



Respuesta productiva y de calidad de seis variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) a la fertilización orgánica en Guadalucazar, S.L.P.

Productive and quality response of six varieties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in Guadalucazar, S.L.P

García-Hernández, S. A., Marín-Sánchez, J., Romero-Méndez, M., Hernández-Pérez, C., López-Aguirre, S*.

Facultad de Agronomía y Veterinaria-Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Carretera San Luis Potosí, Matehuala. Ejido Palma de la Cruz. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P CP78321. Apartado postal 32.

Cite this paper/Como citar este artículo: García-Hernández, S. A., Marín-Sánchez, J., Romero-Méndez, M., Hernández-Pérez, C., López-Aguirre, S. (2020). Productive and quality response of six varieties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in Guadalucazar, S.L.P. *Revista Bio Ciencias* 7, e743. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e743>



ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate productive and quality response of six commercial varieties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in macrotunnels in the municipality of Guadalucazar, San Luis Potosí, Mexico. In this sense, an experiment was carried out in the period from June to November 2018. Bocashi-like fertilizer, supermagro fertilizer and sulfocalcium broth for pest control were elaborated. Evaluated bell pepper varieties were Revolution F1, Mysterio F1, Karisma F1, Anaconda, Green Noa 214 and Monarcha 30. The evaluated treatments were without fertilization and with organic fertilization, measured variables were the yield in t ha⁻¹ and the percentage of products with specific characteristics for the use of

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: May 25th 2018.

Accepted/Aceptado: January 14th 2020.

Available on line/Publicado: January 14th 2020.

*Corresponding Author:

López-Aguirre, S., Facultad de Agronomía y Veterinaria-Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Carretera San Luis Potosí, Matehuala. Ejido Palma de la Cruz. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P CP. 78321. Apartado postal 32. Phone: +52 (444) 826 1314. E-mail: samuel.lopez@uaslp.mx

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva y calidad de seis variedades comerciales de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) a la fertilización orgánica en el Municipio de Guadalucazar, San Luis Potosí, México. En macro túneles. Por lo cual se realizó un experimento en el periodo comprendido de los meses de junio a noviembre del 2018. Se elaboró abono tipo bocashi, fertilizante supermagro y caldo sulfocalcico para control de plagas. Las variedades de pimiento morrón evaluadas fueron Revolution F1, Mysterio F1, Karisma F1, Anaconda, Green Noa 214 y Monarcha 30. Los tratamientos evaluados fueron sin fertilizar y con fertilización orgánica; las variables medidas fueron rendimiento en t ha⁻¹ y porcentaje de productos con características específicas para el uso del distintivo México Calidad Suprema. El diseño estadístico se realizó en bloques al azar con submuestreo. Todas las variedades de pimiento morrón evaluadas mostraron rendimientos mayores y de mejor calidad cuando se les aplicó la fertilización orgánica. Revolution y Mysterio, fueron las

Mexico Supreme Quality label. A randomized complete block design was performed with sub-sampling. All evaluated bell pepper varieties showed higher yields and better quality when organic fertilization was applied. Revolution and Misterio were the commercial varieties that had the highest productive response (20.5 and 20.3 t ha⁻¹) and more than 85 % of the produced bell peppers met criteria to obtain Mexico Supreme Quality label. Therefore, it was concluded that organic production can be an ecological and profitable alternative for bell peppers production in the municipality of Guadalcázar, San Luis Potosí, México.

KEY WORDS

Organic Agriculture, Bocashi, *Capsicum annuum*.

Introduction

Mexico is megadiverse country considered as a center of origin and domestication of cultivations of agricultural and food importance, such as corn, bean, cotton, zucchini, prickly pear and chili pepper (Perales & Aguirre, 2008; Boege, 2008). The origin of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) dates back to 7000-5000 B.C., in the state of Tamaulipas, by remains found in caves of Ocampo de la Sierra, posteriorly between 6000-4000 B.C. in Coxcatlán in Tehuacán Valley, and between 600-1521 A.D. in Silvia and Guilá Naquitz in Oaxaca (Castellón, 2014). Its importance not only lies in the fact that Mexico is the center of origin, but as well for its production capacity and contribution to worldwide production, which increased in the last decades, contributing to 7 % of worldwide production from 2010 to 2018 (FAO, 2019), ranking Mexico as the main worldwide producer (SAGARPA, 2017), with San Luis Potosi taking up the fourth place of national pepper production (SAGARPA, 2012). In the municipality of Guadalcázar, San Luis Potosí, Mexico, current issues about soil salinity and degradation, decrease in soil microbiota, less volume and quality of bell pepper harvest, due to an excessive use of agrochemicals for pepper production, caused concern and forced the productive sector to look for alternatives to recover soil quality and improve production volumes and quality.

In this context, the present research work aimed to evaluate productive and quality response of six commercial varieties

variedad comercial que tuvieron la mayor respuesta productiva (20.5 y 20.3 t ha⁻¹), y más del 85 % de pimientos producidos cumplieron con los criterios para obtener el distintivo de México Calidad Suprema. Por lo que, se concluye que la producción orgánica puede ser una alternativa ecológica y rentable para la producción de pimientos en el municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí, México.

PALABRAS CLAVE

Agricultura orgánica, Bocashi, *Capsicum annuum*.

