and tubular post with "fork" at 1.4 m (where the arch is inserted). They have anti-aphid mesh on the frontal

empaquete, embalse o cisterna, pozo de agua y acceso por terracerías o carreteras. Con un total de 74.39 ha, el 58.02 % corresponde a invernaderos, otro 26.92 % a mallas sombra y el resto (15.06 %) a macro túneles. De los invernaderos (Figura 3A), el 94.30 % corresponden a invernaderos multitúnel tipo "capilla" con doble cenital elevado fijo. Ancho de capilla de 9 m, paredes laterales y frontales rectas, altura a canaleta de 4 m, cenitales a 6 m y 1.3 m de abertura. Al igual que las paredes, los cenitales no tienen cortinas y están protegidas con malla antiáfidos.

Un 5.7 % de la superficie la componen invernaderos multitúnel "gótico" cenital fijo (Figura 3B). Con 7.5, 8.5 ó 9.6 m de ancho de capilla, paredes de 4 m, laterales y frontales en diagonal, altura a canaleta a 4 y 4.8 m y cenital a 6 y 7 m de 0.8 a 1.3 m de apertura, protegida con malla antiáfidos, al igual que las paredes. Cuentan con cortinas enrollables, en cenitales y paredes laterales, con apertura y cierre manual (80 %) o semiautomatizado (20 %).

Las "malla sombra", están cubiertas totalmente por malla antiáfidos, sostenida por columnas tubulares de acero galvanizado de 5 m (altura de cumbrera), dispuestos en hileras cada 10 m y 6 m dentro de la misma. Las columnas perimetrales de 3 m de alto están cada 2.5 m con pies inclinados alternados (cada 5 m), con cables de acero como soporte. Bajo esta estructura, a 3 m de altura cuenta con malla sombra retráctil (40 % reducción).

En lo que respecta a los macro túneles, sus componentes estructurales son de acero, cubierta plástica en la parte superior (arco), sogas y accesorios de sujeción. El ancho del



Figure 3. A. Multitunnel greenhouse type chapel in Jala, Nayarit. B. Multitunnel greenhouse type gothic in Tepic; Nayarit, Mexico. (Photography: L. Rodríguez R.).

Figura 3. A. Invernadero multitúnel tipo capilla en Jala, Nayarit. B. Invernadero multitúnel tipo gótico en Tepic; Nayarit, México. (Fotografía: L. Rodríguez R.).

and lateral part of the “fork” on the floor. The “heads” are secured with a central tubular post and diagonals on the first two lateral posts.

With respect to the cultivated species, the green bell pepper occupied 100 % of the surface in macro tunnels (28,000 plants ha⁻¹) and shade mesh (33,000 plants ha⁻¹). In greenhouses the production of tomatoes predominates (97.63 %), of which the indeterminate “ball” type occupies 91.88 % of the surface, all grafted and produced in double stem (20,000 plants ha⁻¹); the indeterminate “Saladette” type represents 5.75 %, at a density of 12,000 plants ha⁻¹ (grafted, in double stem) and to 25,000 plants ha⁻¹, without grafting and in a single stem. The rest is composed of the bell pepper (30,000 plants ha⁻¹ in double stem) and “Habanero” pepper (24,000 plants ha⁻¹). These units produce their own seedling except for the grafted ones that are “outsourced” with companies, specialized in this production.

Average yields obtained in this technology for tomatoes are from 240 to 260 t ha⁻¹ in “Saladette” tomato and 240 t ha⁻¹ in “ball” type tomato. For chilies: 35 t ha⁻¹ (macro tunnel) to 50 t ha⁻¹ (shade mesh) in bell pepper and 60 t ha⁻¹ in “Habanero”. Regarding soil disinfection, 42.84 % of producers applies metam sodium and 57.15 % uses insecticides for the soil. Before planting, 62.5 % of producers perform a soil fertility analysis, and during the cycle, 75 % resort to foliar analysis and 50 % to pathological analysis.

