

Evaluación de sustratos y el efecto de algas marinas en el desarrollo y rendimiento de *Capsicum annuum* (Solanaceae)

Evaluation of substrates and the effect of marine algae on the development and yield of *Capsicum annuum* (Solanaceae)

María Luisa García Sahagún[✉], Luis Eduardo Durán Meza, Ricardo Ulises Cárdenas Rodríguez, Alicia De Luna Vega, Eduardo Rodríguez Díaz y Juan Pedro Corona Salazar

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez No. 2100, La Venta del Astillero, 45221, Zapopan, Jalisco, México.

✉ mgarcia@cucba.udg.mx

Citar

Resumen

Con el propósito de evaluar el efecto de mezclas de sustratos (mineral y orgánica) y algas marinas en el desarrollo y el rendimiento de “chile pimiento” (*Capsicum annuum* L.), se llevó a cabo un experimento que se estableció bajo invernadero, en las instalaciones del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias durante el periodo 2014-2015. Se utilizaron como tratamientos doce mezclas de sustratos en diversos porcentajes que incluyeron Tezontle : Estopa de coco; Arena : Vermicomposta; Composta Bocashi : Suelo : Jal, en los que fueron evaluadas un total de 120 plantas de “pimiento naranja”, variedad “orange victory” de la empresa Enza Zaden. A 60 plantas se les aplicaron algas marinas en “drench” al sustrato, siguiendo las recomendaciones del producto comercial *Alga 600*; además de los testigos. Las algas se aplicaron en el trasplante y cada 15 días durante seis ocasiones. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones; se elaboró un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.01$) mediante el paquete estadístico NCSS. Las variables evaluadas fueron: longitud y grosor de tallo, nú-

mero de hojas y rendimiento. Los valores más altos para la longitud y grosor de tallo, y número de hojas se obtuvieron en la quinta fecha de evaluación (febrero de 2015) y la sexta (marzo de 2015). Los tratamientos que generaron mayor longitud de tallo, número de hojas y rendimiento fueron 70 % Vermicomposta 30 % Arena y 70 % Bocashi 20 % Suelo 10 % Jal. El mayor rendimiento se presentó en los tratamientos de 50 % Arena 50 % Vermicomposta y 50 % Tezontle 50 % Estopa. En el caso del grosor de tallo, el tratamiento que generó valores más altos fue la mezcla de 50 % Bocashi 40 % Suelo 10 % Jal. La aplicación de algas marinas no tuvo efecto en la longitud de tallo, grosor de tallo número de hojas y rendimiento en las plantas de pimiento.

Palabras clave: Sustratos, tezontle, vermicomposta, bocashi, algas, rendimiento.

Abstract

With the objective of evaluating the effect of substrate mixtures (mineral and organic) and marine algae on the development and yields of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) an experiment was conducted under greenhouse conditions at the Centro Universitario

de Ciencias Biológicas y Agropecuarias in 2014-2015. The 12 treatments used consisted of substrate mixtures with different percentages of the following substances: tezontle : coconut coir; sand : vermicompost; bokashi compost : soil:jal. A total of 120 “Orange Victory” plants supplied by the Enza Zaden Company were evaluated: 60 received an application of marine algae by “drench” following the recommendations of the commercial product *Alga 600*; as well as the witnesses. Algae were applied during transplanting and then every 15 days up to a total of 6 occasions. Treatments were distributed in a completely random design with 5 repetitions. An analysis of variance was conducted with comparisons of means using a Tukey test ($p \leq 0.01$), all with the NCSS statistical package. The variables evaluated were: stem length and thickness, number of leaves,

and yields. The highest values for stem length and thickness, and number of leaves were obtained on the 5th (February 2015) and 6th (March 2015) evaluation dates. The treatments that generated the greatest stem length and the highest number of leaves and yields were 70% vermicompost/30% sand/70% bokashi 20% soil 10% jal. The highest yield was produced by the treatments with 50% sand 50% vermicompost and 50% tezontle 50% coir. For stem thickness, the treatment that generated the highest values was the mixture of 50% bokashi 40% soil 10% jal. The application of marine algae had no effect on the stem length, stem thickness, number of leaves, or yields of these pepper plants.

Key words: substrates, tezontle, vermicompost, bokashi, algae, yield.

Introducción

El cambio climático que se asocia al calentamiento global, ha ocasionado la perturbación de los ciclos naturales de las principales variables climáticas, lo que afecta de manera negativa en la producción de hortalizas, por lo que una opción a esta problemática lo constituyen la siembra y el cultivo en condiciones protegidas con sistemas hidropónicos en diferentes sustratos (Mata *et al.* 2010).

Reportes de SAGARPA (2012) señalan que en México existen alrededor de 20 000/ha con agricultura protegida, de las cuales alrededor de 12 000 ha son de invernadero y el resto de malla sombra y macrotúnel. Los principales cultivos que se producen mediante esta técnica son “tomate” (70 %), “pimiento” (16 %) y “pepino” (10 %). La exportación de chile pimiento es una

Introduction

Climate change associated with global warming has caused perturbations in the natural cycles of the principle weather variables with negative effects on fruit and vegetable production. One option for dealing with this problem is to seed and cultivate plants under protected conditions using hydroponic systems in different substrates (Mata *et al.* 2010).

Reports by SAGARPA (2012) indicate that Mexico has around 20,000 hectares (49,420 acres) of protected agriculture, of which some 12,000 (29,650 acres) are in greenhouses and the rest under shade cloth or in macro-tunnels. The principle cultivars produced with such techniques are tomatoes (70%), peppers (16%) and cucumbers (10%). The exportation of bell peppers is an important economic activity in

actividad de importancia económica en México. Durante 2014 se generaron 745 millones de dólares por el comercio exterior (INEGI 2014). Lo anterior dio lugar a un incremento en la demanda de sustratos, porque proporcionan un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces (aportar agua, aire y nutrientes), construir una base adecuada para el anclaje y soporte a la raíz (Abad & Noguera 2000). La finalidad de los sustratos es producir planta y cosecha de calidad, en corto tiempo y bajos costos, sin provocar un impacto ambiental grave (Abad *et al.* 2005).

La elección del material como sustrato según Abad & Noguera (2000), se basa en:

- a) Suministro y homogeneidad (los cambios en la calidad del sustrato pueden ocasionar pérdidas graves en la producción),
- b) Costo (parámetro significativo que nos permite reducir riesgos),
- c) Finalidad de la producción (de ello dependerá el manejo y la calidad del producto),
- d) Propiedades (determinan el manejo del cultivo),
- e) Impacto ambiental (Nivel de contaminación del sustrato) y
- f) Ausencia de sustancias tóxicas para el cultivo (Abad & Noguera 2000).

Los sustratos deben ser caracterizados y clasificados para su manejo, al igual que los suelos. En el suelo la caracterización química es primordial y se le asigna una menor importancia a sus propiedades físicas. En el caso de los sustratos, la caracterización física es fundamental (Verdonck & Demeyer 2004) y la caracterización química es menos relevante, porque a través de la solución nutritiva se añaden los nutrientes, aunque del conocimiento de las propiedades físicas y químicas dependerá el riego y la fertilización (Burés 1998).

Las propiedades que caracterizan a un buen sustrato se relacionan con su capacidad para propiciar la germinación, el enraizamiento y el desarrollo de las plantas. Las propiedades físicas consideran una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas adecuado para que mantenga las condiciones anteriores, baja densidad aparente,

Mexico that, in 2014, generated \$745 million USD in foreign trade (INEGI 2014). This production triggered an increase in the demand for substrates that provide ideal environments for root growth by supplying water, air and nutrients, while also establishing a suitable base to anchor and support them (Abad & Noguera 2000). The goal of using substrates is to produce high-quality plants and harvests in shorter times and at lower costs without causing any severe environmental impact (Abad *et al.* 2005).

Abad & Noguera (2000) suggest that the choice of substrate materials is based on:

- a) Supplies and homogeneity (variations in substrate quality can result in serious production losses);
- b) Cost (a significant parameter in relation to reducing risk);
- c) Product destination (which determines product quality and handling);
- d) Properties (which determine product management);
- e) Environmental impact (level of contamination of substrates); and
- f) Absence of substances toxic to the cultivar.

All substrates and soils must be characterized and classified for their management. While the chemical composition of soil is primordial and less important than its physical properties; the physical characterization of substrates is fundamental (Verdonck & Demeyer 2004) and chemical composition less significant. This is because nutrients are added by a nutritious solution, though knowledge of both physical and chemical properties is necessary to adequately program irrigation and fertilization (Burés 1998).

The properties that characterize a good substrate relate to its capacity to propitiate germination and root and plant development. Important physical properties include a high capacity for retaining readily-available water, sufficient air supply, adequate particle size distribution to maintain the aforementioned conditions, low apparent density, high total porosity, and a stable structure that impedes contraction. Desirable chemical properties are low or sufficient capacity for cationic exchange as a function of appropriate fertilization, suitable levels of assimilable

elevada porosidad total y estructura estable que impida la contracción del sustrato. Las propiedades químicas incluyen baja o suficiente capacidad de intercambio catiónico, en función de la fertilización apropiada, suficiente nivel de nutrientes asimilables, baja salinidad, elevada capacidad tampón y pH ligeramente ácido y mínima velocidad de descomposición (López Cuadrado & Masaguer 2006).