Introducción

México es un país megadiverso, se considera centro de origen y domesticación de cultivos de importancia agrícola y alimentario, como el maíz, frijol, algodón, calabaza, nopal, y chile (Perales & Aguirre, 2008; Boege, 2008). El origen del chile (*Capsicum annuum* L.) se remonta a los años 7000-5000 a.C., en el estado de Tamaulipas, por restos encontrados en las cuevas de Ocampo de la Sierra, posteriormente entre los años 6000-4000 a. C., en Coxcatlán en el Valle de Tehuacán, y entre los años 600-1521 d. C. en Silvia y Guilá Naquitz en Oaxaca (Castellón, 2014). Su importancia, no radica solamente en que México sea el centro de origen, también, por la capacidad de producción y aportación a la producción mundial, la cual, en las últimas décadas, ha incrementado, aportando del 2010 al 2018, más del 7 % de la producción mundial (FAO, 2019) lo que posiciona a México como principal exportador para el mundo (SAGARPA, 2017), ocupando San Luis Potosí el cuarto lugar de producción de chile a nivel nacional (SAGARPA, 2012). En el municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí, México., actualmente se presentan problemas de salinidad, empobrecimiento de los suelos, decremento en la microbiota del suelo, menor volumen y en calidad de la cosecha de pimiento, por efecto del excesivo uso de agroquímicos para la producción de pimiento, lo que ha causado preocupación y obliga a la búsqueda de alternativas para recuperar los suelos, mejorar el volumen y la calidad de su producción. Ante tal panorama, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva y de calidad a la fertilización orgánica de seis variedades comerciales de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en macro túnel, en el municipio de Guadalcázar San Luis Potosí, México.

of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in macrotunnels in the municipality of Guadalcázar, San Luis Potosí, Mexico.

Material and Methods

Location of study site

The experiment was performed from June to November 2018 in Rancho la Terquedad, km.121 San Luis Potosí – Matehuala road, located in the municipality of Guadalcázar, San Luis Potosí, Mexico. Its coordinates were: 100°45' West Longitude and 23°22' North Latitude, with an elevation of 1,630 masl, the type of main climate was BSokw"(e)g, dry temperate with warm summer, rains in summer, and the driest season was winter (García, 1973), annual average temperature was 17.4 °C, with a maximum of 45 °C in May and a minimum of 6 °C, annual average precipitation was of 840.6 mm, soil was loamy-type.

Vegetal material

The evaluated bell pepper genotypes were: Revolution F1 (definite habit), Misterio F1 (definite habit), Karisma F1 (definite habit) from Harris Moran trading house (Davis, California. EU), Anaconda (indefinite habit), from Enza Zaden trading house (Beheer B.V), Green Noa 214 (indefinite habit), Monarcha 30 (indefinite habit) from Syngenta trading house (Basilea, Suiza).

Seedling production

Seedling production was performed in June 2018, in Styrofoam trays with 200 cavities, using peat moss as a substrate to make the radicular development easy, sowing depth was 10 mm, once sown, the trays were placed in a macrotunnel used in a special way for seedling production.

Soil preparation, drip irrigation tape installation and transplant beds preparation

Previous cultivation works to macrotunnels and transplant establishment consist in a step of disk plow (Massey Ferguson, MF 3026 model, of 3 disks with 18" of diameter), two steps with harrow (bissonte B456 model, of 16 disks, with disks of 12" of diameter). Furrower was performed with two furrowers, 0.30 m width and 21 m long, distance between furrows of 0.35 m. For irrigation, a drip irrigation T-tape was installed (Rivulis Eurodrip, Israel) caliber 6 thousand, with a distance between emitter of 30 cm and emitter expense of 1 lph.

Material y Métodos

Localización del sitio de estudio

El experimento se llevó a cabo de junio a noviembre del 2018 en el Rancho la Terquedad, km.121 carretera San Luis Potosí - Matehuala, ubicado en el municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí, México. sus coordenadas son: 100° 45' longitud oeste y 23°22' latitud norte, con una altura de 1,630 masl, el tipo de clima predominante es BSokw"(e)g, seco templado con verano cálido, lluvias en verano, y la estación más seca es el invierno: (García, 1973), la temperatura media anual es de 17.4 °C, con una máxima de 45 °C en el mes de mayo y mínima de 6 °C la precipitación media anual es de 840.6 mm, el tipo de suelo es franco.

Material vegetal

Los genotipos de pimiento morrón evaluados fueron: Revolution F1 (hábito determinado), Misterio F1 (hábito determinado), Karisma F1 (hábito determinado) de la casa comercial Harris Moran (Davis, California. EU), Anaconda (hábito indeterminado), de la casa comercial Enza Zaden (Beheer B.V), Green Noa 214 (hábito indeterminado), Monarcha 30 (hábito determinado), de la casa comercial Syngenta (Basilea, Suiza).

Producción de la plántula

La producción de plántula se realizó el mes de junio de 2018, en charolas de unicec con 200 cavidades, usando como sustrato peat moss para facilitar el desarrollo radicular, la profundidad de siembra fue de 10 mm, una vez sembradas, las charolas se colocaron en un macro túnel utilizado de manera especial para la producción de plántula.

