

Revisión:

Invernaderos en Venezuela: Situación actual y perspectivas de desarrollo

Review:

Greenhouses in Venezuela: Current status and development prospects

R.E. Jaimez¹, M. Costa², O. Araque^{1,3}, M.G. Palha⁴, R. Salazar⁵

¹Universidad de Los Andes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Laboratorio Ecofisiología de cultivos. Mérida, Venezuela.

²Instituto de Tecnología Química y Biológica. Universidad Nova Lisboa. Portugal.

³Universidad de Los Andes. Escuela de Ingeniería Forestal. Departamento de Botánica y Ciencias Básicas. Mérida, Venezuela.

⁴Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Av. República, Oeiras, Portugal.

⁵Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela.

Resumen

La presente revisión analiza la evolución de la industria de invernaderos en Venezuela. En la primera parte se contabiliza la cantidad de hectáreas que se dedican actualmente a la producción bajo invernaderos en varios continentes. Esto permite mostrar que aún Venezuela tiene una producción y crecimiento incipiente con cuatro regiones que son definidas como las de mayor desarrollo en la producción comercial. A nivel nacional se describen los avances y estado actual en cuanto a tecnología usada en la producción en los invernaderos (semillas, películas de plásticos, estructuras, capacidad técnica). Se discute y propone que el desarrollo de la industria de producción en invernaderos en Venezuela debiera orientarse hacia cinco aspectos: fortalecimiento de la industria nacional, formación de profesionales y técnicos, diversificación de cultivos, evaluación de daños ambientales y desarrollo e investigación en tecnología.

Palabras clave: Invernaderos, agroplasticultura, Venezuela.

Abstract

This review analyzes the evolution of the greenhouse industry in Venezuela. The first part shows the number of hectares that are currently engaged to the production under greenhouses in several continents. This allows showing that Venezuela still has a production and growth incipient with four regions that are defined as the most developed in commercial production. Nationally, the progress and current status in terms of technology used in greenhouses are described (seeds, plastic films, structures, technical capacity). It is discussed that the development of the greenhouse production industry in Venezuela should be directed towards five aspects: strengthening national industry, professional and technical training, crop diversification, environmental damage assessment and research and technology development

Key words: greenhouse, agropasticulture, Venezuela.

Introducción

Tradicionalmente los invernaderos se han usado como estructuras para proteger las plantas del medio ambiente, lo que ha permitido aumentar los rendimientos, y conseguir productos de mayor calidad. Se sostiene que las primeras estructuras de protección se remontan a la época del renacimiento. Es a partir del siglo XIX, en que los documentos describen las primeras estructuras dedicadas a varios cultivos en Europa y países asiáticos (Castilla, 2004). Posterior a la segunda guerra mundial, los invernaderos se establecen fundamentalmente en el norte europeo con estructuras de vidrio, pero el mayor crecimiento se debe a la aparición de los plásticos, desarrollándose una mayor cantidad de invernaderos en Asia y países mediterráneos (Costa *et al.*, 2004; Castilla, 2004). Los diseños de invernaderos han variado en el tiempo y los cambios han sido orientados a tener estructuras que minimicen costos de producción y lograr ambientes óptimos para las plantas. En función del ambiente que se

Introduction

Traditionally greenhouses have been used as structures to protect plants from the environment, which has resulted in increased yields, and achieve higher quality products. It is argued that the first protective structures date back to the renaissance. It is from the 19th century, that the documents describe the first structures dedicated to various crops in Europe and Asian countries (Castile, 2004). After the Second World War, greenhouses are fundamentally established in the European North with glass structures, but the greater growth is due to the emergence of plastics causing a greater number of greenhouses in Asia and Mediterranean countries (Costa *et al.*, 2004; Castilla, 2004). Greenhouse designs have varied over the time and changes have been oriented to have structures that minimize production costs and achieve optimal environments for plants. Depending on the environment that wants to be achieved there are structures designed

quiere conseguir, hay estructuras diseñadas para el mantenimiento del calor en épocas de invierno (Baille *et al.*, 2006), ser eficientes en la ventilación y salida de calor en épocas de verano y permitir mayor entrada de luz (Critten y Bailey, 2002). Estos ambientes son logrados con la inclusión de sistemas automatizados para el control del microclima a través de sistemas de extractores y ventiladores, usos de plásticos con diferentes propiedades de absorción de la radiación, nebulización y sistemas de riego automatizados controlados por mediciones de radiación y drenaje del sustrato (Langhans, 1990).

Los invernaderos son sistemas de producción donde a diferencia de otros agroecosistemas el ambiente es adaptado al cultivo para maximizar la productividad (De Pascale y Maggio, 2005). El concepto de producir alimentos en estas estructuras ha evolucionado y hoy en día se habla de la agricultura protegida o la agricultura en ambientes controlados. Esta se concibe como una ciencia integrada para lograr las condiciones ambientales más favorables para la producción, optimizando los recursos que incluyen agua, energía, labor, espacio e inversión y en consecuencia obtener mayor calidad y producción en condiciones controladas (Gelder *et al.*, 2011). Estos sistemas paulatinamente se han establecido en todas las latitudes y se han convertido en una estrategia para producir en cualquier época del año. En condiciones tropicales, y dependiendo de la región donde estén instalados, también es una protección a periodos de altas precipitaciones, altas radiaciones y en consecuencia también a las altas temperatura (Kumar *et al.*,

for the maintenance of the heat during the winter (Baille *et al.*, 2006), being efficient in ventilation and heat output during the summer and allowing the entry of light (Critten and Bailey, 2002). These environments are accomplished with the inclusion of automated systems for controlling the microclimate through extractors and fans, uses of plastics with different absorption properties of the radiation, spraying and automated irrigation systems controlled by measurements of radiation and drainage of the substrate (Langhans, 1990).

The greenhouses are production systems where unlike other agroecosystems the atmosphere is adapted to the culture to maximize the productivity (Pascale and Maggio, 2005). The concept of producing food in these structures has evolved and today it is talked about the protected agriculture or agriculture in controlled environments. This is conceived as an integrated science to achieve the more favorable environmental conditions for the production, optimizing the resources that include water, energy, work, space and investment and consequently obtain higher quality and production under controlled conditions (Gelder *et al.*, 2011). Gradually, these systems have established in all latitudes and have become a strategy to produce at any time of the year. In tropical conditions, and depending on the region where they are installed, it is also a protection to periods of high rainfall, high radiation and also high temperature (Kumar *et al.*, 2009). Over 2300 m these structures have been used to create more stable microclimate environments and avoid the

2009). Por arriba de los 2300 m estas estructuras han sido usada para crear ambientes más estables microclimáticamente y evitar efectos negativos de heladas (Jaimez y Cedeño, 2008). Hoy día, el productor de regiones tropicales, puede conseguir diferentes paquetes de tecnología de automatización para el control de las condiciones micrometeorológicas dentro de los invernaderos. También se ofrece una variedad de alternativas de manejo para la producción de los diferentes rubros hortícolas, plantas ornamentales y flores (Sanchez-Guerrero *et al.*, 2010).

Venezuela está ubicada entre los paralelos 00° 38' y 12° 11' latitud norte y meridianos 59° 47' y 73° 25' longitud oeste. Es el país más septentrional del continente Sur Americano con múltiples formas de "modelado terrestre que incluyen piedemontes, altiplanicies, terrazas, colinas, depresiones tectónicas, valles e islas" entre otros (Arismendi, 2007). Existe en este territorio varios tipos climáticos que se corresponden a dos grandes grupos: climas de tierras bajas (por debajo de los 1000 m) que comprende seis tipos de clima cálidos y muy cálidos y clima de tierras altas (por encima de los 1000 m) que corresponde a una amplia variedad de meso y topoclimas (Andressen, 2007). Esta diversidad de ambientes climáticos hace que en Venezuela se puedan originar varios tipos de paquetes tecnológicos para el manejo de cultivos en los ambientes protegidos.

El objetivo de este trabajo es mostrar la información de la cantidad de hectáreas por continente y países que actualmente existe. Esto permite ubi-

negative effects of cold seasons (Jaimez and Cedeño, 2008). Today, the producer of tropical regions can achieve different packages of automation technology for the control of the weather conditions inside greenhouses. They are also offered a variety of management alternatives for the production of the different horticulture products, ornamental plants and flowers (Sanchez-Guerrero *et al.*, 2010).

Venezuela is located at 00° 38' and 12° 11' north latitude and meridians 59° 47' and 73° 25' west longitude. It is the most northerly country of the South American continent with multiple forms of "modeling land that include foothills, highlands, terraces, hills, tectonic depressions, valleys and islands" among others (Arismendi, 2007). There are in this territory several climatic types that correspond to two large groups: climates of lowlands (below 1000 m) that includes six types of warm weather and very warm, and climate of highlands (above 1000 m) that corresponds to a wide variety of meso and eco-weather (Andressen, 2007). This diversity of environments that makes climate in Venezuela liable to cause several types of technological packages for the crop management in protected environments.

The objective of this research is to show the information of the number of hectares per continent and countries that currently exists. This allows locating Venezuela in a global and regional context. Then, the production characteristics in greenhouses are analyzed in Venezuela and finally several activities are proposed with the aim of improving the production and the current technology.

car a Venezuela en un contexto global y regional. Luego se analizan las características de la producción en invernaderos en Venezuela y finalmente se proponen varias actividades con la finalidad de mejorar la producción y la tecnología actual.