Las partículas de tamaño uniforme contenidas en el sustrato, de acuerdo con Gislerod *et al.* (1997), mejoran el suministro de oxígeno a las raíces en comparación con mezclas de partículas de diferentes dimensiones. Sin embargo, Vargas-Canales (2014) reportó la evaluación de mezclas (v/v) de tezontle con aserrín nuevo y reciclado en la producción y extracción nutrimental de jitomate. Los resultados mostraron que las mezclas tezontle/aserrín reciclado producen el mismo rendimiento de fruto y eficiencia en la absorción de nutrientes que el tezontle y mezclas de tezontle/aserrín nuevo. En consideración a lo anterior, se evaluó el efecto de mezclas de sustratos (mineral y orgánica) y algas marinas en el desarrollo y el rendimiento de chile pimiento.

Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio, del material vegetativo, el sustrato de crecimiento y el tratamiento aplicado

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), de la Universidad de Guadalajara, en un invernadero tipo túnel de 8 m de ancho por 21 de largo con ventilación cenital, que se ubica en las coordenadas 20° 44' 47" N, 103° 30' 43" W. En el invierno del 2014, se sembraron semillas de pimiento morrón naranja "Orange victory" de la casa comercial Enza Zaden, que proporcionó la empresa Agrimac. Se colocaron en charolas de germinación en las que utilizó como sustrato el producto *sunshine* (musgo fermentado). Una vez que se desarrollaron las plántulas, se trasplantaron en macetas de 15 litros, con las mezclas de sustratos que se presentan en el Cuadro 1. A los sustratos evaluados se les determinó la densidad aparente (Figura 1) y la granulometría (Cuadros 2, 3, y 4).

nutrients, low salinity, high buffering capacity, and a slightly-acid pH with a minimum velocity of decomposition (López Cuadrado & Masaguer 2006).

According to Gislerod *et al.* (1997), uniform particle size in the substrate improves the supply of oxygen to the roots compared to mixtures with particles of different dimensions. However, Vargas-Canales (2014) reported an evaluation of mixtures (v/v) of tezontle with fresh and recycled sawdust in the production and nutrimental extraction of tomatoes. Those results showed that the mixtures of tezontle/recycled sawdust produced the same fruit yield and the same efficiency in nutrient absorption as tezontle and mixtures of tezontle/fresh sawdust. Considering these antecedents, the present study was designed to evaluate the effect of different substrate mixtures (mineral and organic) and marine algae on the development and yield of bell peppers.

Materials and Methods

Description of the study area, vegetable material, growing substrate, and treatments applied

Research was conducted at the *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias* (CUCBA), University of Guadalajara, in a tunnel-type greenhouse 8 m wide by 21 m long with aerial ventilation, located at coordinates 20° 44' 47" N, 103° 30' 43" W. In winter 2014, bell pepper seeds of the "Orange Victory" variety provided by *Agrimac* through the *Enza Zaden Company* were planted in germination trays using the product *Sunshine* (fermented moss) as substrate. As the seedlings developed, they were transplanted in 15-liter plantpots with the substrate mixtures shown in Table 1. The apparent density (Figure 1) and granulometry of all substrates evaluated were determined (Tables 2, 3, 4). Also, analyses of the substrates were conducted in the soil laboratory. Results are shown in Tables 5 and 6.

It is important to clarify that before transplanting, the seedlings received one application of the fungicide *Benomil* 50 (1 g/L), and that in addition to evaluating the effect of the 12 sub-

Cuadro 1. Mezclas de sustratos evaluados.

Tratamiento	Descripción	Algas marinas
1	Testigo Tezontle	Sin aplicación de alga 600
2	70%Tezontle 30%Estopa	
3	50%Tezontle 50%Estopa	
4	70% Estopa 30% Tezontle	
5	Testigo Arena	
6	70% Arena 30% Vermicomposta	
7	50% Arena 50% Vermicomposta	
8	70% Vermicomposta 30% Arena	
9	Testigo Suelo	
10	30% Bocashi 60% Suelo 10% Jal	
11	50% Bocashi 40%Suelo 10% Jal	
12	70%Bocashi 20%Suelo 10% Jal	
1	Testigo Tezontle	Con aplicación de alga 600
2	70%Tezontle 30%Estopa	
3	50%Tezontle 50%Estopa	
4	70% Estopa 30% Tezontle	
5	Testigo Arena	
6	70% Arena 30% Vermicomposta	
7	50% Arena 50% Vermicomposta	
8	70% Vermicomposta 30% Arena	
9	Testigo Suelo	
10	30% Bocashi 60% Suelo 10% Jal	
11	50% Bocashi 40%Suelo 10% Jal	
12	70%Bocashi 20%Suelo 10% Jal	

Table1. Substrate mixtures evaluated.

Treatment	Description	Marine algae
1	Tezontle Witness	Without applica-tion of alga 600
2	70%Tezontle 30%Coir	
3	50%Tezontle 50%Coir	
4	70% Coir 30% Tezontle	
5	Sand Witness	
6	70% Sand 30% Vermicompost	
7	50% Sand 50% Vermicompost	
8	70% Vermicompost 30% Sand	
9	Soil Witness	
10	30% Bokashi 60% Soil 10% Jal	
11	50% Bokashi 40%Soil 10% Jal	
12	70%Bokashi 20%Soil 10% Jal	
1	Tezontle Witness	With application of alga 600
2	70%Tezontle 30%Coir	
3	50%Tezontle 50%Coir	
4	70% Coir 30% Tezontle	
5	Sand Witness	
6	70% Sand 30% Vermicompost	
7	50% Sand 50% Vermicompost	
8	70% Vermicompost 30% Sand	
9	Soil Witness	
10	30% Bokashi 60% Soil 10% Jal	
11	50% Bokashi 40%Soil 10% Jal	
12	70%Bokashi 20%Soil 10% Jal	

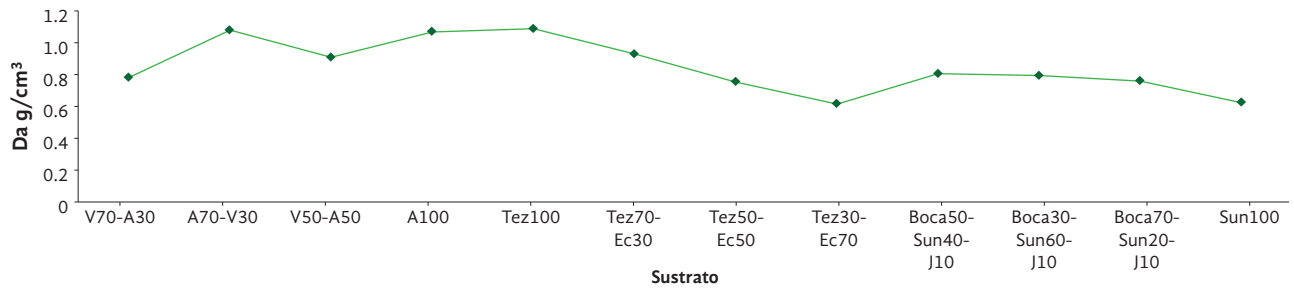


Figura 1. Resultados de la densidad aparente (Da gr/cm³) en los tratamientos utilizados. V=Vermicomposta, A=Arena, Tez=Tezontle, Ec=Estopa de coco, Boca=Bocashi, J=Jal, Sun=Sunshine.

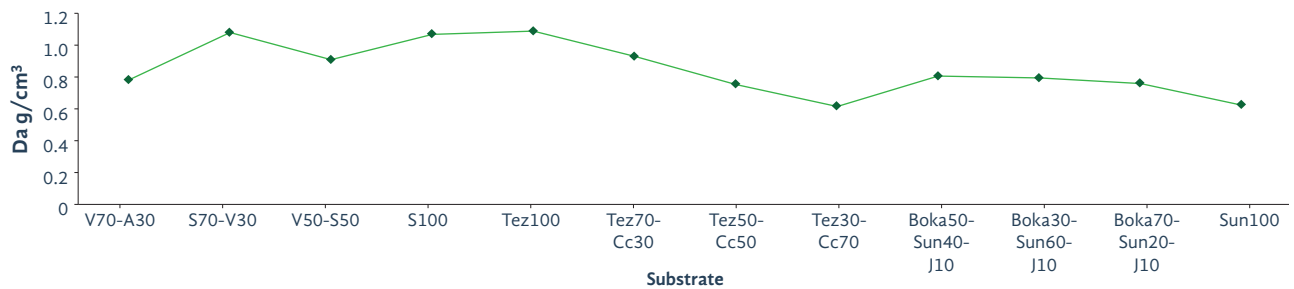


Figure1. Results for the apparent density (Da gr/cm³) of the treatments utilized. V=Vermicompost, S=Sand, Tez=Tezontle, Cc=Coconut coir, Boka=Bokashi, J=Jal, Sun=Sunshine.

Cuadro 2. Determinación de granulometría en las mezclas de sustratos (tezontle y estopa de coco).