Preparación del terreno, instalación de la cinta de riego y preparación de las camas de trasplante

Las labores culturales previas al establecimiento de los macro túneles y trasplante, consistieron en un paso de arado de discos (massey ferguson, modelo MF 3026, de 3 discos con 18" de diámetro) y dos pasos con rastra (bissonte modelo B456, de 16 discos, con discos de 12" de diámetro). El surcado se realizó con dos borderos, ancho de surcos de 0.30 m y 21 m de largo, distancia entre surcos de 0.35 m. Para el riego se instaló cintilla de riego T-tape (Rivulis Eurodrip, Israel) calibre 6 mil, con una distancia entre emisores de 30 cm y gasto de emisor de 1 lph.

Macrotunnels establishment

For experiment development, six macrotunnels were established with an oval shape with 3 m high, 7 m width and 21 m long, oriented from north to south, where the access door was located on the south side, covered with white polycarbonate with caliber of 720 gauges, with 10 furrows by macrotunnel.

Bocashi production

Bocashi was produced in January 2018, in a shed with 2.5 m high, to avoid excess of humidity and to promote anaerobic fermentation, in a surface of 36 m² (6 m x 6 m), it was compacted and covered with a canvas, two lateral canals were done on each side to avoid humidity accumulation.

Bocashi preparation

Bocashi was produced according to the materials and procedure described by Restrepo (2009) (Table 1). Prior to preparation, the place was set up, placing a canvas with its respective posts for it to be at 3 m high, to protect compost from climatic factors: sun, wind, and rain, to avoid alterations in the fermentation process; regarding soil, it was compacted, once compacted, a black oilcloth was placed in order to avoid humidity accumulation which could originate from the soil, thus the compost being separated from the soil.

As a first layer, rice husk and corn stover were placed and spread out, with 10 cm width for both elements, the second layer consists in applying soil, extending it to get a layer of 10 cm width, posteriorly a layer of 10 cm width of cow manure was laid, as a fourth layer vegetables ashes (weeds) were placed; each layer was applied with its respective quantities (Table 1). Sugarcane molasses and yeast were previously diluted in 10 L of water; once diluted, 2 L of molasses and 750 mL of yeast were applied between layers; once ingredients were blended, they were turned over in order to obtain a homogenous mix, and humidity was checked by fist test until the mix got a clod shape without collapsing. When the mix was ready, bricks were placed all over the compost to avoid rain flooding or excess of humidity and it was turned over three times a week to control temperature of fermentation. Produced Bocashi had pH of 7.45 (1:2.5 ratio soil:water), electric conductivity of 4.80 ds/m; 16.50 % of organic matter, organic carbon

Establecimiento de los macro túneles

Para el desarrollo del experimento se establecieron seis macro túneles de forma ovalada con 3 m de alto, 7 m de ancho y 21 m de largo, orientados de norte a sur, donde la puerta de acceso estuvo ubicada del lado sur, cubiertos con polycarbonato blanco con calibre de 720 galgas, con 10 surcos por macro túnel.

Elaboración del bocashi

El bocashi se elaboró el mes de enero de 2018, en un cobertizo con altura de 2.5 m, para evitar humedad excesiva y promover la fermentación anaeróbica, en una superficie de 36 m² (6 m x 6 m) se compactó y se cubrió con una lona, se hicieron 2 canales laterales uno en cada lado, para evitar la acumulación de humedad.

Preparación del bocashi

El bocashi se elaboró de acuerdo a los materiales y el procedimiento descrito por Restrepo (2009) (Tabla 1). Previa a la preparación, se acondicionó el lugar, colocando una lona con sus respectivos postes quedando una altura de 3 m, para proteger la composta de los factores climáticos: sol, viento y lluvia, para evitar alteraciones en el proceso de fermentación, en lo que concierne al suelo se compacto. Una vez el suelo compactado, se colocó hule de color negro con la finalidad de evitar acumulación de humedad que pudieran originarse en el suelo, quedando de esta forma, separada la composta del suelo.

Como primera capa se colocó y a la vez se extendió: cascarilla de arroz y rastrojo de maíz, dejando un espesor con ambos elementos de 10 cm, la segunda capa consistió en aplicar suelo de manera que se extendió hasta quedar una capa de 10 cm, posteriormente se colocó la capa de 10 cm de estiércol de vaca, como cuarta capa se colocó las cenizas de vegetales (malezas) cada capa fue aplicada con sus respectivas cantidades (Tabla 1). La melaza y levadura previamente se diluyeron en 10 L de agua, una vez diluidas, se aplicaron 2 L de melaza y 750 mL de levadura entre capas, una vez terminada la mezcla de los ingredientes, se realizaron volteos con la finalidad de obtener una mezcla homogénea, y se estuvo revisando la humedad por prueba del puño hasta que la mezcla obtuviera la forma de terrón, sin que se desmoronara el mismo. Cuando la mezcla estuvo lista, se colocaron ladrillos alrededor de la composta para evitar encharcamientos por lluvia o excesos de humedad y tres veces por semana se realizaban volteos para controlar la temperatura de fermentación. El bocashi producido tuvo

Table 1.
Materials used for Bocashi preparation.

Tabla 1.
Materiales usados para la preparación del bocashi.

| Material | Quantity |
|--|----------|
| Fresh cow manure | 300 kg |
| Corn stover | 200 kg |
| Rice husk | 50 kg |
| Vegetables ash | 50 kg |
| Bread yeast (<i>Sacharomices cervicidae</i>) | 1.0 kg |
| Sugarcane molasses | 8 L |
| Soil | 100 kg |

9.15 %, nitrogen 0.70 %, 1.307 % of P_2O_5 -Olsen; 0.09 % of K_2O ; 18623 ppm of available Ca^{+} ; Mg 2254 ppm, Cu 25,80 ppm; Fe 3133 ppm; Zn 178 ppm; Mn 247 ppm; Na 2028 ppm; nitrate (NO_2) 1187 $\mu g/mL$; ammonium (NH_4) 136 $\mu g/mL$.