Invernaderos en el mundo

Situación en Europa: El área total de invernaderos en la unión europea es de 150.000 ha (EFSA, 2010) y es el continente con la mayor variedad de cultivos protegidos a nivel mundial. Las mayores áreas de producción se localizan en España (52.000 ha), Italia (34.600 ha), Francia (11.400 ha) y Holanda (10.500 ha). Otros países productores son Polonia (2.031 ha), Grecia (4.900 ha) y Portugal (2.200 ha) (EFSA, 2010; Costa *et al.*, 2012). En este continente se puede hablar de dos tipos de tecnología, una altamente automatizada y de gran inversión que se ha establecido en los países del norte (Holanda, Alemania y Dinamarca) y otra de menor inversión con estructuras más simples, poco automatizada y desarrollada en los países del Mediterráneo (España, Portugal, Grecia) (Costa *et al.*, 2004), donde está la mayor cantidad de hectáreas (cuadro 1). Aunque existe un mercado competitivo en cuanto a producción de vegetales y frutos en condiciones de invernadero entre los países de la zona europea, las mayores importaciones ocurren desde países del sur hacia los del norte de Europa. Un ejemplo de movimiento de importaciones de productos obtenidos en invernaderos en países de la región del sur de Europa hacia el norte se da en el tomate (Pérez, 2007).

Greenhouses in the world

Situation in Europe: the total area of greenhouses in the European Union is of 150,000 ha (EFSA, 2010) and it is the continent with the greatest variety of crops protected worldwide. The major production areas are located in Spain (52,000 has), Italy (34,600 has), France (11,400 has) and the Netherlands (10,500 has). Other producing countries are Poland (2,031 has), Greece (4,900 has) and Portugal (2,200 has) (EFSA, 2010; Costa *et al.*, 2012). On this continent it is possible to speak of two types of technology, a highly automated with large investment that has been established in the northern countries (Holland, Germany and Denmark) and another with smaller investment structures with simpler structures, little automated and developed in the Mediterranean countries (Spain, Portugal, Greece) (Costa *et al.*, 2004), where the greatest quantity of hectares are (table 1). Although there is a competitive market in terms of vegetables and fruits production in greenhouse conditions between the countries of the European area, the higher biggest importations occur from countries of the south to the north of Europe. An example of the importing movement of products obtained in greenhouses in countries on the south of Europe towards the north relies in the tomato (Pérez, 2007).

Situation in Asia: it is estimated that Japan and South Korea have 57.440 and 49.049 ha., respectively. The expansion of greenhouses in China was very high in the last two decades. In 2003 the area of protected

Cuadro 1. Área total de invernaderos (invernaderos de plástico, túneles altos y bajos + invernaderos de vidrio) de los mayores países productores en Europa.

Table 1. Total area of greenhouses (plastic greenhouses, high and low tunnels + glass greenhouses) of the most producing European Countries.

	Superficie (ha)			
	Invernaderos de plástico y túneles elevados		Túneles plástico	Invernaderos de vidrio
Años	2004	2010	2010	2010
España	46.852	52.000	17.000	4.600
Italia	61.900	34.600	19.000	5.800
Francia	9.200	11.400	20.000	2.300
Holanda	400		-	10.500
Inglaterra	2.500		1.400	1.860
Grecia	3.000	4.900	4.500	2.000
Portugal	1.177	2.200	450	-
Serbia (ExYugoslavia)	5.040	-	-	-
Polonia	2.031		-	1.662
Hungría	6.500		2.500	200
Suecia	-	-	-	260
Ucrania	-	-	-	1.011
Finlandia	-	-	-	400
AlemaniaTurquía	-	-33.515	-	3.000

Fuente: adaptado de Costa y Heuvelink, 2004

Situación en Asia: Se estima que Corea del Sur y Japón poseen 57.440 y 49.049 ha., respectivamente. La expansión de invernaderos en China fue muy alta en la últimas dos décadas. Para el año 2003 el área de cultivos protegidos era de 2 millones de hectáreas (Costa y Heuvelink, 2004; Chang *et al.*, 2011). Estadísticas recientes estiman 2 millones setecientas mil hectáreas (Sonneveld y Voogt, 2009). Los invernaderos en China son fundamentalmente del tipo túnel (al-

crop was of 2 million hectares (Costa and Heuvelink, 2004; Chang *et al.*, 2011). Recent statistics estimate 2 million seven hundred thousand hectares (Sonneveld and Voogt, 2009). The greenhouses in China are essentially tunnel-type (high and low), although there are the so-called solar greenhouses. The structures are very simple and mostly built of bamboo. There are also high-tech greenhouses disaggregated in certain regions such as Shanghai, Beijing and Nanjing.

tos y bajos), aunque existen los llamados invernaderos solares. Las estructuras son muy simples y en su mayoría construidos en bambú. También hay invernaderos de alta tecnología disgregados en algunas regiones como en Shanghai, Beijing y Nanjing. Básicamente la mayor producción es de vegetales como tomate (*Solanum lycopersicum*), pimentón (*Capsicum annuum*), pepino (*Cucumis sativus*), berenjena (*Solanum melongena*), aunque existen la producción de melón (*Cucumis melo*), fresa (*Fragaria vesca*) y flores (Costa and Heuvelink, 2004).

Situación en el Continente

Americano: En América ha ocurrido un fenómeno similar al europeo, en donde los invernaderos de alta tecnología se encuentran en el norte del continente (Estados Unidos y Canadá), mientras que en países cercanos al trópico, se han desarrollado invernaderos usándose tecnología menos sofisticada (México, Colombia, Brasil) (Acuña *et al*, 2004). En el caso de Argentina, con 3.400 ha y con ocurrencia de heladas en la estación de invierno también usan invernaderos con control ambiental (cuadro 2). Similar a Europa, la producción del sur del continente americano sirve para abastecer y complementar los requerimientos de parte del norte del continente tal como sucede con el tomate (Costa y Heuvelink, 2005; USDA, 2010)

Invernaderos en Venezuela

Extensión y diseño: En Venezuela los promedios de temperaturas diurnas y nocturnas se mantienen relativamente constantes durante el año, siendo las variaciones en la precipita-

Basically, the largest production of vegetables are of tomato (*Solanum lycopersicum*), pepper (*Capsicum annuum*), cucumber (*Cucumis sativus*), eggplant (*Solanum melongena*), although there are also productions of melon (*Cucumis melo*), strawberry (*Fragaria vesca*) and flowers (Costa and Heuvelink, 2004).

Situation in the American continent: in America a similar phenomenon to the European has occurred, where high-tech greenhouses are in the North of the continent (United States and Canada), while greenhouses using less sophisticated technology have been developed in countries close to the tropics (Mexico, Colombia, Brazil) (Acuña *et al*, 2004). In the case of Argentina, with 3,400 ha and with occurrence of frost in the winter season, greenhouses are also used with environmental control (table 2). Similar to Europe, the production in the South American continent serves to supply and to complement the requirements of the northern part of the continent as happens with tomato (Costa and Heuvelink, 2005; USDA, 2010)

Greenhouses in Venezuela

Extension and design: In Venezuela, the averages of daytime and night-time temperatures remain relatively constant during the year, being the variations in precipitation what sets the planning of the majority of agricultural activities in the country. The differences in altitude lead to variations in the average temperatures in the different regions of the country and this has been

Cuadro 2. Área de invernaderos (invernaderos de plástico, túneles elevados), pequeños túneles bajos e invernaderos de vidrio en países de América.

Table 2. Greenhouse area (plastic greenhouses, elevated tunnels), small low tunnels and glass greenhouses in America.

Años	Superficie (ha)			
	Invernaderos de plástico y túneles elevados	Periodo*	Pequeños túneles (plástico)	Invernaderos de vidrio
	2004	2007-2011	2007	2007
USA	9.250		15.000	1.000
Canada	600	1.597 ^(a)	-	803 ^(a)
Colombia		8.000 ^(b)	-	
CubaMéxico	110 ^(c) 4.000	11.700 ^(d)	4.200	525
Ecuador	2.700			
Brasil		8.000 ^(b)		
Argentina		3.400 ^(b)		
Rep. Dominicana	200 ^(e)			
Costa Rica		687 ^(f)		

* Los censos en este periodo son para diferentes años dependiendo de cada país y la disponibilidad de datos.

^(a) Datos del 2011, Minister of Industry of Canada (2012); ^(b) Florez (2007); ^(c) Casanova *et al.* (2004); ^(d) Juárez-Lopez *et al.* (2012); ^(e) IICA (2010); ^(f) Marín (2010).

ción lo que establece la planificación de la mayoría de las actividades agrícolas en el país. Las diferencias de altitud, conllevan a variaciones en las temperaturas promedios en las diferentes regiones del país y esto ha determinado durante décadas la distribución de los cultivos en base a su crecimiento y mayor producción en función de la temperatura (Avilan y Eder, 1986).

El uso de invernaderos en Venezuela dedicados a la producción agrícola se inicia a finales de la década del 80 (años 88-90) y fue básicamente ini-

determined for decades the distribution of crops on the basis of its growth and increased production in function of the temperature (Avilan and Eder, 1986).