Sustrato	Tratamiento 1 Tezontle 100 % (cm ³)	%	Tratamiento 2 Tezontle 70 % + Estopa 30% (cm ³)	%	Tratamiento 3 Tezontle 50 % + Estopa 50 % (cm ³)	%	Tratamiento 4 Tezontle 30 % + Estopa 70 % (cm ³)	%
Tamiz (mm)								
>7	88	24.86	90	23.68	95	25.20	130	30.95
7-4.86	54	15.25	58	15.26	32	8.49	32	7.62
4.86-3	80	22.60	60	15.79	38	10.08	48	11.43
3-1.5	60	16.95	52	13.68	52	13.79	58	13.81
<1.5	72	20.34	120	31.58	160	42.44	152	36.19
Total	354	100.00	380	100.00	377	100.00	420	100.00

Table 2. Granulometric determination of substrate mixtures (tezontle and coconut coir).

Substrate	Treatment 1 Tezontle 100 % (cm ³)	%	Treatment 2 Tezontle 70 % + Coir 30% (cm ³)	%	Treatment 3 Tezontle 50 % + Coir 50 % (cm ³)	%	Treatment 4 Tezontle 30 % + Coir 70 % (cm ³)	%
Screen (mm)								
>7	88	24.86	90	23.68	95	25.20	130	30.95
7-4.86	54	15.25	58	15.26	32	8.49	32	7.62
4.86-3	80	22.60	60	15.79	38	10.08	48	11.43
3-1.5	60	16.95	52	13.68	52	13.79	58	13.81
<1.5	72	20.34	120	31.58	160	42.44	152	36.19
Total	354	100.00	380	100.00	377	100.00	420	100.00

Cuadro 3. Determinación de granulometría en las mezclas de sustratos (vermicomposta y arena).

Sustrato	Tratamiento 5 Testigo Arena 100%	%	Tratamiento 6 Arena 70 % + Vermicomposta 30 % (cm ³)	%	Tratamiento 7 Vermicomposta 50 % + Arena 50 % (cm ³)	%	Tratamiento 8 Vermicomposta 70% + Arena 30%	%
Tamiz (mm)								
>7	50	10.04	50	10.20	40	8.00	30	7.65
7-4.86	40	8.03	32	6.53	44	8.80	28	7.14
4.86-3	66	13.25	68	13.88	90	18.00	60	15.31
3-1.5	84	16.87	90	18.37	94	18.80	82	20.92
<1.5	258	51.81	250	51.02	232	46.40	192	48.98
Total	498	100.00	490	100.00	500	100.00	392	100.00

Table 3. Granulometric determination of substrate mixtures (vermicompost and sand).

Substrate	Treatment 5 Sand Witness 100 %	%	Treatment 6 Sand 70 % + Ver- micompost 30% (cm ³)	%	Treatment 7 Vermicompost 50 % + Sand 50 % (cm ³)	%	Treatment 8 Vermicompost 70 % + Sand 30 %	%
Screen (mm)								
>7	50	10.04	50	10.20	40	8.00	30	7.65
7-4.86	40	8.03	32	6.53	44	8.80	28	7.14
4.86-3	66	13.25	68	13.88	90	18.00	60	15.31
3-1.5	84	16.87	90	18.37	94	18.80	82	20.92
<1.5	258	51.81	250	51.02	232	46.40	192	48.98
Total	498	100.00	490	100.00	500	100.00	392	100.00

Cuadro 4. Determinación de granulometría en las mezclas de sustratos (composta Bocashi y suelo).

Sustrato	Tratamiento 9 Suelo 100% (cm ³)	%	Tratamiento 10 Bocashi 30% + Suelo 60% + Jal 10% (cm ³)	%	Tratamiento 11 Bocashi 50% + Suelo 40% + Jal 10% (cm ³)	%	Tratamiento 12 Bocashi 70% + Suelo 20% + Jal 10% (cm ³)	%
Tamiz (mm)								
>7	24	7.10	55	16.52	48	13.11	30	7.77
7-4.86	20	5.92	50	15.02	40	10.93	26	6.74
4.86-3	34	10.06	62	18.62	62	16.94	56	14.51
3-1.5	70	20.71	42	12.61	52	14.21	70	18.13
<1.5	190	56.21	124	37.24	164	44.81	204	52.85
Total	338	100.00	333	100.00	366	100.00	386	100.00

Table 4. Granulometric determination of substrate mixtures (Bokashi compost and soil).

Substrate	Treatment 9 Soil 100 %	%	Treatment 10 Bokashi 30 % + Soil 60% + Jal 10 % (cm ³)	%	Treatment 11 Bokashi 50 % + Soil 40 % + Jal 10 % (cm ³)	%	Treatment 12 Bokashi 70 % + Soil 20 % + Jal 10% (cm ³)	%
Screen (mm)								
>7	24	7.10	55	16.52	48	13.11	30	7.77
7-4.86	20	5.92	50	15.02	40	10.93	26	6.74
4.86-3	34	10.06	62	18.62	62	16.94	56	14.51
3-1.5	70	20.71	42	12.61	52	14.21	70	18.13
<1.5	190	56.21	124	37.24	164	44.81	204	52.85
Total	338	100.00	333	100.00	366	100.00	386	100.00

También se llevaron a cabo análisis de los sustratos en el laboratorio de suelos. Los resultados se inscriben en los Cuadros 5 y 6.

Conviene aclarar que antes del trasplante, a las plántulas se les aplicó el fungicida *benomil* 50 (1 g/L). Además de evaluar el efecto de los doce sustratos en el desarrollo y el rendimiento, también se aplicó un producto comercial con algas marinas. El producto comercial utilizado fue *Alga 600*[®] de la empresa Biotropic en una dosis de 1 g /L de agua. *Alga 600* incluye una mezcla de algas marrón (*Laminaria*, *Ascophyllum* y *Sargassum*).

Soluciones nutritivas

Durante el experimento, se aplicaron soluciones nutritivas para las plantas de pimiento que se produjeron en Tezontle y mezclando con estopa de coco de acuerdo con el análisis de agua, los requerimientos del cultivo y la etapa fenológica. En el Cuadro 7 se observan los resultados fisicoquímicos del análisis de agua. En el Cuadro 8 se presentan los requerimientos del cultivo de pi-

strates on development and yield, we also applied a commercial product based on marine algae. The product utilized was *Alga 600*[®] from Biotropic, at a dose of 1 g/L of water. *Alga 600* contains a mixture of brown algae (*Laminaria*, *Ascophyllum* and *Sargassum*).

Nutritional solutions

During the experiment, nutritional solutions were applied to the pepper plants produced in tezontle and mixed with coconut coir in accordance with the water analyses, cultivar requirements, and phenological stage. Table 7 shows the physicochemical results of the water analyses, while Table 8 presents the requirements of the pepper cultivar, and Table 9 the requirements of the cultivar by phenological stage.

Variables evaluated

The variables evaluated in the plants and fruits were:

Stem length: determined with a measuring tape graduated in centimeters from the base of the stem to the apex.

Cuadro 5. Resultados de los análisis de laboratorio de las mezclas de sustratos composta bocashi, suelo y jal.

Determinación	Método	Testigo suelo	30% Bocashi+ 60%	50% Bocashi+ 40%	70% Bocashi+ 20%	
			suelo+10% Jal	suelo+10% Jal	suelo+10% Jal	
Valores						
Densidad real g/cc	Picnómetro	1.32	1.95	1.85	1.57	
Densidad aparente g/cc	Probeta	0.52	0.61	0.71	0.7	
Color (seco)	Munssel	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	
Color (seco)	Munssel	Café oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro	
Color (Húmedo)	Munssel	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	
Color	Munssel	Café muy oscuro	Café muy oscuro	Café muy oscuro	Café muy oscuro	
Textura	Arena %	Bouyoucos	55.56	70.56	75.56	62.56
	Limo %		36.64	24.64	19.64	29.64
	Arcilla %		7.8	4.8	4.8	7.8
Clasificación textural		Fa	Fa	Af	Fa	
Agua aprovechable		12	9	8	11	
Materia orgánica %	Walkey-Black	37.75	21.74	18.14	15.3	
C.I.C. meq/100 g	Acetato de amonio	100	61.6	51.8	53.55	
Cationes intercambiables						
Ca+Mg Meq/100 g	Volumetría	10.407	14.986	13.733	13.737	
Ca Meq /100 g	Volumetría	8.326	10.407	9.574	9.158	
Mg Meq /100 g	Calculado	2.081	4.579	4.163	5.579	
Na Meq/100g	Flamometría	0.218	1.131	0.787	0.84	
K Meq/100 g	Flamometría	1.089	4.971	9.12	4.704	
Fertilidad						
pH	Potenciómetro	4.55	6.01	6.61	6.33	
Nitrógeno nítrico ppm	Morgan	12.34	24.55	24.55	24.55	
Nitrógeno amoniacal ppm	Morgan	35	35	35	35	
Fósforo ppm	Morgan	25	50	50	50	
Potasio ppm	Morgan	180	250	250	250	
Calcio ppm	Morgan	1600	1600	1600	1600	
Magnesio ppm	Morgan	50	50	50	50	
Manganeso ppm	Morgan	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	
Conductividad eléctrica mili-mhos/cm a 25 °C	Conductímetro	0.43	1.01	1.38	1.38	

Las determinaciones se basan en la NOM -021-SEMARNAT-2000. Fecha: 12 de junio de 2015. Laboratorio de Agrología del CUCBA.

Table 5. Results of the laboratory analyses of the substrate mixtures bokashi compost, soil and jal.