Transplant

Transplant was performed 40 days after emergence, at the time of the transplant seedlings had substrate root ball completely covered by root, 7.0 cm high, 4 mm of stem diameter and four to six true leaves. Distance between plants was of 30 cm with a single row.

Bocashi application

Bocashi application was manual, in the first vegetative stages (seedling, vegetative growth, flowering, fructification), 100 g $plant^{-1}$ were applied during the growth stage (4 days after transplanting), 500 g $plant^{-1}$ were posteriorly applied until the flowering stage (21 days after transplanting) and 4.5 kg $plant^{-1}$ every third day for fruit mooring and fructification (40 days after transplanting) (Restrepo, 2009).

Biofertilizer

Employed biofertilizer was simple supermagro, which was prepared according to the methodology described by Restrepo (2009) (Table 2). In a 200 L plastic barrel, 100 L of water were added, posteriorly fresh cow manure, weed ashes, sugarcane molasses

pH de 7.45 (relación 1:2.5 suelo:agua), conductividad eléctrica de 4.80 ds/m; 16.50 % de materia orgánica, carbono orgánico 9.15 %, nitrógeno 0.70 %, 1.307 % de P_2O_5 -Olsen; 0.09 % de K_2O ; 18623 ppm de Ca^{+} disponible, Mg 2254 ppm, Cu 25,80 ppm; Fe 3133 ppm; Zn 178 ppm; Mn 247 ppm; Na 2028 ppm; nitrato (NO_2) 1187 $\mu g/mL$; amonio (NH_4) 136 $\mu g/mL$.

Trasplante

El trasplante se realizó a los 40 días después de la emergencia, las plántulas al momento del trasplante tenían el cepellón del sustrato completamente cubierto por la raíz, 7.0 cm de altura, 4 mm de diámetro del tallo, y de cuatro a seis hojas verdaderas. La distancia entre plantas fue de 30 cm a una sola hilera.

Aplicación de bocashi

La aplicación de bocashi fue manual, en las primeras etapas vegetativas (plántula, crecimiento vegetativo, floración, fructificación), se aplicó 100 g $planta^{-1}$ en la etapa de crecimiento (4 días después del trasplante), posteriormente hasta la etapa de floración (21 días después del trasplante) se aplicaron 500 g $planta^{-1}$ para el amarre y fructificación (40 días después del trasplante), se aplicó 4.5 kg $planta^{-1}$ cada tercer día (Restrepo, 2009).

Biofertilizante

El biofertilizante empleado fue supermagro sencillo, el cual se preparó de acuerdo a la metodología descrita por Restrepo (2009) (Tabla 2). En un tambor de

Table 2.
Materials used for simple supermagro preparation.

Tabla 2.
Materiales empleados para la elaboración del supermagro sencillo.

| Material | Quantity |
|--|----------|
| Fresh cow manure | 50 kg |
| Cow milk | 4 L |
| Sugarcane Molasses | 9 L |
| Ash | 3 kg |
| Water | 180 L |
| Bread yeast (<i>Sacharomices cervicidae</i>) | 200 g |

were consecutively added, then bread yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) dissolved in warm water together with cow milk, shaking until obtaining an homogenous mix. Finally, water was added until completing 180 L of the preparation. A lid with clasp was placed on the barrel to close it hermetically, in which a nipple under pressure was placed with a plastic transparent hose close to it, a bottle of water was placed at the other end of the hose as a gas trap system or a water seal to release gas accumulated in the barrels. Fermentation time was one month.

Biofertilizer application

For biofertilizer application, a 20 L manual backpack was used with download of 630 mL per minute at 3 bars of pressure. Biofertilizer dose used at 8 days after transplanting was of 2 L diluted in 20 L of water and during flowering stage (21 days after transplanting) of 10 L diluted in 100 L of water to reach fruit mooring, the same dose was maintained during the harvest stage.

Control of pests and diseases

For pests control, leaves of bell peppers were previously monitored (upper and lower face) per experimental unit to detect their presence. Pests which were identified were: potato psyllid (*Paratrioza cockerelli sulc*), silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*), pepper weevil (*Anthonomus eugenii*). For its control, sulfocalcic broth was elaborated according to the methodology reported by Restrepo (2009) (Table 3) and it was applied with its respective doses (Table 4), by means of a 20 L

plástico con capacidad para 200 L, se agregaron 100 L de agua, posteriormente se fue agregando consecutivamente el estiércol fresco, ceniza de malezas, melaza, levadura para pan (*Saccharomyces cerevisiae*), disuelta en agua tibia, en conjunto con leche de vaca, agitando hasta obtener una mezcla homogénea, por último, se adicionó agua, hasta completar 180 L del preparado. Al tambor se le colocó una tapa con broche para cerrar de manera hermética, en la cual, se le colocó un niple a presión con una manguera de plástico transparente acoplada a él, del otro extremo de la manguera, se colocó una botella con agua como sistema atrapa gases o sello de agua para liberar los gases acumulados en los tambors. El tiempo de fermentación fue de un mes.