It is common to monitor pests by means of yellow traps. The pollination is mechanical (“hit”) in shade meshes, with air (“blower”) in macro tunnels and in greenhouses where the tomatoes predominate, 97.95% of producers do it through bumble bees (*Bombus impatiens*); the remaining 2.05 % (that corresponds to chilies and peppers), do not use pollination methods. The 54.57 % of the surface in this level of technology represents cultivations in soil and the rest (45.43 %) uses black plastic mulch. It is worth noting that all the surface of shade mesh and macro tunnel is mulched. 100 % of the production units irrigate through drip tapes. Water for irrigation from wells represents 72.29 % of the planted area and of natural springs (0.81 %), with EC values between 0.28-0.4 dS.m⁻¹. The rest (26.90 %) is irrigated with water from rivers or streams.

macro túnel es de 7 m, cenitales a 4.6 m y poste tubular con “horqueta” a 1.4 m (donde se inserta el arco). Cuentan con malla antiáfidos en la parte frontal y lateral de la “horqueta” al piso. Se aseguran las “cabeceras” con un poste tubular central y diagonales en los dos primeros postes laterales.

En cuanto a las especies cultivadas, el pimiento morrón verde ocupó el 100 % de la superficie en macro túneles (28,000 plantas ha⁻¹) y malla sombra (33,000 plantas ha⁻¹). En los invernaderos predomina la producción de tomates (97.63 %) de los cuales el tipo “bola” indeterminado, ocupa el 91.88 % de la superficie, todo injertado y producido a dos tallos (20,000 plantas ha⁻¹); el tipo “saladette” indeterminado representan el 5.75 %, a una densidad de 12,000 plantas ha⁻¹ (injertado, a dos tallos) y a 25,000 plantas ha⁻¹, sin injerto y a un tallo. El resto lo componen, el pimiento “morrón” (30,000 plantas ha⁻¹ a dos tallos) y chile “habanero” (24,000 plantas ha⁻¹). Estas unidades producen su propia plántula a excepción de las injertadas que se “maquilan” con empresas especializadas para tal fin.

Los rendimientos promedio obtenidos en esta tecnología para tomates son de 240 a 260 t ha⁻¹ en tomate “saladette” y de 240 t ha⁻¹ en el tipo “bola”. Para chiles: 35 t ha⁻¹ (macro túnel) a 50 t ha⁻¹ (malla sombra) en pimiento morrón y 60 t ha⁻¹ en “habanero”. En cuanto a desinfección de suelo, el 42.84 % aplica metam sodio y 57.15 % utiliza insecticidas para el suelo. Antes de la plantación el 62.5 % realiza un análisis de fertilidad de suelos; y durante el ciclo, el 75 % recurre a análisis foliares y el 50 % a análisis patológicos.

Es común el monitoreo de plagas por medio de trampas de color amarillo. La polinización es mecánica (“golpeo”) en las malla sombra, con aire (“sopladora”) en los macro túneles y en invernaderos donde predominan los tomates, el 97.95 % lo hace a través de abejorros (*Bombus impatiens*); el 2.05 % restante que corresponde a chiles y pimiento, no utilizan métodos de polinización. El 54.57 % de la superficie en este nivel de tecnología cultiva en suelo y el resto (45.43 %) maneja acolchado plástico negro, cabe destacar que toda la superficie de malla sombra y macro túnel está acolchada. El 100 % de las unidades de producción riega a través de cintas de goteo. El agua para el riego proveniente de pozos representa el 72.29 % de la superficie plantada y de manantiales (0.81%), con valores de CE de entre 0.28-0.4 dS.m⁻¹. El resto (26.90 %) se irriga con agua proveniente de ríos o arroyos.