The use of greenhouses in Venezuela, dedicated to agricultural production started at the end of the 80's (88-90 years) and was basically an initiative of private sector especially in the central region (Jaimez *et al.*, 2005). It is known that the constructions of greenhouses were made of fiberglass; some of them are still installed on campuses. Other greenhouses in the same period were made of wood as

ciativa privada especialmente en la región central (Jaimez *et al.*, 2005). Se conocen de la época, construcciones de invernaderos en fibra de vidrio, algunos de ellos aún instalados en campos universitarios. Otros invernaderos del mismo período fueron fabricados con madera como estructura de soporte y láminas plásticas como techo. Posteriormente, hasta mediados de la década del 90 hubo estructuras elaboradas con diferentes materiales y se encontraban diseños particulares para cada región. Por ejemplo, en la región de los Andes prevaleció en la década del 90 la elaboración de invernaderos con cerchas de cabilla y las uniones eran soldadas. Luego se hicieron estructuras con tubo pulido (Jaimez y Cedeño, 2008). También en el estado Miranda, localidad del Junquito y los alrededores a la ciudad de Los Teques, se construyeron invernaderos con materiales de hierro no galvanizado. La información sobre la extensión bajo invernaderos para ese entonces se desconoce. A partir del año 2000 es donde se inicia la expansión acelerada de estructuras de invernaderos para el cultivo de flores y hortalizas en forma comercial. Esto ubica a Venezuela como un país incipiente en el desarrollo de una cultura de cultivo bajo protección (Jaimez *et al.*, 2005).

Para el año 2004 habían 52 ha de invernaderos construidas fundamentalmente con capital privado (Jaimez *et al.*, 2005). Aproximadamente el 48% estaban ubicadas en el centro del país, 39% en los estados andinos y 13% en el resto del país (cuadro 3). A partir del año 2007, el estado venezolano implementó programas de apoyo financiero para el establecimiento de

support structure and plastic sheets as roof. Subsequently, until the middle of the 90's there were structures made with different materials and specific designs for each region. For example, in the 90's in the Andean region prevailed the production of greenhouses with trusses of rods and joints were welded. Then, structures were built with polished tubes (Jaimez and Cedeño, 2008). Also in Miranda State, at el Junquito and the surrounding area towards Los Teques, greenhouses were built with non-galvanized iron materials. The information on the extension under greenhouses for that time is unknown. From 2000 onward is where is started the accelerated expansion of structures of greenhouses for growing flowers and vegetables commercially. This locates Venezuela as an emerging country in the development of a culture of cultivation under protection (Jaimez *et al.*, 2005).

For the year 2004 there were 52 has greenhouses built mainly with private capital (Jaimez *et al.*, 2005). 48% were located in the center of the country, 39% in the Andean States and 13% in the rest of the country (table 3). From the year 2007, the Venezuelan Government implemented financial support programs for the establishment of greenhouses in most of the regions. Even some regional Governments (Portuguese, Aragua, Carabobo) created investment programs for the construction of greenhouses. This, combined with private capital, has caused the number of hectares of greenhouses in Venezuela gets close to 300 ha, that is, five times more than the installed in 2004 (table 3).

Cuadro 3. Área y distribución de invernaderos por regiones para el año 2004¹ y 2011.Table 3. Area and distribution by regions for 2004¹ and 2011.

Región	Estados que se incluyen	Ha (2004)	%	Ha (2011)	%
Los Andes	Mérida, Táchira, Trujillo	20,1	39	40 ²	13,5
Centro-Occidente	Lara, Yaracuy	1,7	3,2	44,7 ²	15,1
Central	Distrito Federal, Aragua, Miranda, Carabobo	24,8	48	180 ²	60,8
Llanos	Apure, Barinas, Portuguesa	No registrado	—	9	3
Oriental	Sucre, Monagas, Anzoátegui	4,8	9	20	6,75
Sur	Bolívar	0,4	1	3	1
	Total	51,9		296,7	

Fuente: censo realizado con investigadores, productores y técnicos de varias regiones de Venezuela.

¹Fuente: Jaimez *et al.* (2005); Jaimez y Cedeño (2008).²Fuente: comunicación personal Prof. R. Salazar e Ing. A. Contreras

invernaderos en la mayoría de las regiones. Incluso algunos gobiernos regionales (Portuguesa, Aragua, Carabobo) crearon programas de inversión para la construcción de los invernaderos. Esto sumado a capitales privados ha hecho que el número de hectáreas en Venezuela de invernaderos este cercano a las 300 ha, es decir, cinco veces más a las instaladas para el 2004 (cuadro 3).

Regiones: Actualmente se definen cuatro regiones o polos de desarrollo en invernaderos que tienen más de 20 hectáreas registradas (Jaimez, 2012) (figura 1). Cada una de estas regiones presenta características propias en cuanto a tipos de cultivos y estructuras.

Regions: Currently four regions or development poles are defined in greenhouses with more than 20 hectares registered (Jaimez, 2012) (figure 1). Each of these regions has its own special features in terms of types of crops and structures.

The Andes (region 1): most of the greenhouses are located in mountainous areas (above 1500 m) in the states of Mérida, Táchira and Trujillo. In the past few years, the trend is in the production of flowers such as daisies (*Gerbera jamesonii*), roses (*Rosa* sp.), lilies (*Lilium candidum*) and to the spread of seedlings of several vegetables including broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), cabbage (*Brassica*

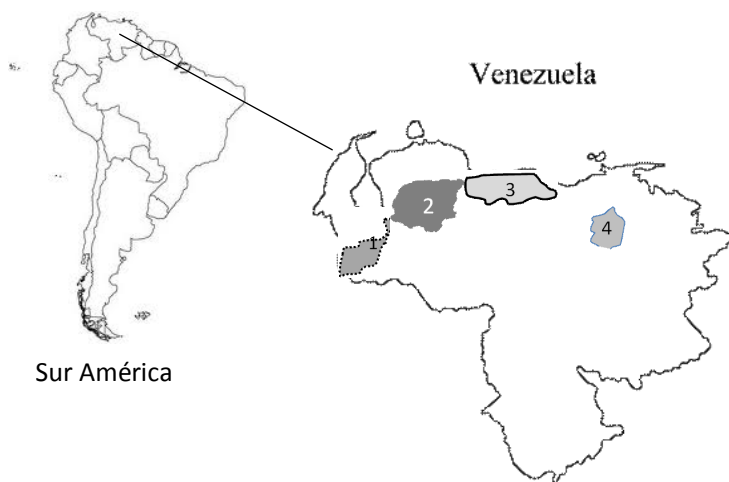


Figura 1. Principales regiones de desarrollo en invernaderos en Venezuela con más de 20 hectáreas: Región 1: Los Andes, 2 Región Centro-Occidente, 3: Región Central, 4: Región Oriental.

Figure 1. Main development regions of greenhouses in Venezuela with more than 20 hectares: Region 1: The Andes, 2: Western, 3: Central, 4: Eastern.

Los Andes (región 1): en su mayoría son invernaderos ubicados en zonas montañosas (por arriba de los 1500 m) en los estados Mérida, Táchira y Trujillo. En los últimos años la tendencia es a la producción de flores del tipo gerberas (*Gerbera jamesonii*), rosas (*Rosa* sp.), liliun (*Lilium candidum*) y a la propagación de plántulas de varias hortalizas, entre ellas, brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), pimentón (*Capsicum annuum*). En general son instalaciones construidas con tubo no galvanizado que promedian los 1500 m². Debido a que las temperaturas promedios de estos lugares no sobrepasan los 25°C y se mantienen humedades relativas por encima del 60% (Andressen, 2007) no se realiza ningún tipo de control climático.

Centro-Occidente (región 2): ubicada en zonas semiáridas de las depresiones de Carora y Barquisimeto, estado Lara, con temperaturas promedios entre 24 y 27°C (Andressen, 2007; Andrade *et al.*, 2010) se caracteriza por instalaciones importadas con automatización para el control climático y de riego. También hay invernaderos contruidos con material nacional. Predomina el cultivo de pimentón y en un segundo reglón el tomate. También se han extendido las instalaciones dedicadas a la propagación de plántulas y en su mayoría son construcciones nacionales con diseños tipo túnel. Existe en la actualidad regiones con un crecimiento acelerado como lo representa el valle de Quibor, donde se han construido desde el año 2009 más de 20 hectáreas.

Central (región 3): constituida por los estados Aragua, Miranda y

oleracea var. *capitata*), red pepper (*Capsicum annuum*). In general, these are facilities built with non-galvanized pipe that averaged 1500 m². Due to the fact that the average temperatures of these places do not exceed the 25°C and maintained relative humidity above 60% (Andressen, 2007) none climate control is done.

West Central (region 2): located in semi-arid depressions of Carora and Barquisimeto, Lara state, with average temperatures from 24 to 27°C (Andressen, 2007; Andrade *et al.*, 2010) is characterized by imported facilities with automated climate control and irrigation. There are also greenhouses made with national materials. The cultivation of paprika and tomato predominates in these greenhouses. Also, facilities dedicated to the propagation of seedlings have extended and are mostly national constructions with tunnel- type designs. There are currently regions with an accelerated growth, such as Quibor valley, where more than 20 hectares have been built since 2009.

Central (region 3): constituted by Aragua, Miranda and Carabobo states continue being the largest development pole of greenhouses (60.8%). In this region the areas are below 1000 m, the average temperature is 29°C and above 1000 m, the average is 26°C (Andressen, 2007). This region is characterized by both domestic and imported buildings dedicated to the production of tomato and paprika. Some locations are dedicated to the production of gerbera flowers and roses, emphasizing the production of flowers at “el Junquito” (Miranda State) which facilities are commonly tunnel-type.

Carabobo sigue siendo el mayor polo de desarrollo de invernaderos (60,8 %). En esta región las zonas por debajo de los 1000 m, la temperatura promedio es de 29°C y por arriba de los 1000 m el promedio es 26°C (Andressen, 2007). Esta región se caracteriza por construcciones tanto nacionales como importadas, dedicadas a la producción de tomate y pimentón. Algunas localidades se dedican a la producción de flores del tipo gerbera, rosa, destacándose la producción de flores de la zona del Junquito (estado Miranda) cuyas instalaciones tipo túneles son comunes.