Aplicación

Para la aplicación del biofertilizante se usó una mochila manual de 20 L, con descarga de 630 mL por minuto a 3 bares de presión. La dosis empleada del biofertilizante a los 8 días después del trasplante fue de 2 L diluidos en 20 L de agua, en la etapa de floración (21 días después del trasplante) para lograr el amarre de los frutos fueron de 10 L diluidos en 100 L de agua, en la etapa de cosecha se mantuvo la misma dosis.

Control de plagas y Enfermedades

Para el control de plagas previamente se monitorearon las hojas de los pimientos (haz y envés) por unidad experimental para detectar su presencia. Las plagas que se presentaron fueron: pulgón saltador (*Paratrioza cockerelli sulc*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), picudo (*Anthonomus eugenii*). Para su control se elaboró caldo sulfocalcico con la metodología reportada por Restrepo (2009) (Tabla 3) y se aplicó con sus respectivas dosis (Tabla 4), a través de mochila de aspersión con capacidad de 20

Table 3.
Materials and quantities used for sulfocalcic broth preparation.

Tabla 3.
Materiales y cantidades usados para la elaboración de caldo sulfocalcico.

| Material | Quantity |
|----------|----------|
| Water | 100 L |
| Sulfur | 20 kg |
| Lime | 10 kg |

Table 4.
Dosage for control of pests and diseases with sulfocalcic broth.

Tabla 4.
Dosis para el control de plagas y enfermedades con caldo sulfocalcico.

| Pest | Dosage (L/ L of water) |
|-----------------------------------|---------------------------|
| <i>Paratryopa cockerelli sulc</i> | 1.5 |
| <i>Bemisia tabaci</i> | 1.5 |
| <i>Anthonomus eugenii</i> | 2.5 |

sprinkling backpack. Materials used were allowed by NOM-037-FITO-1995 standard for organic production.

L. Los materiales empleados son permitidos por la NOM-037-FITO-1995 para producción orgánica.

Harvest

Cuts for bell pepper cultivation were performed when fruits presented harvest indexes characteristic of the cultivation, such as: color, formation of the four locules and firm and solid texture, obtained yields were estimated in tons per hectare.

Estimation of harvest quality

Twenty fruits per variety were randomly sampled

Cosecha

Los cortes para el cultivo de pimiento morrón se realizaron cuando los frutos presentaron los índices de cosecha característicos del cultivo, como son: coloración, formación de los cuatro lóculos y textura firme y consistente, los rendimientos obtenidos se estimaron a toneladas por hectárea.

Estimación de la calidad de la cosecha

Se tomaron al azar 20 frutos por variedad en cada corte a los cuales se les midió el diámetro tomado

for each cut and were measured for their diameter, taken in straight angle to the longitudinal axe, for their length, taken in a line parallel to the longitudinal axe from the base of the peduncle, and the percentage of bell peppers fulfilling sensorial specifications according to PC-022-2005 was determined, conditions for the use of Mexico Supreme Quality label in bell peppers (SAGARPA, 2018) according to the following criteria: a) entire and well developed, minimum length and width of 65 mm; b) fresh and healthy aspect; c) firm consistency; d) sweet flavor, with no degree of pungency nor burning aftertaste; e) well-formed and color according to the variety; f) clean: practically free of any strange visible material such as soil, excessive humidity, etc.; g) free of rotting or damage; h) free of imperfections of meteorological origin (hail, sun burn, damage by cold), mechanical, entomological (insects) or genetic-physiological origin; i) free of any strange smell and/or flavor.

Treatment distribution, experimental design and statistical analysis

Each macrotunnel was divided into 2 sections in lengthwise as follows: 1 meter with no use at the entrance of the macrotunnel, 9 meters for the establishment of the crop (section 1), 1 meter with no use at the center of the macrotunnel as a separation between sections, 9 meters for the establishment of the crop (section 2) and 1 meter with no use at the end of the macrotunnel. In the sections of the macrotunnels, furrows were divided to have three blocks per section, alternating two furrows with crop and two furrows without crop. Varieties and treatment (organic fertilization and without fertilization) were randomly allocated to each macrotunnel and each section.

Assessed variables were yield and percentage of bell peppers fulfilling requirements for Mexico Supreme Quality label, the experimental design used was in subdivided plots (97 degrees of freedom), with 6 varieties (factor A, 5 df), 2 treatments (organic fertilization and without fertilization as factor B, 1 df), 7 periods of cut (factor C, 6 df), and 3 blocks (2 df). The analysis of variance was performed according to the procedure for General Linear Model (GLM) of SAS Statistical Analysis Software (2008), the interaction between factors block*variety (10 df), between variety*fertilizer (5 df), between block*fertilizer (2 df), between variety*cut (30 df),

en ángulo recto al eje longitudinal, la longitud, tomada en línea paralela al eje longitudinal desde la base del pedúnculo, y se determinó el porcentaje de pimientos que cumplieran con especificaciones sensoriales de acuerdo al PC-022-2005, pliego de condiciones para el uso del distintivo México, Calidad Suprema en pimiento morrón (SAGARPA, 2018) de acuerdo a los siguientes criterios: a) enteros y bien desarrollados, largo y ancho mínimos de 65 mm; b) de aspecto fresco y sano; c) de consistencia firme; d) de sabor dulce, sin ningún grado de pungencia o picor, e) bien formados y color de acuerdo a la variedad; f) limpios; prácticamente exentos de cualquier material extraño visible como tierra, humedad excesiva, etc.; g) exentos de pudriciones o deterioro; h) libres de defectos de origen meteorológico (granizo, quemaduras de sol, daño por frío), mecánico, entomológico (insectos), genético-fisiológico; i) exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.