En el 53.77 % de la superficie se utilizan sistemas automatizados de fertirrigación con inyectores Venturis,

In 53.77 % of the surface, automated fertigation systems are used with Venturi injectors, and they program their irrigation through tensiometers. In 43.66 % it is made with a tank (where the fertilizers are dissolved) connected to the suction pipe of the pump with which they irrigate, and the remaining (2.57 %) is fertigated with injectors with Venturi suction. In these last two systems, only the field experience of the farmer is applied to program irrigation.

For the maximum use of solar radiation and natural ventilation (lateral and zenithal), greenhouses and their crop lines have North-South orientation; while in macro tunnels and shade meshes, crop lines are in East-West orientated, which allows a higher natural ventilation. The "whitewashing" of greenhouses is only done in the tomato crop, during the hottest and driest months. In the production of "Habanero" pepper it is not practiced due to its tolerance to high solar radiation and temperature. As for the personnel, 75% of the units only have employees for surveillance, cultural tasks and packaging; they pay technical advice to external "growers" or they are supported by input technicians and input suppliers. The rest (25%) has a broader labor structure that incorporates specialized technicians for production.

71.37% acquire their supplies with wholesale suppliers, 26.90% with direct distributors and only 1.73% with local retail sellers. The production is destined in 82.28% to the export to the United States of America (USA), in 16.68% to regional supply centers and in 1.04% to local markets.

4. High technology

Only two companies were classified in this level of technology, with the same number of surveys applied. It was possible to cover a total of 83.08 ha of protected area under greenhouses, of which 83 ha are destined to vegetable production and 0.08 ha to bell pepper seedling production.

They are growing companies, they operate with national and foreign capital, with clear objectives, mission, vision, organization chart and certification of good agricultural practices. They have a wide infrastructure: manufactured greenhouses and built by companies dedicated to this branch, offices, a sanitary area, warehouses and / or processing plants, meteorological stations, guardhouses, reservoirs and/or cisterns, water wells and road access.

and program their irrigations through tensiometers. In the 43.66 % it is done with a tank (where the fertilizers are dissolved) connected to the suction pipe of the pump with which they irrigate, and the remaining (2.57 %) is fertigated with Venturi injectors. In these last two systems, only the field experience of the farmer is applied to program irrigation.

For the maximum use of solar radiation and natural ventilation (lateral and zenithal) the greenhouses and their crop lines have North-South orientation; while in macro tunnels and shade meshes, crop lines are in East-West orientation, which allows a higher natural ventilation. The "whitewashing" of greenhouses is only done in the tomato crop, during the hottest and driest months. In the production of "Habanero" pepper it is not practiced due to its tolerance to high solar radiation and temperature. As for the personnel, 75% of the units only have employees for surveillance, cultural tasks and packaging; they pay technical advice to external "growers" or they are supported by input technicians and input suppliers. The rest (25%) has a broader labor structure that incorporates specialized technicians for production.

71.37 % acquire their supplies with wholesale suppliers, 26.90 % with direct distributors and only 1.73 % with local retail sellers. The production is destined in 82.28 % to the export to the United States of America (USA), in 16.68 % to regional supply centers and in 1.04 % to local markets.

4. Tecnología alta

Only two companies were classified in this level of technology, with the same number of surveys applied. It was possible to cover a total of 83.08 ha of protected area under greenhouses, of which 83 ha are destined to vegetable production and 0.08 ha to bell pepper seedling production.

They are growing companies, they operate with national and foreign capital, with clear objectives, mission, vision, organization chart and certification of good agricultural practices. They have a wide infrastructure: manufactured greenhouses and built by companies dedicated to this branch, offices, a sanitary area, warehouses and / or processing plants, meteorological stations, guardhouses, reservoirs and/or cisterns, water wells and road access.

The production of indeterminate tomatoes occupies more than 90% of the surface, of which 70% are of the "grape" type. The planting densities are between 24,000-25,000, 14,000 and 12,000 plants ha⁻¹ for grape tomato, Saladette and ball respectively; all managed with double stem. In the green bell pepper, they use densities of 30,000 plants ha⁻¹. Except for the latter, the tomato seedling is grafted, and "outsourcing" services are contracted.