Oriental (región 4): está concentrada en la localidad de Caripe, estado Monagas, con predominio de la producción de tomate y pimentón. Las instalaciones en su mayoría son importadas. Desde el año 2009 comenzaron a construirse instalaciones nacionales. Varios de estos invernaderos se han dedicado a la producción de plántulas. En Caripe el promedio de temperatura es de 26°C, mientras que en el resto de la región el promedio de temperatura es de 31°C (Andressen, 2007).

La región Sur que comprende los estados Bolívar y Amazonas hay instalaciones que no sobrepasan los 1000 m² de extensión y sólo representan el 1% del total del área nacional y la región los Llanos Occidentales (estados Apure, Barinas, Portuguesa y Cojedes) existen 9 ha de invernaderos (3%) (cuadro 3), varios de ellos contruidos con capital del estado venezolano con poca producción o sin funcionamiento.

Diseño y tipo de Invernaderos

El diseño y tipo de material que se han usado para la construcción de

Eastern (region 4): is concentrated in the town of Caripe, Monagas state, with predominance on the production of tomato and paprika. The facilities are mostly imported. Since 2009 they started to build national facilities. Several of these greenhouses are devoted to the production of seedlings. In Caripe the average temperature is 26°C, while in the rest of the region the average temperature is 31°C (Andressen, 2007).

The southern region which includes Bolivar and Amazonas states include installations which do not exceed 1000 m² of extension and only represent 1% of the total national area, and there are 9 ha greenhouses (3%) in the region of the western plains (Apure, Barinas, Portuguesa and Cojedes states) (table 3), several of them built with the Venezuelan State capital with little production or almost without operation.

Design and type of greenhouses

The design and type of material that have been used for the construction of greenhouses since 2000 is variable. Briceño *et al.* (2010) describes the designs used in the majority of the regions of Venezuela highlighting:

Multi-tunnel greenhouse with semi-elliptic roof and overhead opening in fixed arch

Poly-tunnel greenhouse with gable rood and fixed arch opening

Multi-tunnel greenhouse with semi-elliptic roof a variable overhead opening

Tunnel-type greenhouse with chimney-type overhead window with variable opening

invernaderos desde el año 2000 es variable. Briceño *et al.* (2010) describe los diseños usados en la mayoría de las regiones de Venezuela destacándose:

Invernadero multitúnel con techo semielíptico y apertura cenital en arco fija.

Invernadero multicapilla con techo a dos aguas y apertura cenital fija.

Invernadero multitúnel con techo semielíptico y apertura cenital variable

Invernadero tipo túnel con ventana cenital tipo chimenea de apertura variable

Invernaderos multitúnel sin apertura cenital.

En base al tipo de material que se ha usado, las estructuras se pueden dividir en tres grupos básicos:

Estructuras hechas con tubo no galvanizado, basándose sólo en la ventilación natural fija, como estrategia de control climático. Este tipo predomina en la región andina y central. Prácticamente empresas pequeñas (con personal no mayor a 10 empleados) nacionales se dedican a la oferta de este tipo de construcciones (Jaimez y Cedeño, 2008).

Estructuras importadas de diferentes países de Europa con predominio de las españolas y francesas construidas con tubo galvanizado. Un alto porcentaje de estas estructuras tienen automatización para el control climático basándose en extractores, ventiladores, apertura cenital variable y sistemas de nebulización, además poseen sistemas computarizados para el riego. Las regiones del Occidente y Central del país tienen la mayor cantidad de estas estructuras (Briceño *et al.*, 2010).

Multi-tunnel greenhouses without overhead opening

Based on the type of material used, the structures can be divided into three basic groups:

Structures made with non-galvanized pipe, just based on the fixed natural ventilation as a strategy for climate control. This type is prevalent in the Andean and central regions. Virtually small national businesses (with staff not greater than 10 employees) engage in the supply of this type of construction (Jaimez and Cedeño, 2008).

Structures imported from different countries of Europe with predominance of the Spanish and French with galvanized pipe. A high percentage of these structures have automation for the climate based on fans, fans, variable overhead opening control and misting systems, as well as computerized irrigation systems. The West and Central regions of the country have the largest number of these structures (Briceño *et al.*, 2010).

The third group also corresponds to structures of galvanized pipe, built by national companies whose designs are variations of imported structures, but in most cases, they do not offer any type of automation and possess only opening fixed overhead. This industry has seen limited production due to shortages of materials and high inflation (between 20% and 26%) (Banco Central de Venezuela, 2012) not allowing to offer greenhouses at competitive prices. These structures are in all the regions defined in table 3. It is possible that there are structures made out of wood or other

El tercer grupo corresponde también a estructuras de tubo galvanizado, construidas por empresas nacionales cuyos diseños son variaciones de estructuras importadas, pero que en la mayoría de los casos no ofrecen ningún tipo de automatización y sólo poseen apertura cenital fija. Esta industria nacional ha visto limitada su producción debido a carencias de materiales y una alta inflación (entre 20% y 26%) (Banco Central de Venezuela, 2012), lo que no le permite ofrecer invernaderos a precios competitivos. En todas las regiones definidas en el cuadro 3 se encuentran estas estructuras. No se descarta que existan estructuras hechas en madera u otro material, sin embargo no han predominado en ninguna región.

En Venezuela se desarrollan pocos cultivos en los invernaderos. Dentro de las hortalizas se cultiva predominantemente tomate, pimentón y lechuga (*Lactuca sativa*); mientras que el melón y la fresa son los principales frutales producidos bajo esta modalidad. Las flores de corte (gerbera y rosas) y la producción de plántulas de hortalizas son otros rubros que se han incorporado a los invernaderos (Jaimez y Cedeño, 2008).

Tecnología y desarrollo

Control climático: En Venezuela prevalece la estrategia de control climático basado en la ventilación natural. Esto en términos de conservación energética sería lo que se debe proponer. No obstante, depender de las condiciones meteorológicas externas puede limitar la producción, lo que implica que en lugares con condicio-

material; however, these have not prevailed in any region.

In Venezuela few crops in greenhouses are developed. Within the vegetables are mainly grown tomato, pepper and lettuce (*Lactuca sativa*); while melon and strawberry are the main fruits produced under this modality. Cut flowers (gerbera and rose) and vegetable seedling production are other items that have been incorporated into the greenhouses (Jaimez y Cedeño, 2008).

Technology and development

Climate control: In Venezuela prevails the strategy of climate control based on natural ventilation. This, in terms of energy conservation, would be what should be proposed. However, depending on the external weather conditions can limit production, implying that in places with very stressful conditions, especially of high temperatures (greater than 33°C), higher automation should be included based on forced ventilation (fans and extractors) and misting. In Venezuela there are no companies that offer automated systems for the national climate control, based on closure or automatic openings of the side and overhead windows as measured by climatic variables.

For any installation it is important to carry out microclimate measurements that allow understanding the existing relations between radiation intensities and temperature changes and relative humidity of the air that can be taken depending on the flow of incoming air in a greenhouse. Several researches

nes muy estresantes, especialmente de altas temperaturas (superiores a 33°C), se debe incluir una mayor automatización basado en ventilación forzada (ventiladores y extractores) y nebulización. En Venezuela no existen empresas que ofrezcan sistemas automatizados nacionales para el control climático, basados en cierre ó aperturas automáticas de las ventanas cenitales y laterales según mediciones de variables climáticas.

Para cualquier instalación es importante realizar mediciones microclimáticas que permitan entender las relaciones existentes entre intensidades de radiación y los cambios de temperatura y humedad relativa del aire que se pueden dar en función del flujo de aire entrante en un invernadero. Varios trabajos (Critten y Bailey, 2002; Willits, 2000; Shilo *et al.*, 2004) resaltan la importancia de conocer las velocidades de vientos de una región ya que existe una respuesta lineal entre esta y la ventilación o renovación del aire dentro del invernaderos. Para Venezuela se recomienda en regiones por debajo de 1500 m 15 renovaciones de aire por hora (Briceño *et al.*, 2010). Sin embargo es necesario, seguir evaluando otras localidades en el país con invernaderos a diferentes alturas.

En Venezuela, es importante enfatizar que la ventilación lateral debe ir acompañada de la ventilación cenital, garantizando una mejor remoción del aire. Se puede tener como norma que la variación de la apertura cenital debe estar entre 0,8 a 1,4 m para invernaderos localizados en regiones por debajo de 1200 m y entre 0,5-0,8 m para los instalados por arriba de 1300 m. También se recomienda

(Critten and Bailey, 2002; Willits, 2000; Shilo *et al.*, 2004) emphasized the importance of knowing the wind speed of a region since there is a linear response between this and the ventilation or air renewal inside the greenhouses. In Venezuela, 15 air renewals per hour are recommended in regions below 1500 m (Briceño *et al.*, 2010). However, it is necessary to further evaluate other localities in the country with greenhouses at different heights.

In Venezuela, it is important to emphasize that the side vents must be accompanied by overhead ventilation, ensuring a better removal of air. It could be stated as a rule that the variation of the overhead opening must be between 0.8 to 1.4 m for greenhouses located in areas below 1200 m and 0.5-0.8 m for the installed above 1300 m. It is also recommended that the area of the side windows must be between 15 to 25% of the surface of the soil covering the greenhouse (Montero and Anton, 2000; Baudoin *et al.*, 2003; Sethi and Sharma, 2007).