Distribución de tratamiento, diseño experimental y análisis estadístico

Cada macro túnel se dividió en 2 secciones a lo largo de la siguiente manera: 1 m sin utilizar a la entrada del macro túnel, 9 m para el establecimiento del cultivo, (sección 1) un metro sin usar al centro del macro túnel como separación de secciones, 9 m para establecimiento del cultivo (sección 2) y 1 m sin usar al término del macro túnel, en las secciones de los macro túneles, los surcos se dividieron para tener tres bloques por sección, alternando dos surcos con cultivo y dos surcos sin cultivo. Las variedades y el tratamiento (fertilización orgánica y sin fertilizar), fueron asignadas aleatoriamente a cada macro túnel y a cada sección.

Las variables evaluadas fueron el rendimiento y el porcentaje de pimientos que cumplieran los requerimientos para el distintivo México Calidad Suprema, el diseño experimental utilizado fue en parcelas subdivididas (97 grados de libertad), con 6 variedades (factor A, 5 df), 2 tratamientos (fertilización orgánica y sin fertilizar como factor B, 1 df), siete periodos de corte (factor C, 6 df), y 3 bloques (2 df). El análisis de varianza se realizó con el procedimiento para modelos lineales generales del programa SAS (2008) se consideró la interacción entre factores bloque*variedad (10 df), variedad*fertilizante (5 df), bloque*fertilizante (2 df), variedad*corte (30 df), fertilizante*corte (6 df) variedad*fertilizante*corte (30 df), la prueba de comparación de

between fertilizer*cut (6 df), between variety *fertilizer*cut (30 df) were considered, comparison of means test was performed by means of Tukey test (SAS, 2008) with a level of significance of 0.05. No treatment with chemical fertilization was included, since the municipality is willing to switch a traditional system for an organic production.

Results and Discussion

The analysis of variance showed significant differences ($p \leq 0.01$) among varieties, type of fertilizers and interaction variety*fertilizer, with the comparison of means test, the highest yields per type of fertilizer were obtained with organic fertilization; regarding varieties, Revolution and Mysterio were the varieties with the highest yield, followed by Karisma and Monarcha, variety Green Noa and variety Anaconda were the less productive, the interaction between variety*fertilizer (Inter V*F) indicated that the yield was higher with varieties Revolution and Mysterio with organic fertilization (Table 5).

Regarding the percentage of bell peppers fulfilling criteria to obtain Mexico Supreme Quality label (Table 6), as well, the highest percentages were obtained with organic fertilization, compared with those that were not fertilized. Regarding varieties, Karisma obtained the highest percentage of bell peppers that fulfilled criteria, followed by Revolution, Monarcha and Mysterio, the varieties Green Noah and Anaconda were those with the lowest percentage of products with requisite characteristics ($p \leq 0.05$).

In the review of the literature, no similar works were found in the region, maybe for its productive potential, being this work the first showing the advantages of the implementation of systems of organic production of bell peppers in the region. As expected, both the yield and the percentage of bell peppers with characteristics to be considered as Mexico Supreme Quality were higher with the application of organic fertilization. Bissala *et al.* (2006) mentioned that the correct way to assess the use of composts is comparing their effect on growth and production of crops to a control. In this experiment, Bocashi application was found to increase the production volume of more than 100 % in all the assessed varieties and to be over the average yield of the zone (11 t ha^{-1}), compared with the control treatment. This increase in production was similar to the results of Boudet *et al.*

medias se realizó por prueba de tukey, (SAS, 2008) con un nivel de significancia de 0.05. No se incluyó tratamiento con fertilización química, ya que el rancho busca cambiar de sistema tradicional a producción orgánica.

Resultados y Discusión

El análisis de la varianza mostró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) entre variedades, tipo de fertilizante e interacción variedad*fertilizante; con la prueba de comparación de medias, se determinó que los mayores rendimientos por tipo de fertilizante se obtuvieron con fertilización orgánica, en cuanto a las variedades, Revolution y Mysterio, fue la variedad que tuvo el mayor rendimiento, seguido de Karisma y Monarcha, la variedad Green Noa y la variedad Anaconda, fueron las menos productivas, la interacción variedad*fertilizante (Inter V*F), el rendimiento fue mayor con las variedades Revolution y Mysterio con fertilización orgánica (Tabla 5).

En cuanto al porcentaje de pimientos que cumplían con los criterios para obtener el distintivo de México Calidad Suprema (Tabla 6), de igual forma, con fertilización orgánica se obtuvieron los porcentajes más altos, comparado con los que no se fertilizaron, en cuanto a las variedades, Karisma obtuvo el mayor porcentaje de pimientos que cumplían con los criterios, seguido de Revolution, Monarcha y Mysterio, las variedades Green Noah y Anaconda, fueron las variedades con los menores porcentajes de producto con las características deseables ($p \leq 0.05$).