Determination	Method	Soil witness	30% Bokashi+ 60% soil+10% Jal	50% Bokashi+ 40% soil+10% Jal	70% Bokashi+ 20% soil+10% Jal	
						Values
Real density g/cc	Pycnometer	1.32	1.95	1.85	1.57	
Apparent density g/cc	Probe	0.52	0.61	0.71	0.7	
Color (dry)	Munssel	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	7.5 YR 3/2	
Color (dry)	Munssel	Dark brown	Dark gray	Dark gray	Dark gray	
Color (humid)	Munssel	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 2.5/2	
Color	Munssel	Very dark brown	Very dark brown	Very dark brown	Very dark brown	
Texture	Sand % Silt % Clay %	Bouyoucos	55.56	70.56	75.56	62.56
			36.64	24.64	19.64	29.64
			7.8	4.8	4.8	7.8
Textural classification		Fa	Fa	Af	Fa	
Available water		12	9	8	11	
Organic material %	Walkey-Black	37.75	21.74	18.14	15.3	
C.I.C. meq/100 g	Ammonium acetate	100	61.6	51.8	53.55	
Exchangeable cations						
Ca+Mg Meq/100 g	Volumetric	10.407	14.986	13.733	13.737	
Ca Meq /100 g	Volumetric	8.326	10.407	9.574	9.158	
Mg Meq /100 g	Calculated	2.081	4.579	4.163	5.579	
Na Meq/100g	Flamometry	0.218	1.131	0.787	0.84	
K Meq/100 g	Flamometry	1.089	4.971	9.12	4.704	
Fertility						
pH	Potentiometer	4.55	6.01	6.61	6.33	
Nitrate nitrogen ppm	Morgan	12.34	24.55	24.55	24.55	
Ammonia nitrogen ppm	Morgan	35	35	35	35	
Phosphorus ppm	Morgan	25	50	50	50	
Potassium ppm	Morgan	180	250	250	250	
Calcium ppm	Morgan	1600	1600	1600	1600	
Magnesium ppm	Morgan	50	50	50	50	
Manganese ppm	Morgan	Not detectable	Not detectable	Not detectable	Not detectable	
Electrical conductivity mili-mhos/cm a 25 °C	Conductometer	0.43	1.01	1.38	1.38	

Determinations based on NOM -021-SEMARNAT-2000. Date: 12 June 2015.
Laboratorio de Agrología, CUCBA.

Cuadro 6. Resultados de los análisis de laboratorio de las mezclas de sustratos vermicomposta y arena.

Determinación		Método	Testigo Arena	30% Vermicomposta + 70% Arena	50% Vermicomposta + 50% Arena	70% Vermicomposta + 30% Arena
Densidad real g/cc		Picnómetro	2.2	2	2.06	2.14
Densidad aparente g/cc		Probeta	1.26	1.19	1.01	0.96
Color (seco)		Munssel	2.5 Y 3/7	2.5 Y 3/7	2.5 Y 5/1	2.5 Y 5/1
Color (seco)		Munssel	Amarillo pálido	Amarillo pálido	Gris	Gris
Color (Húmedo)		Munssel	2.5 Y 4/3	2.5 Y 4/3	2.5 Y 3/1	2.5 Y 3/1
Color		Munssel	Café oscuro	Café oscuro	Gris muy oscuro	Gris muy oscuro
Textura	Arena %	Bouyoucos	82.56	82.56	84.56	87.56
	Limo %		10.64	12.64	10.64	9.64
	Arcilla %		6.8	4.8	4.8	2.8
Clasificación textural			Af	Af	Af	A
Agua aprovechable			7	7	7	6
Materia orgánica %		Walkey-Black	0.69	2.06	6.77	12.5
C.I.C. meq/100 g		Acetato de amonio	7	4.5	22.75	36.75
Cationes intercambiables						
Ca+Mg Meq/100 g		Volumetría	2.914	6.244	10.407	15.403
Ca Meq /100 g		Volumetría	0.832	3.33	5.411	6.244
Mg Meq /100 g		Calculado	2.081	2.914	4.995	9.158
Na Meq/100g		Flamometría	0.247	0.279	0.503	0.686
K Meq/100 g		Flamometría	0.787	1.481	2.613	3.626
Fertilidad						
pH		Potenciómetro	6.65	7.34	7.29	7.28
Nitrógeno nítrico ppm		Morgan	4.15	4.15	24.55	24.55
Nitrógeno amoniacal ppm		Morgan	12	12	35	35
Fósforo ppm		Morgan	25	50	50	25
Potasio ppm		Morgan	180	250	250	250
Calcio ppm		Morgan	500	1200	1600	1600
Magnesio ppm		Morgan	50	50	50	50
Manganeso ppm		Morgan	5	No detectable	No detectable	No detectable
Conductividad eléctrica mili-mhos/cm a 25° C		Conductímetro	0.1	0.3	0.75	1.04

Table 6. Results of the laboratory analyses of the substrate mixtures vermicompost and sand.

Determination		Method	Sand witness	30% Vermicompost + 70% Sand	50% Vermicomposta + 50% Sand	70% Vermicompost + 30% Sand
Real density g/cc		Pycnometer	2.2	2	2.06	2.14
Apparent density g/cc		Test tube	1.26	1.19	1.01	0.96
Color (dry)		Munssel	2.5 Y 3/7	2.5 Y 3/7	2.5 Y5/1	2.5 Y 5/1
Color (dry)		Munssel	Pale yellow	Pale yellow	Gray	Gray
Color (humid)		Munssel	2.5 Y 4/3	2.5Y 4/3	2.5 Y 3/1	2.5 Y 3/1
Color		Munssel	Dark brown	Dark brown	Very dark gray	Very dark gray
Texture	Sand %	Bouyoucos	82.56	82.56	84.56	87.56
	Silt %		10.64	12.64	10.64	9.64
	Clay %		6.8	4.8	4.8	2.8
Textural classification			Af	Af	Af	A
Available water			7	7	7	6
Organic material %		Walkey-Black	0.69	2.06	6.77	12.5
C.I.C. meq/100 g		Ammonium acetate	7	4.5	22.75	36.75
Exchangeable cations						
Ca+Mg Meq/100 g		Volumetric	2.914	6.244	10.407	15.403
Ca Meq /100 g		Volumetric	0.832	3.33	5.411	6.244
Mg Meq /100 g		Calculated	2.081	2.914	4.995	9.158
Na Meq/100g		Flamometry	0.247	0.279	0.503	0.686
K Meq/100 g		Flamometry	0.787	1.481	2.613	3.626
Fertility						
pH		Potentiometer	6.65	7.34	7.29	7.28
Nitrate nitrogen ppm		Morgan	4.15	4.15	24.55	24.55
Ammonia nitrogen ppm		Morgan	12	12	35	35
Phosphorus ppm		Morgan	25	50	50	25
Potassium ppm		Morgan	180	250	250	250
Calcium ppm		Morgan	500	1200	1600	1600
Magnesium ppm		Morgan	50	50	50	50
Manganese ppm		Morgan	5	Not detectable	Not detectable	Not detectable
Electrical conductivity mili-mhos/cm a 25° C		Conductometer	0.1	0.3	0.75	1.04

Cuadro 7. Resultados fisicoquímicos del análisis de agua.

Parámetro	Resultados	Clasificación
Conductividad eléctrica	0.138	
pH	6.8	
Calcio (meq/L)	0.128	
Magnesio (meq/L)	0.120	
Potasio (meq/L)	0.027	
Sodio (meq/L)	1.070	
NH ₄ (meq/L)	0.0005	
Hierro (meq/L)	0.0011	
Cobre (meq/L)	0.0009	
Manganeso (meq/L)	0.00004	
Zinc (meq/L)	0.0003	
Boro (meq/L)	0.032	
RAS	3.040	
Salinidad efectiva (meq/L)	1.097	BUENA
Salinidad potencial (meq/L)	0.340	BUENA
Carbonato de Sodio Residual	0.550	BUENA
Sólidos totales disueltos (mg/L)	88.32	
Sulfatos (meq/L)	0.410	
Cloruros (meq/L)	0.135	
Nitratos (meq/L)	0.031	
Fosfatos (meq/L)	0.004	
Carbonatos (meq/L)	0.0	
Bicarbonatos (meq/L)	0.80	

miento y en el Cuadro 9 los requerimientos del cultivo por etapa fenológica.

Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en las plantas y los frutos fueron:

Longitud de tallo. Se determinó mediante un flexómetro graduado en centímetros, a partir de la base del tallo hasta el ápice.

Grosor de tallo. Se midió con un vernier digital modelo 3416, marca *Control Company*, que se colocó a la mitad de la longitud total del tallo. Los valores se expresaron en milímetros.

Número de hojas. Se contaron las hojas formadas a partir del ápice y hasta la base del tallo.

Rendimiento. Se pesaron los frutos producidos por cada planta con la balanza “Adventurer” modelo Ohaus. El peso se determinó en gramos.

Table 7. Physicochemical results of water analysis.

Parameter	Results	Classification
Electrical Conductivity	0.138	
pH	6.8	
Calcium (meq/L)	0.128	
Magnesium (meq/L)	0.120	
Potassium (meq/L)	0.027	
Sodium (meq/L)	1.070	
NH ₄ (meq/L)	0.0005	
Iron (meq/L)	0.0011	
Copper (meq/L)	0.0009	
Manganese (meq/L)	0.00004	
Zinc (meq/L)	0.0003	
Boron (meq/L)	0.032	
RAS	3.040	
Effective salinity (meq/L)	1.097	GOOD
Potential salinity (meq/L)	0.340	GOOD
Residual sodium carbonate	0.550	GOOD
Total dissolved solids (mg/L)	88.32	
Sulfates (meq/L)	0.410	
Chlorides (meq/L)	0.135	
Nitrates (meq/L)	0.031	
Phosphates (meq/L)	0.004	
Carbonates (meq/L)	0.0	
Bicarbonates (meq/L)	0.80	

Stem thickness: measured with a *Control Company* model 3416 digital vernier placed at the halfway point of the stem; values expressed in millimeters.