On the other hand, because of the weather conditions in Venezuela, where the average temperatures for the year remain relatively constant, it is necessary to bear in mind that the height of the greenhouse should not be less than 6 m up to the ridge. Assessments are required for greenhouses located above 2500 m to see if the same height should be less. Usually in our country the majority of greenhouses are individual buildings or dual-module that does not exceed 20 meters in width, but from 2004, multi-modular. Greenhouses were built. Although in Venezuela there are not

que el área de las ventanas laterales debe ser entre el 15 al 25% de la superficie de suelo que ocupa el invernadero (Montero y Antón, 2000; Baudoin *et al.*, 2003; Sethi y Sharma, 2007).

Por otra parte, por las condiciones climáticas de Venezuela, donde las temperaturas promedios durante el año se mantienen relativamente constantes, es necesario tener presente que la altura de los invernaderos no debe ser menor a 6 m hasta la cumbre. Se requiere de evaluaciones para los invernaderos ubicados por arriba de los 2500 m para conocer si la altura de los mismos debiera ser menor. Usualmente en nuestro país la mayoría de los invernaderos son construcciones individuales o de doble modulo que no sobrepasan los 20 m de ancho, pero a partir del 2004, comenzaron a construirse invernaderos multi-modulares. Aunque en Venezuela no existen evaluaciones que indiquen el tamaño ideal para que el control de la temperatura sea eficiente por la ventilación natural, en los países de zonas mediterráneas se recomienda que las construcciones multi-modulares no sobrepasen 25 m de ancho (Baudoin *et al.*, 2003).

Adicional a la ventilación natural, y con el objetivo de lograr temperaturas y humedades relativas óptimas, en la regiones central y centro occidental se están usando nebulizadores. El uso de estos sistemas debe estar sincronizado con mediciones de la humedad relativa a fin de lograr las mejores condiciones del ambiente para las plantas. Hoy día existen diseños de controles climáticos automatizados donde se asocia equipos de ventilación y nebulización lográndose microclimas

any evaluations that indicate the ideal size for the temperature control to be efficient by the natural ventilation, in the countries of Mediterranean areas it is recommended that the multi-modular constructions do not exceed 25 m wide (Baudoin *et al.*, 2003).

Additional to the natural ventilation and with the goal of achieving temperatures and relative optimal humidity, in the central and western regions nebulizers are being used. The use of these systems must be synchronized with measurements of the relative humidity in order to achieve the best environmental conditions for plants. Nowadays, there are designs of automated climate controls associating ventilation equipment and misting; thus, achieving desired microclimates in greenhouses (Linker *et al.*, 2011). This strategy of climate control allows the total isolation of the plants from the external environment.

Protection plastics: Plastic films made in Venezuela absorb nearly 20% of the radiation entry, which is beneficial since it avoids temperature increases, especially in low-lying areas. Sometimes the accumulation of dust on the plastics surface is a limiting factor for the radiation entry (Montero *et al.*, 1984; Sangpradit, 2014); in addition to the rapid deterioration of the plastic that usually lasts about two years. For this reason, Venezuelan plastic industry should aim to achieve greater durability of plastics, in addition to incorporating additives that give the plastics the anti dripping properties, absorption in the infrared region. The co-extrusion technique, which allows attaching various types

deseados dentro de los invernaderos (Linker *et al.*, 2011). Esta estrategia de control climático permite el aislamiento total de las plantas del ambiente externo.

Plásticos de protección: Las películas plásticas elaboradas en Venezuela absorben cerca del 20% de la entrada de la radiación, lo cual es beneficioso ya que evita aumentos de temperatura, especialmente en zonas de baja altitud. En ocasiones la acumulación de polvo en la superficie de los plásticos es una limitante para la entrada de radiación (Montero *et al.*, 1984; Sangpradit, 2014). A esto se suma el deterioro rápido de los plásticos que usualmente duran cerca de dos años. Por esta razón, la industria de plástico venezolana debiera orientarse a lograr mayor durabilidad de los plásticos, además de incorporar aditivos que den a las plásticos propiedades anti goteo, absorción en la región del infrarrojo. La técnica de co extrusión, la cual permite unir varios tipos de polímeros para obtener un material con propiedades específicas, ya aplicada en otros países (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2011), ha permitido elaborar películas foto-protectores que evitan incrementos de temperatura por una mayor difusión de la radiación y absorción de longitudes de radiación que no están en el espectro entre los 400-700 nm. Esto evita incrementos de temperatura y control de algunas enfermedades e insectos (por ejemplo oídium y afidos). Probablemente en la industria Venezolana una limitante es la producción a precios competitivos con el mercado internacional.

Sustratos: Inicialmente en la década del 90, la técnica de hidroponía

of polymers to obtain a material with specific properties, already applied in other countries (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2011), has made it possible to develop photo-protector movies that prevent temperature increases by a greater radiation diffusion and wavelengths radiation absorption that are not in the spectrum between 400-700 nm. This prevents increases in temperature and control of certain diseases and insects (such as oidium and aphids). Probably in the Venezuelan industry a limiting factor is the production at competitive prices with the international market.

Substrates: Initially in the Decade of the 90s, the hydroponics technique based on inert substrates or exclusive use of water was used in the greenhouses. Over time this technique is no longer used, although there are recent developments of hydroponics for the cultivation of strawberries and lettuce in Táchira state that are currently carried by the Kelly's company. Gradually, the producers started using organic substrates such as fermented compost of horse manure, coconut shell, which are used in beds, bags, or plastic containers where the plants are planted. Inorganic substrates (perlite, rock wool) are not used and in few facilities plant directly to the soil to avoid fungal disease of drainage problems by the soil texture (Valles Rigio *et al.*, 2009; Bracho *et al.*, 2009).

Currently, there is a tendency to use sawdust from coconut as a single substrate or as a main component (higher percentage) (Valles Rigio *et al.*, 2009) of combinations of various substrates for both flowers and

basada en sustratos inertes o uso exclusivo de agua era la usada en los invernaderos. Con el tiempo esta técnica ha dejado de usarse, aunque hay desarrollos recientes de hidroponía para el cultivo de fresas y lechugas en el estado Táchira que actualmente lleva adelante la empresa Kelly's. Progresivamente los productores comenzaron a utilizar sustratos orgánicos, tales como compost fermentado de estiércol de caballo, concha de coco, los cuales se usan en canteros, bolsas, o envases plásticos donde se siembran las plantas. Los sustratos inorgánicos (perlita, lana de roca) no se usan y en pocas instalaciones se siembra en suelo directamente, para evitar problemas de enfermedades fúngicas o inconvenientes de drenaje por la textura del suelo (Valles Rigio *et al.*, 2009; Bracho *et al.*, 2009).

Existe en la actualidad, la tendencia a usar aserrín de coco como sustrato único o como componente principal (mayor porcentaje) (Valles Rigio *et al.*, 2009) de combinaciones de varios sustratos tanto para flores como para hortalizas. Dependiendo de la región, sustratos de bagazo de caña de azúcar, concha de arroz y tierra orgánica son los principales componentes que se utilizan. Sin embargo, existe una heterogeneidad de sustratos que están siendo evaluados para la producción de plántulas (Bracho *et al.*, 2009) y el desarrollo y producción de los diferentes cultivos. En la actualidad, los productores están en un proceso de ensayos en búsqueda de combinaciones de los sustratos locales más adecuados. La tendencia es evitar la dependencia de sustratos traídos del exterior y promover una in-

vegetables. Depending on the region, bagasse substrates of sugar cane, rice and organic soil are the main components used. However, there is heterogeneity of substrates that are being evaluated for the production of seedlings (Bracho *et al.*, 2009) and the development and production of different crops. Currently, producers are in a testing process looking for the most appropriate combinations of the local substrates. The tendency is to avoid the dependence of imported substrates and to promote a national industry and that it would strengthen with the time.

In Venezuela, as in many countries, there are not official standard methods for the characterization of substrates and organic materials in general. The domestic industry is beginning to offer commercial substrates with an adequate pasteurization treatment. In addition, the vermicompost (manure coming from the decomposition of organic waste by worms) also seems to be an alternative which use is being expanded to combine it with various substrates. However, different raw materials for the manufacture of commercial vermicompost are still being characterized (Hernández *et al.*, 2010).

Technical capacity: Due to the short time of the establishment of greenhouses in Venezuela, the number of trained people to handle efficiently this type of crop structures is low. Venezuela was not ready for such as fast growing as the one that has been occurring in last five years and probably has advanced by trial and error. However, due to the need of

dustria nacional que en el tiempo se fortalezca.

En Venezuela, como en muchos países, no existen métodos oficiales normalizados, para la caracterización de sustratos y materiales orgánicos en general. La industria nacional está comenzando a ofrecer sustratos comerciales con un adecuado tratamiento de pasteurización. Además el vermicompost (abono proveniente de la descomposición de residuos orgánicos por lombrices) también parece ser una alternativa cuyo uso se está ampliando para combinarlo con varios sustratos. Aún se están caracterizando diferentes materias primas para la elaboración de vermicompost comerciales (Hernández *et al.*, 2010).

Capacidad técnica: Debido al poco tiempo de establecimiento de los invernaderos en Venezuela, el número de personas capacitadas que manejen eficientemente este tipo de estructuras de cultivos es bajo. Venezuela no estaba preparada para un crecimiento tan rápido como el ocurrido en los últimos cinco años y probablemente se ha avanzado por ensayo y error. Sin embargo, debido a las exigencias del conocimiento para obtener mejores y altas producciones, compañías privadas nacionales y algunas administraciones gubernamentales locales, han recibido el asesoramiento de expertos de otros países. Debido a las expectativas de crecimiento urge la necesidad de generar programas nacionales de capacitación.