Average yields obtained in this technology are 300 t ha⁻¹ for "Saladette" type and "ball" type tomato, and 5.44 t ha⁻¹ for the "grape" type tomato. In the case of bell pepper, it is projected to obtain 140 t ha⁻¹. The production system is used in coconut fiber substrate, with droppers and picks, and waste solution hydroponics. Water for irrigation comes from wells, with an EC from 0.29 to 0.4 dS.m⁻¹. They have automated fertigation heads, includes pumps with Venturi injectors, and irrigations are programmed with the support of lysimeters or the calculation of drainage curves.

They use disinfection or chemigation of the substrate. In addition, they make use of drainage, foliar and pathological analyses. The pollination is carried out through bumble bees (*Bombus impatiens*) and chromatic traps (yellow color) are used for the massive capture of some pests. The 78.07 % of the surface are Gothic multi-tunnel greenhouses with fixed zenith, with a chapel width of 9.6 m, walls of 4 m, straight or diagonally arranged frontals and only diagonally arranged laterals. Gutter height is 5-5.50 m and the zenith at 8 m, with a 1.3 m opening. Walls and zeniths have anti-aphid mesh and are without a curtain.

The remaining area (21.93 %), recently acquired, corresponds to greenhouses, which contain more air volume, minimize sudden changes in temperature and offer greater luminosity and space inside. They are of the Gothic multi-tunnel type with a semi-automatic folding abutment (Figure 4A) or double zenith which has a folding overhead ("butterfly") automatic (Figure 4B). With 12.8 m width of the chapel, 6.5 m to the gutter, 9.9 m to the zenith, 1.4 to 1.5 of zenith opening, with retained lateral and frontal walls of 5.5 m, as well as zeniths covered with anti-aphid mesh.

Greenhouses and cultivation lines are oriented in North-South direction, with natural ventilation from the frontal, lateral and zenithal directions. They do whitewash and

La producción de tomates indeterminados ocupa más del 90 % de la superficie, de los cuales el 70 % son del tipo "uva" o "grape". Las densidades de siembra se encuentran entre 24,000-25,000, 14,000 y 12,000 plantas ha⁻¹ para tomate tipo uva, saladette y bola respectivamente; todos manejados a dos tallos. En el pimiento morrón verde utilizan densidades de 30,000 plantas ha⁻¹. A excepción de este último, la plántula de tomates se injerta y se contratan servicios de "maquila".

Los rendimientos promedio obtenidos en esta tecnología son de 300 t ha⁻¹ para tomate "saladette" y tipo "bola", y para tomate tipo "uva" 5.44 t ha⁻¹. En el caso de pimiento "morrón" se proyecta obtener 140 t ha⁻¹. Se utiliza el sistema de producción en sustrato de fibra de coco, con goteros y piquetas, a solución perdida. El agua para el riego proviene de pozos, con una EC de 0.29 a 0.4 dS.m⁻¹. Se cuenta con cabezales de fertirriego automatizados, incluyen bombas con inyectores Venturis, y programan sus riegos con el apoyo de lisímetros o el cálculo de curvas de drenaje.

Utilizan la desinfección, o quimigación del sustrato. Además, hacen uso de análisis de drenaje, foliar y patológico. La polinización se realiza a través de abejorros (*Bombus impatiens*) y se utilizan trampas cromatópicas (color amarillo) para la captura masiva de algunas plagas. El 78.07 % de la superficie son invernaderos multitúnel gótico cenital fijo, con 9.6 m de ancho de capilla, paredes de 4 m, las frontales rectas o en diagonal y laterales sólo en diagonal. Altura a canaleta a 5-5.50 m y cenital a 8 m, con 1.3 m de apertura. Paredes y cenitales con malla antiáfidos y sin cortina.