Number of leaves: all leaves formed from the apex to the base of the stem were counted.

Yield: the fruits produced by every plant were weighed on an *Ohaus Adventurer* model balance; all weights were recorded in grams.

Experimental design

A completely randomized experimental design was used. An analysis of variance was conducted with comparison of means using a Tukey test ($p \leq 0.01$). In all cases, the statistical package *Number Cruncher Statistical System* version 2007 was employed (NCSS, UTA, USA).

Cuadro 8. Requerimientos nutricionales para pimiento morrón.

Elemento	ppm
Nitrógeno	200
Fósforo	80
Potasio	160
Calcio	280
Magnesio	50
Fierro	0.56
Manganeso	0.56
Cobre	0.03
Zinc	0.26
Boro	0.22
Molibdeno	0.05

Fuente: Sánchez del Castillo y Escalante, 1988.

Cuadro 9. Fertilizantes aplicados de acuerdo con las etapas fenológicas de pimiento morrón.

Fertilizante	Etapa inicial	Etapa vegetativa	Etapa fructificación
	Cubeta de 19 L.	Tanque 200 litros	Tanque 200 litros
H ₃ PO ₄	gramos o ml	gramos o ml	gramos o ml
H ₃ PO ₄	16.1 ml	50 ml	50 ml
MgSO ₄ . 7 H ₂ O	23.31 g	245.25 g	161.25 g
NO ₃ K	21.6 g	227.35 g	365 g
(NO ₃) ₂ Ca . 4H ₂ O	35.9 g	377.8 g	516 g
Fierro	1.5 ml	31.57 ml	31.00 ml
Micronutrientes Co, B, Mo, Mn, Zn	1.5 ml	31.57 ml	31.00 ml

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza y como prueba de comparación de medias se usó Tukey ($p \leq 0.01$). En todos los casos se manejó el paquete estadístico *Number Cruncher Statistical System* (NCSS, UTA, USA), versión 2007.

Resultados y discusión

En el Cuadro 10 se presentan los resultados del análisis de varianza. En todos los casos hubo diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en las F calculadas de las fuentes de variación fecha de evaluación, tratamiento y aplicación de algas marinas, en el efecto sobre las variables longitud de tallo,

Table 8. Nutritional requirements of bell peppers.

Element	ppm
Nitrogen	200
Phosphorus	80
Potassium	160
Calcium	280
Magnesium	50
Iron	0.56
Manganese	0.56
Copper	0.03
Zinc	0.26
Boron	0.22
Molybdenum	0.05

Source: Sánchez del Castillo and Escalante, 1988.

Table 9. Fertilizers applied according to phenological stages of bell peppers.

Fertilizer	Initial astage	Vegetative stage	Fructification stage
	19-liter bucket	200-liter tank	200-liter tank
Fertilizer	grams or ml	grams or ml	grams or ml
H ₃ PO ₄	16.1 ml	50 ml	50 ml
MgSO ₄ . 7 H ₂ O	23.31 g	245.25 g	161.25 g
NO ₃ K	21.6 g	227.35 g	365 g
(NO ₃) ₂ Ca, 4H ₂ O	35.9 g	377.8 g	516 g
Iron	1.5 ml	31.57 ml	31.00 ml
Micronutrients Co, B, Mo, Mn, Zn	1.5 ml	31.57 ml	31.00 ml

Results and Discussion

Table 10 presents the results of the analysis of variance. Significant differences were found in all cases ($p \leq 0.01$) of F calculated for the sources of variation, evaluation date, treatment, and application of marine algae, in the effect on the variables stem length and thickness, and number of leaves. Data represent 6 evaluation dates.

Table 11 shows the mean results of the effect of evaluation date on the variables evaluated. Stem length was greater on dates 5 and 6, while values for stem thickness increased from dates 3 to 6. Number of leaves was higher on dates 3 and 5, but it is important to note that the lower values on dates 4 and 6 were due to sanitary

Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza para las fuentes de variación fecha de evaluación, tratamiento y algas marinas en la evaluación de sustratos en pimiento.

Fuentes de variación	Longitud de tallo F calculada	Grosor de tallo F calculada	Número de hojas F calculada
Fecha de evaluación	228.35 **	21.94 **	138.8 **
Tratamiento	41.52 **	2.85 **	16.29 **
Aplicación de algas	2.44	2.38	3.41

** significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 11. Prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.01$) para el efecto de las fechas de evaluación en las variables de desarrollo de plantas pimiento.

Fechas de evaluación	Longitud de tallo (cm)	Grosor de tallo (mm)	Número de hojas
1	11.92 c	4.15 b	13.22 c
2	12.28 c	4.19 b	11.76 d
3	15.14 b	5.20 a	20.56 b
4	22.41 b	5.79 a	13.61 c
5	26.48 a	6.24 a	27.51 a
6	26.94 a	6.24 a	11.34 d
Tukey ($p \leq 0.01$)	4.75	2.57	4.75

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.01$).

grosor de tallo y número de hojas. Lo datos se corresponden a seis fechas de evaluación.

En el Cuadro 11 se aprecian los resultados promedio del efecto de las fechas de evaluación sobre las variables evaluadas. La longitud de tallo fue mayor en las fechas número cinco y seis. En el caso del grosor de tallo, a partir de la tercera fecha y hasta la sexta se observó un incremento en los valores. El número de hojas resultó mayor en la tercera y quinta fecha; cabe aclarar que los valores menores de la cuarta y sexta fecha se debieron a que se realizaron podas sanitarias de hojas para el control de *Cenicilla*. En el caso de longitud y grosor de tallo, los valores fueron incrementándose conforme avanzaron las fechas de evaluación durante el desarrollo de las plantas.

En el Cuadro 12 y Figuras 2–8, se observó el efecto de los tratamientos sobre las variables que se evaluaron. Los tratamientos que generaron mayor longitud de tallo y número de hojas fueron el número 8 (70 % Vermicomposta 30 % Arena)

Table 10. Results of variance analysis for sources of variation, evaluation date, treatment, and marine algae in the evaluation of substrates with peppers.

Sources of variation	Stem length F calculated	Stem thickness F calculated	Number of leaves F calculated
Evaluation date	228.35 **	21.94 **	138.8 **
Treatment	41.52 **	2.85 **	16.29 **
Application of algae	2.44	2.38	3.41

** significant ($p \leq 0.01$)

Table 11. Comparison of means with Tukey test ($p \leq 0.01$) for the effect of evaluation dates on the variables of pepper plant development.

Evaluation dates	Stem length (cm)	Stem thickness (mm)	Number of leaves
1	11.92 c	4.15 b	13.22 c
2	12.28 c	4.19 b	11.76 d
3	15.14 b	5.20 a	20.56 b
4	22.41 b	5.79 a	13.61 c
5	26.48 a	6.24 a	27.51 a
6	26.94 a	6.24 a	11.34 d
Tukey ($p \leq 0.01$)	4.75	2.57	4.75

Means with the same letter are statistically equal (Tukey $p \leq 0.01$).

pruning conducted to control for *Cenicilla*. In the cases of stem length and thickness, values increased as plant development advanced through the evaluation dates.

Table 12 and Figures 2-8 show the effect of treatments on the variables evaluated. The treatments that generated greatest stem length and number of leaves were #8 (70% vermicompost 30% sand), and #12 (70% bokashi 20% soil 10% jal). For stem thickness, the treatment that produced the highest values was #11 (50% bokashi 40% soil 10% jal). It is highly likely that these results were obtained because the aforementioned treatments had values of organic material of 12.5-to-15.3% (Tables 5, 6), a capacity for cationic exchange of 36.7-to-53.33 meq/100 g, exchangeable cations Ca + Mg of 13.73-to-15.40 meq/100 g, K between 3.62 and 4.70, pH of 6.33-to-7.28, and electrical conductivity between 1.04 and 1.38 milimhos/cm at 25 °C. With regard to the percentages of particle size, for the substrate of treatment 8 (70% vermicompost 30% sand) the study found <1.5 mm = 48.98%

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.01$) para el efecto de los tratamientos en las variables de desarrollo de plantas de pimiento.

Tratamiento	Descripción del tratamiento	Longitud de tallo (cm)	Grosor de tallo (mm)	Número de hojas
1	Testigo Tezontle	16.5 b	5.38 ab	16.08 d
2	70%Tezontle 30%Estopa	17.2 b	5.33 ab	15.27 d
3	50%Tezontle 50%Estopa	16.7 b	5.44 ab	12.38 f
4	70% Estopa 30% Tezontle	15.9 c	5.19 ab	12.30 f
5	Testigo Arena	16.1 b	5.16 ab	12.77 e
6	70% Arena 30% Vermicomposta	21.5 b	5.67 ab	16.72 c
7	50% Arena 50% Vermicomposta	18.7 b	5.83 ab	16.28 d
8	70% Vermicomposta 30% Arena	25.8 a	5.06 ab	21.5 a
9	Testigo Suelo	13.10 c	4.75 b	14.8 d
10	30% Bocashi 60% Suelo 10% Jal	21.6 b	4.56 b	18.72 b
11	50% Bocashi 40%Suelo 10% Jal	19.7 b	6.34 a	17.94 b
12	70%Bocashi 20%Suelo 10% Jal	27.0 a	4.93 b	21.16 a
Tukey ($p \leq 0.01$)		4.75	4.75	5.29

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.01$).