Semillas y cultivos: Venezuela importa más del 50% de la semilla utilizada para los diferentes cultivos (González Jiménez, 2009). Ante un mercado creciente, es probable que el

knowing more to obtain best and high productions, national private companies and some local government authorities have received advices from experts from other countries. Due to the growing expectations urges the need for generating national training programs.

Seeds and crops: Venezuela imports more than 50% of the seed used for different crops (Gonzalez Jimenez, 2009). In a growing market, it is likely that the number of transnational corporations with local representatives continues growing. It is important for the domestic market and the producers the importing of seeds of different products whose hybrids are more suitable for the cultivation in these facilities. Therefore, efforts must be made to ensure that seeds that are adapted to different conditions depending on the locality get to the country.

In the medium term the attainment of nationally certified seeds is a priority. Therefore, it is important to invest more in biotechnology, which can achieve with Government support to national institutions trained in this area (Miranda, 2014).

Fertilizers and pesticides: restrictions on the importing to the major trading houses of agrochemicals have made the availability and diversity of water-soluble fertilizer, fungicides and insecticides to decrease. The oil industry is making efforts in the national production of a large amount of fertilizer, but fundamentally difficult to use in dripping irrigation systems due to their low solubility. Probably the actions by producers and the investments that are being made

número de empresas transnacionales con representantes locales continúe en aumento. Es importante para el mercado nacional y los productores, la importación de semillas de diferentes rubros, cuyos híbridos sean más adecuados para el cultivo en estas instalaciones. Por lo tanto, deben realizarse esfuerzos para que lleguen al país semillas que se adapten a diferentes condiciones dependiendo de la localidad.

A mediano plazo es prioritario la consecución de semillas certificadas nacionalmente. Por tanto, es importante una mayor inversión en biotecnología, lo cual puede ser logrado a través de un mayor apoyo gubernamental a las instituciones nacionales que tienen la capacidad instalada en esta área (Miranda, 2014),

Fertilizantes y pesticidas:

Restricciones en la importación a las principales casas comercializadoras de agroquímicos han hecho que la disponibilidad y diversidad de fertilizantes hidrosolubles, fungicidas e insecticidas disminuya. La industria petrolera está haciendo esfuerzos en la producción nacional de una gran cantidad de fertilizantes, pero fundamentalmente difíciles de usar en sistemas de riego por goteo por su baja solubilidad. Probablemente las acciones por parte de los productores y la misma inversión que están realizando los gobiernos locales y el nacional en la construcción de invernaderos revierta esta situación.

Producción de plántulas

Uno de los beneficios que se han obtenido de la construcción de invernaderos es su uso para la producción de plántulas. En el Occidente del país;

by the national and local governments in the construction of greenhouses reverse this situation.

Seedling production

One of the benefits obtained by the construction of greenhouses is its use for the production of seedlings. In the West of the country, in of Quibor (Lara state), Timotes (Mérida state), Jajo (Trujillo State), are concentrated the highest amounts of hectares, while in the East of the country are mainly concentrated in Caripe, Monagas state. Since 2004, each of these places has developed very particular but efficient technologies in the production of seedlings. There are not automated systems for sowing seeds and the substrates used are varied. Fifty percent of these substrates are imported while the rest are combinations of local substrates such as sand, elaborated compost and rice hulls (Bracho *et al.*, 2009).

Mainly, this service has been oriented towards the seedlings production crops planted opencast such as several Brassica species, tomato and paprika. Applied technology has made that phytosanitary problems have decreased and the work of replanting also reduces.

Yield

With the installed capacity and the developed technology the production of the different products only supplies national markets. The product obtained is taken to the big cities (Barquisimeto, Maracay, Maracaibo, Caracas, Valencia and Puerto La

las localidades de Quibor (estado Lara), Timotes (estado Mérida), Jajo (estado Trujillo), concentran las mayores cantidades de hectáreas, mientras que en el oriente del país principalmente se concentran en Caripe, estado Monagas. Desde el año 2004, cada una de estas localidades ha desarrollado tecnologías muy particulares, pero eficientes en la producción de plántulas. Aún se carece de sistemas automatizados de siembra de semillas y los sustratos que se usan son variados. Un 50% de estos sustratos son importados, mientras que el resto son combinaciones de sustratos locales tales como arena, compost elaborados y concha de arroz (Bracho *et al.*, 2009).

Principalmente este servicio se ha orientado hacia la producción de plántulas de cultivos sembrados a cielo abierto, tales como varias especies de brásicas, tomate y pimentón. La tecnología aplicada ha hecho que problemas fitosanitarios hayan disminuido y la labor de resiembra también se reduzca.

Rendimiento

Con la capacidad instalada y la tecnología desarrollada, la producción de los diferentes rubros sólo abastece los mercados nacionales. El producto obtenido se lleva especialmente a las ciudades con mayor población (Barquisimeto, Maracay, Maracaibo, Caracas, Valencia y Puerto La Cruz). Los rendimientos referidos de algunas localidades, tales como Quibor (estado Lara), Sartenejas (estado Miranda), Chirgua (estado Carabobo) para tomate y pimentón y para gerbera en el es-

Cruz). Referrals yields of some localities such as Quibor (Lara state), Sartenejas (Miranda State), Chirgua (Carabobo State) for tomato and paprika and gerbera in Mérida State are shown in table 4. Regional statistics of the total production in greenhouses are still lacking and is not known in percentage terms as represented in the national production in any of the products.

Orientations in the development of greenhouses in Venezuela

The different climates of Venezuela allow producing a lot of horticultural products and high quality flowers under greenhouse conditions. This involves establishing a good marketing chain and a commitment to reach the standards required in the products. The aim is not difficult to achieve; thus the following should be emphasized and prioritized:

Strengthening of the national industry dedicated to the construction and the design of greenhouses. The work of forming companies with technological capacity to meet an industry, which current projections will lead to high investments, should be undertaken quickly. In this regard, it is important to offer producers high standards greenhouses that comply with the standards of mechanical strength, durability and warranty. Minimum building standards that guarantee the stability of structures depending on the weight and wind speeds to support should be therefore

tado Mérida se muestran en el cuadro 4. Aún se carece de estadísticas regionales de la producción total en invernaderos y no se conoce en términos porcentuales cuanto representan en la producción nacional en ninguno de los rubros.

Orientaciones en el desarrollo de los invernaderos en Venezuela

Los diferentes climas de Venezuela permiten producir una gran cantidad de rubros hortícolas y flores de alta calidad en condiciones de invernaderos. Esto implica establecer una buena cadena de comercialización y un compromiso para llegar a los estándares requeridos en los productos. El objetivo no es difícil de lograr y para ello se deben enfatizar y priorizar los siguientes aspectos:

Fortalecimiento de la industria nacional dedicada a la construcción y diseño de invernaderos. Se debe emprender rápidamente la labor de formar empresas con ca-

established (Kendirli, 2005; Ocampo *et al.*, 2014).

Achieve optimization of the climate control inside the greenhouses. It is required that Venezuela starts working to improve and implement efficient climate systems (cooling or heating), according to the different altitudes (Gang, 2014, Ishak *et al.*, 2013).

Standardize and evaluate the substrates used. This will lead to having a national technology and the proper use of substrates depending on the region (Hernández *et al.*, 2010).

Training of professionals and technicians. This area of development deserves technical bases to achieve high quality and performance. In a scenario of high investment and growth and a captive national and international market, the standards and national technology must be improved. It is a priority to have an efficient and technical management that requires training. Therefore, it is required the implementation of university courses in similar careers

Cuadro 4. Rendimientos promedios de algunas hortalizas y flores en las invernaderos en Venezuela.

Table 4. Average yields of some vegetables and flowers in greenhouses of Venezuela.

Rubro	Rendimiento
Gerbera ¹ (<i>Gerbera jamesonii</i>)	343 flores/m ² para los primeros 2 años
Pimentón ² (<i>Capsicum annuum</i>)	10,8 - 12,9 kg/m ²
Tomate ³ (<i>Solanum lycopersicum</i>)	18,7 - 20,0 kg/m ²

¹Jaimez *et al.* 2013. Producción referida a la región de los Andes por encima de 1500 m

²Producción para un ciclo de cultivo entre 10-11 meses.

³Producción de un ciclo de cultivo de 6 meses

pacidad tecnológica para poder atender una industria, cuyas proyecciones actuales conllevará a altas inversiones. En este sentido, es prioritario ofrecer a los productores invernaderos con estándares altos que cumplan con las normas de resistencia mecánica, durabilidad y garantía. En consecuencia se deben establecer mínimas normas de construcción que garanticen la estabilidad de las estructuras en función de velocidades de viento y peso a soportar (Kendirli, 2005; Ocampo *et al.*, 2014).

Lograr una optimización del control del clima dentro de los invernaderos. Se requiere que Venezuela comience en el trabajo de mejorar e implementar sistemas climáticos (enfriamiento o calentamiento) eficientes, acordes a los diferentes pisos altitudinales (Gang, 2014, Ishak *et al.*, 2013).

Estandarizar y evaluar los sustratos usados. Esto llevará a tener una tecnología nacional y el uso adecuado de sustratos dependiendo de la región (Hernández *et al.*, 2010).