La superficie restante (21.93 %), de reciente adquisición corresponde a invernaderos, que albergan más volumen de aire, minimizan los cambios bruscos de temperaturas, ofrecen mayor luminosidad y espacio al interior. Son del tipo multitúnel gótico con cenital abatible semiautomático (Figura 4A) ó doble cenital abatible ("mariposa") automático (Figura 4B). Con 12.8 m de ancho de capilla, 6.5 m a la canaleta, 9.9 m al cenit, 1.4 a 1.5 de apertura cenital, con paredes laterales y frontales retenidas de 5.5 m, al igual las cenitales cubiertas con malla antiáfida.

Los invernaderos y las líneas del cultivo están orientados al Norte-Sur. Con ventilación natural: Frontal, lateral y cenital. Realizan el encalado y utilizan mallas de sombreo en la parte del pasillo principal que está orientado de este a oeste. Cuentan con empleados contratados específicamente para cada actividad,

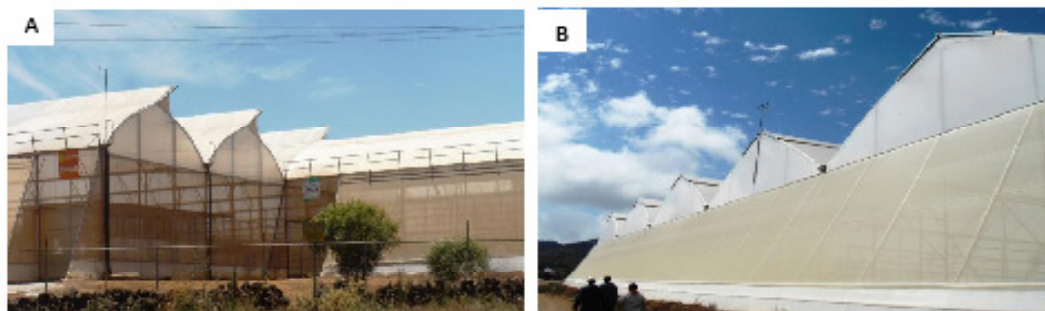


Figure 4. A. Multitunnel greenhouse type chapel in Santa María del Oro, Nayarit. B. Multitunnel greenhouse type gothic in Compostela; Nayarit, Mexico. (Photography: L. Rodríguez R.).

Figura 4. A. Invernadero multitúnel tipo capilla en Santa María del Oro, Nayarit. B. Invernadero tipo gótico en Compostela; Nayarit, México. (Fotografía: L. Rodríguez R.).

use shading meshes in the part of the main corridor, which is oriented from East to West. They have employees hired specifically for each activity: administrative, surveillance, cultivation tasks, packaging, specialized “growers” by production area, as well as technical advice with external “growers”. More than 90 % of the supplies are purchased with direct distributors and less than 10 % with wholesalers in the region. All their production is exported to the USA.

In Nayarit, protected horticulture is developed under various protective structures such as greenhouses, shade nets, macro tunnels, anti-aphid houses and shade houses, within four levels of technology: rustic, low, medium and high. The climatic diversity allows adapting and using the different structural options, considering the available capital, the local climate and the species to be cultivated within them. While the high technology, just as the macro tunnel and mesh shadow of medium technology, presents a trend to increase its surface, farms with medium technology greenhouses remain stable, with the possibility of migrating to high technology and a decrease of production units of low and rustic technology is expected. The success and functionality are supported by the technification degree used: design, equipment and appropriate management; by its administrative infrastructure; by its organizational structure; by its funding; by the cost of supplies; by the access to markets and the subsequent productivity.

administrativos, vigilancia, labores culturales, empaque, “growers” especializados por área de producción, así como asesoría técnica con “growers” externos. Más del 90 % de los insumos se adquieren con distribuidores directos y menos del 10 %, con mayoristas de la región. Toda su producción se exporta a EUA.