Table 12. Comparison of means with Tukey test ($p \leq 0.01$) for the effect of treatments on the variables of pepper plant development.

Treatment	Description of treatment	Stem length (cm)	Stem thickness (mm)	Number of leaves
1	Tezontle Witness	16.5 b	5.38 ab	16.08 d
2	70%Tezontle 30%Coir	17.2 b	5.33 ab	15.27 d
3	50%Tezontle 50%Coir	16.7 b	5.44 ab	12.38 f
4	70% Coir 30% Tezontle	15.9 c	5.19 ab	12.30 f
5	Sand Witness	16.1 b	5.16 ab	12.77 e
6	70% Sand 30% Vermicompost	21.5 b	5.67 ab	16.72 c
7	50% Sand 50% Vermicompost	18.7 b	5.83 ab	16.28 d
8	70% Vermicompost 30% Sand	25.8 a	5.06 ab	21.5 a
9	Soil Witness	13.10 c	4.75 b	14.8 d
10	30% Bokashi 60% Soil 10% Jal	21.6 b	4.56 b	18.72 b
11	50% Bokashi 40%Soil 10% Jal	19.7 b	6.34 a	17.94 b
12	70%Bokashi 20%Soil 10% Jal	27.0 a	4.93 b	21.16 a
Tukey ($p \leq 0.01$)		4.75	4.75	5.29

Means with the same letter are statistically equal (Tukey $p \leq 0.01$).

y el número 12 (70 % Bocashi 20 % Suelo 10 % Jal). En el caso del grosor de tallo el tratamiento que generó valores más altos fue el número 11 (50 % Bocashi 40 % Suelo 10 % Jal). Los resultados obtenidos es muy probable que se haya producido a causa que los tratamientos mencionados presentaron valores (Cuadro 5 y 6) de materia orgánica entre 12.5 % y 15.3 %, una capacidad de intercambio catiónico entre 36.7 meq/100 g y 53.33 meq/100 g, cationes intercambiables Ca + Mg entre 13.73 y 15.40 meq/100 g, K entre 3.62 y 4.70, un pH entre 6.33 y 7.28 y una conducti-

and 3-to-1.5 mm = 20.92%; in treatment 12 (70% bokashi 20% soil 10% jal) findings were <1.5 mm = 52.85% and 3-to-1.5 mm = 18.13%; and in treatment 11 (50% bokashi 40% soil 10% jal), <1.5 mm = 44.81% and 3-to-1.5 mm = 14.21%. According to Ansorena (1994), the optimal particle size for horticultural substrates is 0.25-to-2.5 mm, while Baldomero (2007) points out that the presence of small particles reduces total porosity while increasing the amount of retained water due to a higher number of micropores or small hollows where water can be retained. Also, this condition



Figura 2. Plantas de pimiento en mezclas de sustrato con tezontle y estopa de coco.



Figure 2. Bell pepper plants in substrate mixtures with tezontle and coconut coir.



Figura 3. Plantas de pimiento en el sustrato de arena.



Figure 3. Bell pepper plants in the substrate of sand.



Figura 4. Plantas de pimiento en mezclas de sustrato con arena y vermicomposta.



Figure 4. Bell pepper plants in substrate mixtures with sand and vermicompost.



Figura 5. Plantas de pimiento en suelo.



Figure 5. Bell pepper plants in soil.



Figura 6. Plantas de pimiento en mezcla de composta Bocashi y suelo.



Figure 6. Bell pepper plants in the mixture of bokashi compost and soil.



Figura 7. Plantas de pimiento desarrollándose en mezclas de sustratos (tezontle y estopa de coco, arena y vermicomposta, suelo y composta Bocashi).



Figure 7. Bell pepper plants developing in substrate mixtures (tezontle and coconut coir, sand and vermicompost, soil and bokashi compost).



Figura 8. Plantas de pimiento fructificando en mezclas de sustratos (tezontle y estopa de coco, arena y vermicomposta, suelo y composta Bocashi).



Figure 8. Bell pepper plants fructifying in substrate mixtures (tezontle and coconut coir, sand and vermicompost, soil and bokashi compost).

vidad eléctrica entre 1.04 y 1.38 milimhos/cm a 25 °C. También el porcentaje de partículas en el sustrato del tratamiento 8 (70 % Vermicomposta 30 % Arena) fue de tamaño < 1.5 mm = 48.98 % y de entre 3 y 1.5 mm = 20.92 %; en el 12 (70 % Bocashi 20 % Suelo 10 % Jal) fueron < 1.5 mm = 52.85 % y de entre 3 y 1.5 mm = 18.13 %; en el 11 (50 % Bocashi 40 % Suelo 10 % Jal) fueron < 1.5 mm = 44.81 % y de entre 3 y 1.5 mm = 14.21 %. Según Ansorena (1994), el tamaño óptimo de partículas para sustratos hortícolas

reduces the porosity occupied by air by decreasing the volume of the hollows between particles or macropores, which are larger. Principle characteristics include the medium-to-high capacity of easily-available water, a high specific surface, low permeability, high micro-porosity, and high humidity retention energy (Masaguer 2007).

Table 13 shows the results of the application of marine algae. Values for the variables stem length and thickness, and number of leaves re-

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias para el efecto de la aplicación de algas marinas en las variables de desarrollo de plantas de pimiento.

Bioestimulante	Longitud de tallo (cm)	Grosor de tallo (mm)	Número de hojas
Con algas	18.99 a	5.19 a	15.28 a
Sin algas	20.20 a	5.41 a	17.38 a
Tukey (p≤0.01)	2.57	3.64	3.64

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey p≤0.01).

Cuadro 14. Resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada
Tratamiento	11	506734.3	46066.76	5.26 **
Aplicación de algas	1	386442.1	386442.1	44.14 **
Interacción	11	465082.1	42280.19	4.83 **
Error	48	420201.2	8754.191	
Total	72	1778460		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey p≤0.01).

se ubica entre 0.25 y 2.5 mm. Baldomero (2007) por su parte, señaló que la presencia de partículas pequeñas hace que disminuya la porosidad total y aumente la cantidad de agua retenida, ya que crece del número de microporos o huecos pequeños, que son los que retienen agua. También se reducirá la porosidad ocupada por el aire, al disminuir el volumen de los huecos entre partículas o macroporos, que son los de mayor tamaño. Entre las principales características destacan una capacidad de agua fácilmente disponible de media a alta, alta superficie específica, baja permeabilidad, alta microporosidad y elevada energía de retención de humedad (Masaguer 2007).

En el Cuadro 13 se muestran los resultados de la aplicación de algas marinas. Los valores de las variables longitud y grosor de tallo, y número de hojas no presentaron diferencias estadísticas con la aplicación de algas marinas. Si se considera que la aplicación de las algas marinas se hizo en drench, valdría la pena hacer evaluaciones con aplicaciones foliares. Fajardo (2011) reportó que al aplicar algas marinas vía foliar observó un incremento en la longitud de hoja de lechuga; mientras Miller (2003) lo mismo, pero en pepino.

Table 13. Comparison of means for the effect of application of marine algae on the variables of pepper plant development.

Bio-stimulant	Stem length (cm)	Stem thickness (mm)	Number of leaves
With algae	18.99 a	5.19 a	15.28 a
Without algae	20.20 a	5.41 a	17.38 a
Tukey (p≤0.01)	2.57	3.64	3.64

Means with the same letter are statistically equal (Tukey p≤0.01).

Table 14. Results of variance analysis for the variable yield.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	F calculated
Treatment	11	506734.3	46066.76	5.26 **
Application of algae	1	386442.1	386442.1	44.14 **
Interaction	11	465082.1	42280.19	4.83 **
Error	48	420201.2	8754.191	
Total	72	1778460		

Means with the same letter are statistically equal (Tukey p≤0.01).

vealed no statistically-significant differences with the application of marine algae. Considering that marine algae were applied in drench form, it would be worthwhile conducting evaluations using foliar applications, as Fajardo (2011) reported that applying algae via foliar increased the length of lettuce leaves, and Miller (2003) had similar findings with cucumbers.

Table 14 presents the results of the analysis of variance for the variable yield. The F values calculated for the sources of variation in treatment, application of algae, and the interaction of these two factors (treatment × algae) produced differences that were highly statistically-significant.

Table 15 includes the results of the comparison of means using a Tukey test ($p \leq 0.01$) for the effect of treatments on the variable yield. The highest yields were produced by the plants with the treatments of 70% vermicompost 30% sand, 70% bokashi 20% soil 10% jal, 50% sand 50% vermicompost and 50% tezontle 50% coir.

When applied to soil vermicompost increased organic material and improved some physical characteristics, such as the amount of hydro-sta-

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.01$) para el efecto de tratamientos en la variable rendimiento.