Formación de profesionales y técnicos. Esta área de desarrollo amerita bases técnicas para lograr alta calidad y rendimiento. En un escenario de alta inversión y crecimiento y ante un mercado nacional e internacional cautivo y cada más exigente, los estándares y la tecnología nacional debe ser mejorada. Es prioritario un manejo eficiente y técnico que amerita adiestramiento. Por tanto, se requiere la implementación de cursos universitarios en las carreras afines, que garanticen la formación de profesionales que rápidamente confor-

that guarantee training for professionals that will be part of the assistance support to producers and the technical knowledge base. Also, it urges training of producers in the management of the technology that applies. The producers should have as base training the capacity for elaborating the commercial nutritional formulas, understanding of the relationship of microclimate with some physiological aspects, characteristics of substrates and watering (Castilla and Montero, 2008).

In an industry such as the one growing it must be clear that the greenhouse production involves several disciplines. It is imperative that when starting a project, there should be the participation of professionals and experts from several disciplines. This implies, to create a industry with clear production objectives with the goal to supply the domestic market and to be competitive to start entering in international markets.

Crop diversification should be quickly put into practice. Obviously this will obey initially national demands with a view to produce to international markets. Despite the diversity of altitudinal and microenvironments that occur in the country, the crops planted are mostly tomato and paprika. With the possibility of very rapid expansion and availability of investment, the domestic production should diversify with crops like eggplant, melon, herbs, lettuce, strawberry, Zucchini (*Cucurbita pepo*), pineapple (*Ananas comosus*), among others. Thus, the importance of establishing closer relations between research centers,

marán el soporte para la asistencia a productores y la base técnica de conocimiento. También urge la capacitación de los productores en el manejo de la tecnología que se aplique. Los productores deberían tener como formación base la capacidad para elaboración de fórmulas nutricionales comerciales, comprensión de las relaciones del microclima con algunos aspectos fisiológicos, características de sustratos y programas de riego (Castilla y Montero, 2008).

En una industria como la que se está gestando se debe estar claro que la producción en invernaderos involucra el trabajo de varias disciplinas. Es imprescindible que al iniciar un proyecto se tenga la participación de profesionales y técnicos de varias disciplinas. Esto implica entonces, crear una industria con objetivos claros de producción que lleven como destino abastecer el mercado nacional y ser competitivos para comenzar a entrar en mercados internacionales.

La diversificación de cultivos debe ser rápidamente puesta en práctica. Evidentemente esto obedecerá inicialmente a las demandas nacionales con miras a producir para mercados internacionales. A pesar de la diversidad de pisos altitudinales y microambientes que se dan en la geografía nacional, los cultivos que mayormente se siembran son tomate y pimentón. Existiendo la posibilidad de una expansión muy rápida y disponibilidad de inversión, se debiera diversificar la producción nacional con cultivos como berenjena, melón, plantas medicinales, lechuga, fresa, calabacín (*Cucurbita pepo*), piñas (*Ananas*

producers and seed companies in order to establish selection programs of hybrids by temperature tolerance of a greater amount of crops. Also the national flower must be developed in these environments. Not only should be encouraged the planting of exotic species.

There is a large amount of tropical flowers that can occur in greenhouses conditions (David *et al.*, 2012). Despite being a technology with only ten years of development there is a lack of statistics showing the distribution of greenhouses in Venezuela and the corresponding productions of the different items that are being cropped. This leads to have national registries that allow planning and offering producers the chance to explore other markets in marketing. Also, this information allows understanding the growth of the area, generated jobs, regional investment strategies and the marketing chain.

Environmental damage:

Last but not least, there should be an industry that does not involve environmental damage. Efficiency in the use of water, to avoid excessive use of agrochemicals and to minimize pollution in rivers should be priority goals. It is the search for the sustainable use of resources (De Pascale and Maggio, 2005). In a future, greenhouse growth concentrated in various regions will involve rules that prevent contamination of rivers and also the disposal of plastic may be an environmental problem which will have to implement regulations of use.

comosus), entre otros. De aquí la importancia que se establezcan relaciones más estrechas entre centros de investigación, productores y compañías de semillas a fin de establecer programas de selección de híbridos por tolerancia a temperatura de una mayor cantidad de cultivos. Igualmente la floricultura nacional debe desarrollarse en estos ambientes. No sólo debemos fomentar la plantación de especies exóticas.

Existe una gran cantidad de flores tropicales que se pueden producir en condiciones de invernaderos (David *et al.*, 2012). Pese a ser una tecnología con sólo diez años de desarrollo se carecen de estadísticas que muestren la distribución de los invernaderos en Venezuela y las respectivas producciones de los diferentes rubros que se están cultivando. Esto conlleva a tener registros nacionales que permitan planificar y ofrecer a los productores la posibilidad de explorar otros mercados de comercialización. Además es una información que permite entender el crecimiento del área, puestos de empleos generados, estrategias regionales de inversión y la cadena de comercialización.

Daños ambientales: Por último, no menos importante se debe tener una industria que no implique daños ambientales. La eficiencia en el uso de agua, evitar usos excesivos de agroquímicos y disminuir al mínimo contaminación de afluentes y ríos deben ser metas prioritarias. Es la búsqueda del uso sustentable de los recursos (De Pascale y Maggio, 2005). En un futuro el crecimiento de invernaderos concentrado en varias regiones implicará normas que eviten contami-

Conclusions

Commercial production in greenhouses in Venezuela began in 2000, and currently it only reaches the 300 ha of installed greenhouses. In the country there is a diversity of climatic environments, involving to consolidate technological packages for the management of crops in these protected environments according to environmental conditions and cultivation sow. Currently, the predominance of the production focuses on tomato, pepper and flowers, but there is a possibility of a crop diversification. Although greenhouses are found in most of the states of the country, four development regions of greenhouses are defined, which registered more than 20 hectares: Los Andes (Mérida, Táchira and Trujillo States), Central (Miranda, Carabobo, Aragua states, and the Federal District), Western (Lara and Yaracuy states) and the Eastern (Anzoátegui, Monagas and Sucre states).

In order to achieve a national development in this area it is necessary to prioritize in the strengthening of the national industry dedicated to the construction and design of greenhouse with the technological capacity to offer higher automation. The development of national plastics suitable for tropical climates is also important. The training of professionals and technicians in this area of development that warrants technical bases to achieve high quality and performance should also be undertaken. Undoubtedly, having high trained personnel will cause sustained growth

nación de ríos y además el desecho de plástico podrá ser un problema ambiental sobre el cual habrá que implementar normativas de uso.

Conclusiones

La producción comercial en invernaderos en Venezuela comienza en el año 2000, y actualmente tan sólo se llega a las 300 ha de invernaderos instalados. En el país hay una diversidad de ambientes climáticos, que implica consolidar paquetes tecnológicos para el manejo de cultivos en estos ambientes protegidos de acuerdo a las condiciones ambientales y al cultivo que se siembre. Actualmente el predominio de la producción se centra en tomate, pimentón y flores, pero existe la posibilidad de una diversificación de cultivos. Aunque los invernaderos se encuentran en la mayoría de los estados del país, se definen cuatro regiones de desarrollo en invernaderos las cuales tiene más de 20 hectáreas registradas: Los Andes (estados Mérida, Táchira y Trujillo), Central (estados Miranda, Carabobo, Aragua y el Distrito Federal), Centro Occidente (estados Lara y Yaracuy) y la Oriental (estados Monagas, Sucre y Anzoátegui).

En función de lograr un desarrollo nacional en esta área es necesario priorizar en el fortalecimiento de la industria nacional dedicada a la construcción y diseño de invernadero con la capacidad tecnológica para ofrecer una mayor automatización. Es importante la elaboración de plásticos nacionales adecuados a climas tropicales. Igualmente se debe emprender la formación de profesionales y técnicos en esta área de desarrollo que amerita

and development in various disciplines, which should lead to consolidate suitable technological packages according to the characteristics of the regions which must be friendly and sustainable with the environment where they are developed.

Acknowledgement

The compilation done in this research is part of the project FO-685-08-01- B of the CDCHTA-University of Los Andes, Mérida, Venezuela. The authors thank the engineer Alexander Contreras for his support in the data formation in the Venezuelan statistics.

End of english version

bases técnicas para lograr alta calidad y rendimiento. Indudablemente que contar con personal de alta formación traerá un crecimiento sostenido y desarrollo en varias disciplinas, lo cual debe conllevar a consolidar paquetes tecnológicos adecuados en función de las características de las regiones y que deberán ser amigables y sustentables con el ambiente donde se desarrollen.

Agradecimiento

La recopilación realizada en este trabajo es parte del proyecto Proyecto FO-685-08-01- B del CDCHTA-Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela. Nosotros agradecemos al Ing. Alexander Contreras por el apoyo en la conformación de datos en las estadísticas venezolanas.