En Nayarit la horticultura protegida se desarrolla bajo diversas estructuras de protección como: invernaderos, mallas sombra, macro túneles, casas antiáfida y casas sombra, dentro de cuatro niveles de tecnificación: rústica, baja, mediana y alta. La diversidad climática permite adaptar y utilizar las diferentes opciones estructurales, tomando en cuenta el capital disponible, el clima local y la especie a cultivar dentro de ellas. Mientras la tecnología alta presenta una tendencia a incrementar su superficie, al igual que los macro túnel y malla sombra de tecnología media; se mantienen estables las explotaciones con invernaderos de mediana tecnología, con posibilidades de migrar a alta tecnología, y se prevé una disminución de unidades de producción de tecnología baja y rústica. El éxito y funcionalidad se respalda en el grado de tecnificación utilizado, diseño, equipamiento y manejo apropiado; en su infraestructura administrativa; estructura organizacional; financiamiento; costo de insumos; acceso a mercados y consecuente productividad.

Debido a un alto índice de abandono en unidades con baja tecnología, que están en la escala incorrecta, con

Due to a high index of abandonment in units with low technology, which are in the wrong scale, with deficiencies in the structural design according to the climatic conditions and the lack of competitiveness, it is recommended that the new productive projects correspond to adequate exploitation sizes, incorporate medium to high technology, be better designed and equipped structures according to local conditions, and include training in production, organization and marketing.

deficiencias en el diseño estructural de acuerdo a las condiciones climáticas y la falta de competitividad. Se recomienda que los nuevos proyectos productivos, correspondan a tamaños de explotación adecuados, incorporen tecnología media a alta, sean estructuras de mejor diseño y equipamiento, acorde a las condiciones locales; e incluyan capacitación en la producción, organización y comercialización.

Acknowledgements

We thank the owners of the production units, SAGADERP technicians, independent technicians, growers and managers of companies that contributed to answer the surveys.

Agradecimientos

Se agradece a los propietarios de las unidades de producción, técnicos de SAGADERP, técnicos independientes, growers y gerentes de empresas que contribuyeron a contestar las encuestas.

References

- Alejo, S. G., Contreras, M. E., Bugarín, M. R., Jiménez M. V. and Sánchez M. A. L. (2011). La Agricultura Protegida en el estado de Nayarit. *Revista Fuente*, 2(7): 44-53. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/5.pdf>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía). (2016). Instituto Nacional de Estadística e Informática.: <http://www.inegi.org.mx/>. [Last checked: June 8th 2016].
- Juárez, L. P., Bugarín, M. R., Sánchez, M. A. L., Balois, M. R., Juárez R. C. R. and Cruz, C. E. (2012). Horticultura protegida en Nayarit, México: Situación actual y perspectivas. *Revista Bio Ciencias*, 1(4): 16-24. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/20/18>
- Moreno, R. A., Aguilar D. J. and Luevano G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29: 763-774. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14119052014>
- Ortega, M. L. D., Ocampo, M. J., Sandoval, C. E., Martínez, V. C., Huerta, De la P. A. and Jaramillo, V. J. L. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. *Revista Bio Ciencias*, 2(4): 261-270. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/81/118>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos). (2015). Atlas Agroalimentario 2015. <http://online.pubhtml5.com/ivyp/wqhc/#p=1> [Last checked: January 19th 2016].
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos). (2016). Agricultura protegida 2016: Listado de proyectos. <https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/agricultura-protegida-2016-cuarto-listado> [Last checked: July 15th 2017].
- Valera, M. D. L., Belmonte, U. L. J., Molina, A. F. D. and López, M. A. (2014). Los Invernaderos de Almería. Análisis de su tecnología y rentabilidad. Serie Economía 21. Cajamar Caja Rural. España. 504 pág. <http://www.publicaciones-cajamar.es/series-tematicas/economia/los-invernaderos-de-almeria-analisis-de-su-tecnologia-y-rentabilidad/>