Tratamiento	Descripción del tratamiento	Rendimiento (g)
1	Testigo tezontle	118.815 d
2	70%Tezontle 30%estopa	206.61 c
3	50%Tezontle 50%estopa	310.77 a
4	70% Estopa 30% tezontle	184.18 c
5	Testigo arena	107.11 d
6	70% Arena 30% vermicomposta	202.89 c
7	50% Arena 50% vermicomposta	319.07 a
8	70% Vermicomposta 30% arena	393.73 a
9	Testigo suelo	245.38 b
10	30% Bokashi 60% suelo 10% jal	248.00 b
11	50% Bokashi 40% suelo 10% jal	238.85 b
12	70%Bokashi 20% suelo 10% jal	348.04 a
Tukey ($p \leq 0.01$)		5.68

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.01$).

En el Cuadro 14 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento. Los valores de la F calculada para las fuentes de variación tratamiento, aplicación de algas y la interacción (tratamiento \times algas) presentaron diferencias altamente significativas.

En el Cuadro 15 se incluyen los resultados de la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.01$) para el efecto de tratamientos en la variable rendimiento. Los rendimientos más altos los produjeron las plantas con los tratamientos de 70 % Vermicomposta 30 % Arena, 70 % Bokashi 20 % Suelo 10 % Jal, 50 % Arena 50 % Vermicomposta y 50 % Tezontle 50 % Estopa.

La Vermicomposta aplicada al suelo aumenta la materia orgánica y mejora algunas de sus características físicas, como la cantidad de agregados hidro-estables, la densidad aparente y la porosidad, que favorecen el flujo de aire y agua y el desarrollo radicular de las plantas (Azarmi 2008). Benítez *et al.* (2012) reportaron un incremento del 15 % en el número de vainas de frijol, debido al contenido de Vermicompost (3 %). Fernández-Luqueño *et al.* (2010) señalaron que la adición de Vermicompost al suelo aumentó la cosecha de frijol, lo que estuvo relacionado positivamente con la producción de biomasa y el aumento de N disponible. El aumento en el rendimiento obtenido en pimiento puede explicarse

Table 15. Comparison of means with Tukey test ($p \leq 0.01$) for the effect of treatments on the variable yield.

Treatment	Description of treatment	Yield (g)
1	Tezontle Witness	118.815 d
2	70%Tezontle 30%Coir	206.61 c
3	50%Tezontle 50%Coir	310.77 a
4	70% Coir 30% tezontle	184.18 c
5	Sand Witness	107.11 d
6	70% Sand 30% Vermicompost	202.89 c
7	50% Sand 50% Vermicompost	319.07 a
8	70% Vermicompost 30% Sand	393.73 a
9	Soil Witness	245.38 b
10	30% Bokashi 60% Soil 10% jal	248.00 b
11	50% Bokashi 40% Soil 10% jal	238.85 b
12	70%Bokashi 20% Soil 10% jal	348.04 a
Tukey ($p \leq 0.01$)		5.68

Means with the same letter are statistically equal (Tukey $p \leq 0.01$).

ble aggregates, apparent density and porosity, thus favoring the flow of air and water and the radicular development of the plants (Azarmi 2008). Benítez *et al.* (2012) reported an increase of 15% in the number of bean pods due to vermicompost content (3%). Fernández-Luqueño *et al.* (2010) pointed out that adding vermicompost to soil increased bean harvests through a positive relation with the production of biomass and an increase in the amount of N available. The increase in yield obtained in peppers can be explained as the result of the contribution of humic acids and phytohormones (Aracon *et al.* 2006) that promote plant growth and development (Roy *et al.* 2010). The dehydrogenase activity of the microbial population of the vermicompost accelerates the degradation of organic material, thus contributing to increasing yields (Aracon *et al.* 2005).

According to Cavender *et al.* (2003), organic products incorporated into the soil improve fertility in general. Girón *et al.* (2012) reported increased yields of zucchini and chard, lettuce and beets with the application of bokashi compost, stating that this incorporates organisms that help decompose organic material by generating a larger availability of nutrients for the crop. Álvarez *et al.* (2010) reported increased yields of corn due to the effect of applying organic fertilizers (compost, bokashi and lombriabono) and the

como el resultado de su aporte de ácidos húmicos y fitohormonas (Aracon *et al.* 2006) que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Roy *et al.* 2010). La actividad deshidrogenasa de la población microbiana de la Vermicomposta, acelera la degradación de la materia orgánica, lo que contribuye a incrementar el rendimiento de los cultivos (Aracon *et al.* 2005).

Según Cavender *et al.* (2003), los productos orgánicos incorporados al suelo en general mejoran la fertilidad del suelo. Girón *et al.* (2012) reportó incremento en el rendimiento de calabacín, acelga, lechuga, remolacha, por la aplicación de composta Bocashi y señala que incorpora organismos que ayudan a la descomposición de la materia orgánica produciéndose una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Álvarez *et al.* (2010) reportaron un incremento en el rendimiento de maíz por efecto de aplicación de abonos orgánicos (Composta, Bocashi y Lombrianono) y la actividad ureasas y fosfatasa relacionadas con los ciclos biogeoquímicos y de nutrición, ya que liberan el ión ortofosfato de compuestos orgánicos e inorgánicos quedando disponible para las plantas.

El Tezontle es un material considerado como inerte desde el punto de vista químico, cuyo extracto de saturación tiene un pH próximo a la neutralidad, su capacidad de intercambio catiónico es muy baja, buena aireación, retención de humedad que varía con el diámetro de las partículas, está libre de sustancias tóxicas y tiene buena estabilidad física (Bastida 1999). La determinación de nutrimentos en la solución de suelo (Castellanos 2004), así como la concentración de nutrimentos en solución nutritiva de suministro y drenaje en el caso del Tezontle, y el manejo hídrico, son estrategias fundamentales para maximizar rendimientos. Al respecto Ojodeagua *et al.* (2008) reportaron un rendimiento similar entre Suelo y Tezontle para el cultivo de "jitomate" que osciló entre 30.4 y 34.1 kg m⁻² respectivamente. Los frutos pequeños y medianos presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Aunque el tratamiento de Suelo obtuvo el porcentaje más alto de frutos extra grandes y el menor en tamaños medianos, no hubo diferencias significativas con los tratamientos de Tezontle.

activity of ureas and phosphates related to the biogeochemical and nutrition cycles, since they release the orthophosphate ion of organic and inorganic compounds, thus making it available to the plants.

Tezontle is a material considered chemically inert with a saturation extract whose pH is near neutral. Its capacity for cationic exchange is very low, it has good aeration and humidity retention that varies with particle diameter, is free of toxic substances, and has good physical stability (Bastida 1999). Fundamental strategies for maximizing yields include determining the nutrients in the soil solution (Castellanos 2004) and the concentration of nutrients in the nutritional solution administered, as well as drainage, in the case of tezontle, together with hydric management. In this regard, Ojodeagua *et al.* (2008) reported similar yields with soil and tezontle for a crop of tomatoes that varied from 30.4-to-34.1 kg m⁻² respectively. The small and medium-sized fruits showed significant differences between treatments. Although the soil treatment produced the highest percentage of extra-large fruits and the lowest percentage of medium-sized ones, there were no significant differences with the tezontle treatments.

Table 16 presents the results of the comparison of means for the effect of the application of marine algae on yields of pepper plants. Here, the plants that did not receive marine algae had the highest yields. These results coincide with those reported by Mazuela (2012) for cherry tomatoes in that no significant differences were obtained from the plants grafted with the application of the product *Fartum*[®] that contains marine algae. Goykovic and Saavedra (2007) indicated that this may be due to the reduced accumulation of water in the fruit, because upon increasing the concentration of solutes in the irrigation water the hydric potential is reduced and the plants have difficulty in absorbing it.

Conclusions

These results lead to the following conclusions:

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias para el efecto de la aplicación de algas marinas en el rendimiento de plantas de pimiento.

Bioestimulante	Rendimiento (g)
Con algas	170.36 b
Sin algas	316.88 a
Tukey ($p \leq 0.01$)	3.79

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.01$).

En el Cuadro 16 se incluyen los resultados de la prueba de comparación de medias para el efecto de aplicación de algas marinas en el rendimiento de las plantas de pimiento. Las plantas a las que no se aplicaron algas marinas presentaron los mayores rendimientos. Los resultados coinciden con lo reportado por Mazuela (2012) en tomate cherry en los que no se obtuvieron diferencias significativas en plantas injertadas con la aplicación del producto Fartum®, que contiene algas marinas. Goykovic y Saavedra (2007) indicaron que esto tal vez se debió a la disminución en la acumulación de agua en el fruto, ya que al incrementarse la concentración de solutos en el agua de riego el potencial hídrico se reduce y las plantas experimentan dificultades para absorberla.

Conclusiones

Por lo anterior, se puede concluir que:

Las mezclas de sustratos generaron los valores más altos para la longitud de tallo, grosor de tallo y número de hojas durante la quinta y sexta fecha de evaluación.

Los tratamientos que generaron mayor longitud de tallo, número de hojas y rendimiento fueron la mezcla de 70 % Vermicomposta 30 % Arena, 70 % Bocashi 20 % Suelo 10 % Jal.

El rendimiento también resultó elevado en los tratamientos de 50% Arena 50% vermicomposta y 50% tezontle 50% Estopa de coco. En el caso del grosor de tallo el tratamiento que generó valores más altos fue la mezcla de 50 % Bocashi 40 % Suelo 10 % Jal.