Literatura citada

- Acuña, F., D. Valera y J. Avendaño. 2004. Invernaderos: La experiencia Iberoamericana CYTED, Almería España. 195 p.
- Andrade, O., J. Briceño, S. Erasmi, M. Kappas y J. Undas. 2010. Generación y mapeo de parámetros ambientales con fines de evaluación de tierras en el municipio Torres, estado Lara Venezuela. *Bioagro* 22(2): 115-126.
- Andressen, R. 2007. Circulación atmosférica y tipos de climas. En: *GeoVenezuela Fundación Empresas Polar*. Caracas, Venezuela. Tomo 2: Capítulo 13. p. 238-296.
- Arismendi, J. 2007. Presentación geográfica de las formas de relieve. En: *GeoVenezuela Fundación Empresas Polar*. Caracas Venezuela. Tomo 2: Capítulo 11. p. 168-182.
- Avilan, J. R. y H. Eder. 1986. Sistemas y regiones agrícolas de Venezuela. Fundación Empresas Polar. Caracas Venezuela. Tomos 1. 162 p.
- Baille, A., J. C. López, S. Bonachela and J. I. Montero. 2006. Night energy balance in a heated low-cost plastic greenhouse. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 137:107-118.
- Banco Central de Venezuela. 2012. <https://www.bcv.org.ve>
- Baudoin, W., M. Grafiadellis, R. Jiménez, G. La Malfa, P. Martínez García, A. Monteiro, A. Nisen, H. Verlot, O. Villele y Ch. Zabeltitz. 2003. El cultivo protegido en clima de invernaderos. Estudios FAO. Producción y protección Vegetal. 82 p.
- Bracho, J., F. Pierre y A. Quiroz. 2009. Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 21(2): 117-124.
- Briceño, L., R. Jaimez y W. Espinoza. 2010. Influencia de la condición climática de diferentes localidades en el microclima del invernaderos: región andina y central de Venezuela. *Interciencia* 35(5): 380-385.
- Casanova, A., R. Pupo, D. Aranguren, O. Gomez, T. Depestre, H. Cardoza, M. Hernandez, A. Planas, A. Igarza y J. Castro. 2004. Invernaderos: La Experiencia Cubana. En: *Invernaderos: La experiencia Iberoamericana* Acuña J. Valera D. Avendaño J. (Eds). CYTED, Almería España. p. 109-130.
- Castilla, N., J. I. Montero. 2008. Environmental control and crop production in mediterranean greenhouses. *Acta Horticulturae* 797:25-36.
- Castilla, N. 2004. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Ediciones Mundi Prensa España. 462 p.
- Chang, J., X. Wu, A. Liu, Y. Wang, B. Xu, W. Yang, L. A. Meyerson, B. Gu, C. Peng, Y. Ge. 2011. Assessment of net ecosystem services of plastic greenhouse vegetable cultivation in China. *Ecological Economics* 70: 740-748.
- Costa, J. M. and E. Heuvelink. 2004. China's greenhouse horticulture: an overview. In *Greenhouse Horticulture in China: Situation and Prospects*, (J. M. Costa, E. Heuvelink, Botden eds), Horticultural Production Chains Group, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. p. 7-41.
- Costa, J. M. and E. Heuvelink. 2005. The tomato industry. In: *Tomatoes*. El Heuvelink (Ed). CABI, UK. p.1-18.
- Costa, J. M. and M.G. Palha, M.E. Ferreira, A. Vargues, D. P. Almeida. 2012. Protected cultivation in Portugal: an investment for the 21st century. *Acta Horticulturae* 927: 139-147.
- Critten, D.L. and B.J. Bailey. 2002. A review of greenhouse engineering developments during the 1990 s. *Agricultural and forest Meteorology* 112:1-22.
- David, E. L. A. Rossi, O. Pagliardi. 2012. Technical and economic analysis of replacing artificial lighting system to induction of photoperiod effect in begonia's seedlings in greenhouse. *Engenharia Agrícola* 32 (4): 663-668.

- De Pascale, S. and A. Maggio 2005. Sustainable protected cultivation at a Mediterranean climate. Perspectives and challenges. *Acta Horticulturae* 691:29-42.
- EFSA. 2010. Scientific Opinion on emissions of plant protection products from greenhouses and crops grown under cover: outline for a new guidance1. EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR) *EFSA Journal* 8(4):1567 Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1615.pdf>
- Florez, L. 2007. Demand for agri-films rises as farmers seek greater productivity. *Plastic engineering publisher*. 63 (5):34-36.
- Gang, D. 2014. Intelligent greenhouse control system design base don rf technology research. *Applied mechanics and materials* 687-691:64-67.
- Gelder, A., E.H. Poot, J.A. Dieleman , H.F. de Zwart 2011. A concept for reduced energy demand of greenhouses: the next generation greenhouse cultivation in the netherlands. *Acta Horticulturae* 952:539-544.
- González Jiménez, E. 2009. La inseguridad alimentaria de Venezuela. *Tribuna del Investigador* 10(1 y 2): 1-20
- Hernández, J., L. Marmol, F. Guerrero, E. Salas, J. Barcenas, V. Polo, C. Colmenares. 2010. Caracterización química según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol de bovino puro y mezclados con residuos de frutos de palma aceitera. *Revista de Facultad de Agronomía-LUZ* 27: 491-520.
- Ishak W.I, R. M. Hudzari, M. Y. Tan. 2013. Development of an automation and control design system for lowland tropical greenhouses. *Pertanika Journal of Science and Technology*. 21 (2):365-374
- IICA 2010 Disponible en <http://www.iica.int>
- Jaimez, R. 2012. Horticultura y cultivos en ambientes protegidos en Venezuela. *Revista APH (Asociación Portuguesa de Horticultura)* 109: 33-35.
- Jaimez, R. y L. Cedeño. 2008. *Invernaderos en Mérida*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes. 22 p.
- Jaimez, R., O. Araque, W. Espinoza, C. Azócar. 2013. Dinámica de producción de flores de cultivares de *Gerbera* (*Gerbera jamesonii* H. Bolus): relación con tasas de fotosíntesis. *Revista de Facultad de Agronomía-LUZ* 30: 161-178
- Jaimez, R., P. Martínez y R. Da Silva. 2005. Microclima en invernaderos: sus efectos sobre el intercambio de gases en cultivos, *Casos de Venezuela* http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/rjaimez/org/PUBLICACIONES/Invernaderos_en_Venezuela.pdf
- Juárez-López, P., R. Bugarín-Montoya, A.L. Sánchez-Manteón, R. Balois-Morales, C.R. Juárez Rosete y E. Cruz-Crespo 2012. Horticultura protegida en Nayarit, México. Situación actual y perspectivas. *Revista Biociencias* 1 (4): 16-24.
- Kendirli, B. 2005. Structural análisis of greenhouses: A case study in Turkey, *Building Environment* 41(7): 864-871.
- Kumar, K.S., K.N. Tiwari, M.K Jha. 2009. Design and technology for greenhouse cooling in tropical and subtropical regions: A review. *Energy and Building* 41:1269-1275.
- Langhans, R. 1990. *Greenhouse management*. Halcyon Press of Ithaca. New York. 267 p.
- Linker, R., M. Kacira and A. Arbel. 2011. Robust climate control of a greenhouse equipped with variable-speed fans and a variable-pressure fogging system. *Byosystems engineering* 110:153-167.
- Marín, F. 2010 Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica. *FITTACORI*. San José Costa Rica 34 p.
- Minister of Industry of Canada. 2012. *Greenhouse, sod and nursery 2011 Agriculture Division. Crop Section*

- catalogue no 22-202-214. 32 p.
Disponible en: www.statcan.gc.ca.
- Miranda, F. 2014. Situación actual de la certificación de semillas en Venezuela. Compendio Jornadas de Investigación Facultad de Agronomía LUZ, Universidad del Zulia, Venezuela. p. 5-6.
- Montero, J., N. Castilla, E. Gutierrez de Ravé and F. Bretones. 1984. Climate under plastic in the almeria area. *Acta Horticulturae* 170: 227-234.
- Montero, J. and A. Anton. 2000. Buoyancy driven ventilation in tropical greenhouses. *Acta Horticulturae*. 534: 41-48.
- Ocampo, A., L. Hernández, D. Fernández, D. Fernández, R. Cervantes. 2014. Análisis estático de los esfuerzos y deformaciones de la estructura de un Invernadero tipo Ventila Cenital ubicado en Veracruz. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias* 23 (4): 10-16.
- Pérez, J. C. 2007. Should Almería (Spain) have to be worried, thinking that their tomato export is currently affected by international competition?. *Agricultural economics review* 8 (2):42-54.
- Sanchez-Guerrero, M., F. J. Alonso, P. Lorenzo y E. Medrano. 2010. Manejo del clima en el invernadero mediterráneo. IFAPA. España. Junta de Andalucía. 127 p.
- Sangpradit, K. 2014 . Study of the Solar Transmissivity of Plastic Cladding Materials and Influence of Dust and Dirt on Greenhouse Cultivations. *Energy Procedia* 56:566-573
- Scarascia-Mugnozza, G., C. Sica, G. Russo. 2011. Plastic materials in european agriculture: actual use and perspectives 3: 15-28.
- Sethi, V.P. and S. K. Sharma. 2007. Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 81: 1449-1457.
- Shilo, E., M Teitel, Y. Mahrer and M. Boulard. 2004. Air-flow patterns and heat fluxes in roof-ventilated multi-span greenhouse with insect proof screens. *Agricultural and forest meteorology* 122: 3-20.
- Sonneveld, C. and W. Voogt. 2009. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Springer, ISBN: 9048125316. 431 p.
- USDA. 2010. México: Greenhouse and Shade House Production to Continue Increasing. GAIN Report Number: MX0024. Disponible en: [http://gain.fas.usda.gov/Recent GAIN Publications/Greenhouse and Shade House. Production to Continue Increasing Mexico Mexico_4-22-2010](http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Greenhouse%20and%20Shade%20House%20Production%20to%20Continue%20Increasing%20Mexico%20Mexico_4-22-2010).
- Valles Riggio, G., J. Lugo, Z. Rodríguez y L. Díaz 2009. Efecto del sustrato y la distancia de siembra entre plantas sobre el crecimiento de plantas de pimentón (*C. annuum*) en un sistema hidropónico sin cobertura. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 26: 159-178.
- Willits, D. H. 2000. Constraints and limitations in greenhouse cooling: challenges for the next decade. *Acta Horticulturae* 534: 57-65.