En la revisión de literatura, no se encontraron trabajos similares en la región, quizás por el potencial productivo que se tiene, siendo este trabajo una primicia que muestra las ventajas de la implementación de sistemas de producción orgánica de pimiento en la región. Como se esperaba, tanto el rendimiento como el porcentaje de pimientos con las características para ser considerados como México Calidad Suprema, fueron mayores con la aplicación de la fertilización orgánica; Bissala *et al.* (2006), mencionan que la forma de evaluar el uso de compostas, es comparando su efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos contra un testigo, en este experimento, se encontró que la aplicación de bocashi aumentó en más del 100 % el volumen de producción en todas las variedades evaluadas y superó el rendimiento promedio de la zona (11 t ha^{-1}), comparadas con el tratamiento testigo, este incremento en la producción es similar a los resultados de

Table 5.
Yield per cut and total in t ha⁻¹, of six commercial varieties of bell pepper grown with organic fertilization and without fertilization in the municipality of Guadalcázar, S.L.P. Mexico.

Tabla 5.
Rendimiento por corte y total en t ha⁻¹, de seis variedades comerciales de Pimiento morrón cultivado con fertilización orgánica y sin fertilización en el municipio de Guadalcázar, S.L.P. México.

| Fertilization | Variety | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Karisma ^b | | Revolution ^a | | Monarcha ^b | | Mysterio ^a | | Green N ^c | | Anaconda ^d | |
| | OF ^a | WF ^b | OF ^a | WF ^b | OF ^a | WF ^b | OF ^a | WF ^b | OF ^a | WF ^b | OF ^a | WF ^b |
| Cut | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6.1 | 2.2 | 5.7 | 1.4 | 5.6 | 1.9 | 5.5 | 2.1 | 4.9 | 1.9 | 3.6 | 1.1 |
| 2 | 2.7 | 1.4 | 3.6 | 1.5 | 3.4 | 1.5 | 3.6 | 1.9 | 3.4 | 1.1 | 3.0 | 1.2 |
| 3 | 2.3 | 1.3 | 2.9 | 1.2 | 2.3 | 1.3 | 3.0 | 1.2 | 2.5 | 1.1 | 2.4 | 1.2 |
| 4 | 2.3 | 1.3 | 2.5 | 1.2 | 2.1 | 1.3 | 2.1 | 1.2 | 2.3 | 1.0 | 2.2 | 1.1 |
| 5 | 2.1 | 1.2 | 2.4 | 1.1 | 2.1 | 1.2 | 2.1 | 1.1 | 2.2 | 1.2 | 2.1 | 1.0 |
| 6 | 2.0 | 1.2 | 1.9 | 1.1 | 2.0 | 1.1 | 2.0 | 1.1 | 2.0 | 1.3 | 1.9 | 0.5 |
| 7 | 1.7 | 0.9 | 1.5 | 0.5 | 1.3 | 0.6 | 2.0 | 0.8 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 0.3 |
| Total | 19.2 | 9.5 | 20.5 | 8.0 | 18.8 | 8.9 | 20.3 | 9.4 | 19.1 | 7.8 | 17.0 | 6.4 |
| Inter V*F | b | d | a | f | b | e | a | d | b | g | c | h |
| SEM | 0.8 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 0.2 |

OF: organic fertilization, WF: without fertilizer, SEM, standard error of means; ^{a,b} Means with different superscripts among columns within a row are significantly different ($p \leq 0.05$).

OF: fertilización orgánica, WF: sin fertilizar, SEM: error estándar de la media. ^{a,b} Literales diferentes en columna, indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

Table 6.
Percentage of bell peppers classified as Mexico Supreme Quality, of the total production of six commercial varieties of bell pepper grown with organic fertilization and without fertilization in the municipality of Guadalcázar, S.L.P. Mexico.

Tabla 6.
Porcentaje de pimientos clasificados como México Calidad Suprema, de la producción total de seis variedades comerciales de Pimiento morrón cultivado con fertilización orgánica y sin fertilización en el municipio de Guadalcázar, S.L.P. México.

| Variety | OF ^a | WF ^b | SEM |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----|
| Karisma ^a | 92 | 35 | 1.5 |
| Revolution ^b | 86 | 28 | 2.5 |
| Monarcha ^b | 85 | 27 | 3.0 |
| Mysterio ^b | 88 | 33 | 2.0 |
| Green Noah ^c | 79 | 23 | 3.5 |
| Anaconda ^c | 75 | 21 | 4.0 |

OF: organic fertilization, WF: without fertilizer, SEM, standard error of means; ^{a,b} Means with different superscripts among columns or among rows are significantly different ($p \leq 0.05$).

OF: fertilización orgánica, WF: sin fertilizar, SEM: error estándar de la media. ^{a,b} Literales diferentes en columna, indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

(2015), who reached increases between 95 and 100 % in the production volume of bell pepper variety California Wonder with Bocashi type organic fertilization, but higher to those reported by Jamir *et al.* (2017), who found that using organic fertilization mixed with chemical fertilizers in a proportion of 50-50 % resulted in an increase of 58 % in the production of bell pepper compared with chemical fertilization. The increase of the production when using organic fertilization was consistent, probably due to the contribution of nutrients, in addition to humidity retention enlarged by organic fertilizers and to improved soil biological activity, increasing fertility and thus productivity (Ormeño & Ovalle, 2007). When compared with chemical fertilizers, the capacity of organic fertilizers as a source of nutrients is low (Álvarez-Solís *et al.*, 2010), but its effect is extended, they avoid plants burns (FAO, 2012), promote the growth of beneficial microorganisms, which control the growth of pathogenic microorganisms by effect of competition for space and energy, generate a micro-environment of biologically favorable pH (6.5 to 7.0) for radicular absorption (Agüero *et al.*, 2014) and for its low cost, they allow reaching a long-term sustainability (FAO, 2002).