Table 16. Comparison of means for the effect of the application of marine algae on the yield of pepper plants.

Bio-stimulant	Yield (g)
With algae	170.36 b
Without algae	316.88 a
Tukey ($p \leq 0.01$)	3.79

Means with the same letter are statistically equal (Tukey $p \leq 0.01$).

The substrate mixtures generated the highest values for stem length and thickness, and number of leaves on evaluation dates 5 and 6.

The treatments that generated the greatest stem length, number of leaves, and yields were the mixture of 70% vermicompost 30% sand, 70% bokashi 20% soil 10% jal.

Yields were also higher with the treatments of 50% sand 50% vermicompost and 50% tezontle 50% coconut coir. For stem thickness, the highest values were found for the mixture of 50% bokashi 40% soil 10% jal.

Applying marine algae had no effect on stem length or thickness, number of leaves, or yield in the pepper plants.

Acknowledgments

The authors thank PROFOCIE 2014 and PRO-DEP for financing this research, and the support provided by the *Fortalecimiento de Cuerpos Académicos* program (UDG-CA-55 Protected Crops, IDCA 73). Two anonymous reviewers contributed to improving the document with their observations. ❖

La aplicación de algas marinas no tuvo efecto en la longitud de tallo, grosor de tallo número de hojas y rendimiento en las plantas de pimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a PROFOCIE 2014 y PRO-DEP por el financiamiento otorgado para la realización de la investigación con el apoyo recibido de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos UDG-CA-55 Cultivos Protegidos IDCA 73. Dos revisores anónimos contribuyeron a mejorar el documento con sus observaciones. ❖

Bibliografía | Bibliography

- ABAD, M. & P. NOGUERA. 2000.** *Los sustratos en los cultivos sin suelo.* En: M. Urrestarazu (ed). *Manual de cultivo sin suelo.* 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp 137–185. [ISBN: 84-8240-239-0]
- ABAD, M., P. NOGUERA & C. CAMÓN. 2005.** *Sustratos para el cultivo sin suelo y Fertirrigación.* En: C. Cadahia (coord.). *Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales.* 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp 299–352. [ISBN: 84-8476-247-5]
- ÁLVAREZ, S.J.D., D.A. GÓMEZ V., N.S. LEÓN M. & F.A. GUTIÉRREZ M. 2010.** Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* **44:** 575–586. [ISSN: 1405-3195]
- ANSORENA, J. 1994.** *Sustratos. Propiedades y caracterización.* Mundi-Prensa. Madrid, España. [ISBN: 9788471144812]
- ARANCON, Q.N., C.A. EDWARDS, P. BIERMAN, J.D. METZGER & C. LUTCH. 2005.** Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiology* **49:** 297–306. [ISSN: 0031-4056]
- ARANCON, Q.N., C.A. EDWARDS, S. LEE & R. BYRNE. 2006.** Effects of humic acids from vermicompost on plant growth. *European Journal of Soil Biology* **45:** 65–69. [ISSN: 1164-5563]
- AZARMI, R., M. TORABI G. & R. DIDAR T. 2008.** Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) *African Journal of Biotechnology* **7(14):** 2397–2401. [ISSN: 1684-5315]
- BALDOMERO, H. Z. N. 2007.** Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos bajo invernaderos. Yolanda Donaji Ortiz Hernández. Maestro en Ciencias. Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional-Unidad Oaxaca. Maestría en Ciencias en Conservación y aprovechamiento de recursos naturales. Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, México.
- BASTIDA, A. 1999.** El Medio de Cultivo de las Plantas. Sustratos para Hidroponía y Producción de Plantas Ornamentales. Serie de publicaciones AGRIBOT No. 4 UACH. Preparatoria Agrícola, Chapingo, Mexico 72 pp.
- BURÉS, S. 1998.** *Introducción a los sustratos. Aspectos generales.* En: J. Narciso Pastor Saenz (ed.). *Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal.* Universitat de Lleida. pp 19–31.
- CASTELLANOS, J.Z. 2004.** *Manejo de la fertirrigación en suelo.* En: J.Z. Castellanos (ed.). *Manual de Producción Hortícola en Invernadero.* 2ª ed. INTAGRI. México. Pp 103–123.
- CAVENDER, D., N. R. ATIYEH M. & M. KNEE. 2003.** Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiology* **47:** 85–89. [ISSN: 0031-4056]

- FAJARDO, A.R., F.MARTÍNEZ, L. H.RAMOS, M. CABRERA & Y. BORRERO. 2011.** Efecto del bioestimulante (fitomas) y el biofertilizante (bioplasma) en el rendimiento de la lechuga variedad Anaida bajo condiciones de organoponía semi-protegida. *Agrotecnia de Cuba* 35(1): 54–60. [ISSN: 2079-3472]
- FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, F., V. REYES-VARELA, C. MARTÍNEZ-SUÁREZ, G. SALOMÓN-HERNÁNDEZ, J. YAÑEZ-MENESES, J. M. CEBALLOS-RAMÍREZ & L. DENDOOVEN. 2010.** Effect of different nitrogen source on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology* 101: 396–403. [ISSN: 0960-8524]
- GIRÓN, C.E.C., C.E.F. MARTÍNEZ O. & M.P. MONTERROZA D. 2012.** Influencia de la aplicación de Bocashi y Lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L., espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenengo. Ing. Carlos Alberto Aguirre Castro, Manuel de Jesús Hernández Juárez y Dr. Francisco Lara Ascencio. Departamento de recursos naturales y medio ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de el Salvador. Ciudad Universitaria.
- GISLEROD, H.R., R. BAAS, M. WAR-MENHOVEN & D. BERG. 1997.** Effect of aeration on rooting of growth of roses. *Acta Horticulturae* 450: 113–122. [ISSN Print: 0567-7572; Online: 2406-6168]
- GOYKOVIC, V. & G. SAAVEDRA. 2007.** Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia* 25(3): 47–58. [ISSN: 0718-3429.]
- INEGI. 2014.** Boletín de información oportuna del sector alimentario. No. 347. Pág.: 96. Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior integrado por el Banco de México, INEGI, Servicio de Administración Tributaria y Secretaría de Economía. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> [ISSN: en trámite] (12 de diciembre de 2014).
- MATA-VÁZQUEZ, H., R.A. ANGUAINO-AGUILAR, E. VÁZQUEZ-GARCÍA, J. GAZANO-IZQUIERDO, D. GONZÁLEZ FLORES, M. RAMÍREZ-MERAZ, E. PADRÓN-TORRES, R. BASANTA-CORNIDE, M.A. GARCÍA-DELGADO & J.E. CERVANTES-MARTÍNEZ. 2010.** Revista Ciencia UAT Jun 10 Unidad académica multidisciplinaria Mante-Centro, UAT. pp 50–54. <http://intranet.uat.edu.mx/cienciauat/ediciones/Edici%C3%B3n%20No.%2016,%20Junio%202010/Producci%C3%B3n%20de%20tomate%20sistema%20hidrop%C3%B3nico%20con%20soluci%C3%B3n%20nutritiva%20reciclable%20en%20sustrato%20de%20Tezontle.pdf> . [ISSN: 2007-7858]. Fecha de consulta 03/06/2015.
- MASAGUER A. & M. CRUZ LÓPEZ-CUADRO. 2006.** Sustratos para viveros: Conocer sus propiedades ayuda a su correcta utilización. *Horticultura*, vol. extra, pág. 44–50. [www.horticom.com/pd/article.php?sid=63226]
- MASAGUER A. & M. CRUZ LÓPEZ-CUADRO. 2007.** *Avances en sustratos para cultivos hortícolas: caracterización y manejo.* 4ª Curso internacional de actualización en horticultura protegida. Universidad Politécnica de Madrid, España, 44 pp. [ISSN electrónico: 2007-4034 ISSN impreso: 1027-152X]
- MAZUELA, P.A., B. CEPEDA & V. CUBILLOS. 2012.** Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum® sobre la producción y calidad en tomate cherry. *Idesia* 30(3): 77–81. [ISSN: 0718-3429]
- MAZUELA, P., TREVIZAN, J. & URRESTARAZU M. 2012.** A comparison of two types of agrosystems for the protected soilless cultivation of tomato crops in arid zones. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 10(1): 338–341. [ISSN (Online): 1097-0010]
- OJODEAGUA, A.J.L., J.Z. CASTELLANOS R., J.J.MUÑOZ R., G. ALCÁNTAR G., L. TIJERINA CH., P. VARGAS T. & S. ENRÍQUEZ R. 2008.** Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4): 367–374. [ISSN: 0187-7380]
- ROY, S., K. ARUNACHALAM, B. KUMAR D. & A. ARUNACHALAM. 2010.** Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology* 45: 78–84. [ISSN: 0929-1393]

SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2012. México. URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-prottegida2012.aspx>. Fecha de consulta 12/07/2012.

VARGAS-CANALES, J.M., A.M. CASTILLO-GONZÁLEZ, J. PINEDA-PINEDA, J.A. RAMÍREZ A. & E. AVITIA G. 2014. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1) Chapingo ene./abr.p.1-23.

[ISSN (impreso): 1027-152X; (electrónico): 2007-4034]
<http://dx.doi.org/10.5154/rchsh.2013.02.005>

Verdonck, O. & P. Demeyer. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Horticulturae* **644**: 99–101. [ISSN: 0567-7572]