Conclusion

Organic fertilization influences fruit yield and quality, Revolution and Mysterio were the commercial varieties which had the higher productive response (20.5 and 20.3 t ha⁻¹), and more than 85 % of produced bell peppers fulfilled criteria to obtain Mexico Supreme Quality label. Therefore, its production system with the described varieties may be a profitable and sustainable option for bell pepper production in the municipality of Guadalupe, San Luis Potosí, México.

References

- Agüero, R. D. & Terry A. E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 8 (35): 52-59. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Álvarez-Solís J.D., Gómez-Velasco A., León-Martínez D., Samuel F.N and Gutiérrez-Miceli, A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo del maíz. *Agrociencia* 44: 575-586. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000500007&script=sci_arttext
- Bissala Y.Y. & Payne W. (2006). Effect of the pit floor material on compost quality in Semiarid West Africa. *Soil Science Society of America Journal*. 70: 1140-1444. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0265N>

Boudet *et al.* (2015), quienes alcanzaron aumentos de entre 95 y 100 % en el volumen de producción de pimiento morrón variedad California Wonder con abono orgánico tipo bocashi, pero, mayores a los reportados por Jamir *et al.* (2017), quienes encontraron que usando fertilización orgánica mezclada en proporción 50-50 % con fertilizantes químicos se alcanza un incremento de 58 % en la producción de pimiento comparado con fertilización química. El aumento de la producción cuando se usa fertilización orgánica es consistente, esto puede deberse a que además del aporte de nutrientes, los fertilizantes orgánicos incrementan la retención de humedad y se mejora la actividad biológica del suelo, aumentando la fertilidad y por ende la productividad (Ormeño & Ovalle, 2007), si se compara con fertilizantes químicos, su capacidad como fuente de nutrientes es baja (Álvarez-Solís *et al.*, 2010), pero su efecto es prolongado, evita las quemaduras de las plantas (FAO, 2012), promueve el crecimiento de microorganismos benéficos, los cuales controlan el crecimiento de microorganismos patógenos por efecto de competencia por espacio y energía, genera un micro ambiente de pH biológicamente favorable (6.5 a 7.0) para la absorción radicular (Agüero *et al.*, 2014) y por su bajo costo, permite alcanzar una sostenibilidad a largo plazo (FAO, 2012).

Conclusión

La fertilización orgánica influyó sobre el rendimiento y calidad del fruto, Revolution y Mysterio, fueron las variedades comerciales que tuvieron la mayor respuesta productiva (20.5 y 20.3 t ha⁻¹), y más del 85 % de pimientos producidos, cumplieron con los criterios para obtener el distintivo de México Calidad Suprema. Por lo que este sistema de producción con las variedades descritas puede ser una opción rentable y sostenible para la producción de pimiento morrón en el municipio de Guadalupe, San Luis Potosí, México.

- Boege S.E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Ciudad de México, México. 293 p. http://idegeo.centrogeo.org.mx/uploaded/documents/El_patrimonio_biocultural-Eckart_Boege.pdf
- Boudet, A.A., Chinchilla, C.V.E., Boicet F.T and González G.G. (2015). Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) var. California Wonder. *Centro Agrícola*, 42 (4): 5-9 http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_4/cag01415.pdf
- Castellón-Martínez E., Carillo-Rodríguez J.C., Chavez-Servia J.L. and Vera-Guzmán A.M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum L.*) nativo de Oaxaca, México. *Phyton, Revista Internacional de Botánica* 83: 225-236. https://www.researchgate.net/publication/270452089_Variacion_fenotipica_de_morfotipos_de_chile_Capsicum_annuum_L_nativo_de_Oaxaca_Mexico
- FAO (Food and agriculture organization). (2012). Abono bocashi para mejorar la resistencia de cultivos ante heladas en Bolivia. [Last Checked March 20th 2019].
- FAO (Food and agriculture organization) (2019), Statistics Division. <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. [Last Checked April 15 2019].
- García E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial U.N.A.M, segunda edición México D.F. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Jamir, T., Bahadur R.V., Prasad V.M. and Lyngdoh C. (2017). Effect of organic manures and chemical fertilizers on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum L.*) hybrid indam bharath in shade net condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8):1010-1019. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.125>
- Ormeño, M.A. & Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *INIA Divulga, Ciencia y producción vegetal* 10:29-35. https://www.researchgate.net/publication/273321490_Preparacion_y_aplicacion_de_abonos_organicos
- Perales H. R. & Aguirre J.R. (2008). Biodiversidad humanizada, en capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, 565-603 p. https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/118_Biodivhum.pdf
- Restrepo J. (2009). Las mazorcas de maíz eran tan largas, Preparados básicos en Agricultura Organica. El ABC de la Agricultura Orgánica. Yanhuitlán, Oaxaca.
- SAS (Statistical Analysis System). (2008). Statistics Software. Release 9.1.3, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2012). Sistema de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/ [Lasd Checked January 03rd 2019].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf. [Lasd Checked March 18th 2019].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). (2018). PC-022-2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en pimiento morrón. <https://docplayer.es/19653142-Pc-022-2005-pliego-de-condiciones-para-el-uso-de-la-marca-oficial-mexico-calidad-suprema-en-pimiento-morrón.html>