

Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*)

Effect of sheep manure on yield, nutritional value and antioxidant capacity of green tomato (*Physalis ixocarpa*)

Arturo Aguiñaga-Bravo¹, Kati Medina-Dzul^{1*}, René Garruña-Hernández¹,
Luis Latournerie-Moreno¹, Esaú Ruíz-Sánchez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico S/N, Conkal, Yucatán. México. C.P. 97345.

*Autor de correspondencia

Resumen

Se evaluó en tomate verde el efecto de la adición de bocashi o estiércol de ovino mezclado con 50% de fertilizantes sintéticos. Se estudiaron variables fisiológicas, de producción de biomasa, rendimiento de fruto y contenido de minerales en el follaje, valor nutritivo y capacidad antioxidante del fruto. La biomasa y rendimiento de fruto no presentaron diferencias entre tratamientos, excepto la biomasa de raíz. La acumulación de N fue mayor en el follaje de plantas con estiércol de ovino + fertilización química 50% (EO-FQ 50%), la tasa de transpiración fue mayor y la conductancia estomática menor. La acumulación de P y K no varió entre tratamientos. Los contenidos de grasa, Ca, K, Fe y fenoles totales fueron mayores en frutos con EO-FQ 50%. La adición de abono orgánico con fertilización química al 50% iguala los rendimientos y mejora la calidad de fruto de tomate verde (*P. ixocarpa*).

Palabras clave: Bocashi; estiércol de ovino; *Physalis ixocarpa*; calidad de fruto; antioxidantes.

Abstract

The effect of the addition of bocashi or sheep manure, mixed with 50% of synthetic fertilizers was evaluated in green tomato. Physiological variables, biomass production, fruit yield, and mineral foliar content, nutritive value and antioxidant capacity of the fruit were studied. The biomass and the yield of the fruit do not present differences between the treatments, except for the root biomass. The accumulation of N was greater in the foliage of plants with sheep manure + chemical fertilization 50% (SM-ChF 50%), the transpiration rate was higher, and the stomatal conductance was lower. The accumulation of P and K did not vary between treatments. The contents of fat, Ca, K, Fe, and total phenols were higher in fruits with SM-ChF 50%. The addition of organic fertilizer with 50% chemical fertilization equals yields and improves the quality of the green tomato (*P. ixocarpa*).

Keywords: Bocashi; sheep manure; *Physalis ixocarpa*; fruit quality; antioxidants.

Recibido: 08 de enero de 2019

Aceptado: 24 de febrero de 2019

Publicado: 25 de marzo de 2020

Como citar: Aguiñaga-Bravo, A., Medina-Dzul, K., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., & Ruíz-Sánchez, E. (2020). Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). *Acta Universitaria* 30, e2475. doi. <http://doi.org/10.15174/au.2020.2475>

Introducción

La aplicación de grandes cantidades de fertilizante de síntesis química ha impactado negativamente la diversidad de la rizósfera y ha afectado de manera significativa los procesos biológicos naturales que ocurren en el suelo, comprometiendo a largo plazo la productividad agrícola (Cruz-Koizumi, Alayón-Gamboa & Morón-Ríos, 2017). Si bien proporcionan nutrientes fácilmente disponibles para los cultivos, la absorción excesiva de nitratos y sulfatos, además de dañar al suelo, podrían causar problemas en la salud de los humanos (Taiwo, Adediran & Sonubi, 2007).

En este sentido, la agricultura moderna ha incorporado el uso de productos orgánicos que incrementan el crecimiento y rendimiento de los cultivos, la calidad de las cosechas y que además tienen efectos fisiológicos que incluyen el alargamiento celular, la diferenciación vascular y el desarrollo de la producción (Luna *et al.*, 2016). El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, debido a que ayudan al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato, Leblanc & Kameko, 2007; Ramos & Terry, 2014). Además, promueven el crecimiento de microorganismos que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, disminuyen el uso de los fertilizantes químicos y disminuyen el impacto ambiental negativo (Onwu, Osujieke, Gani & Ali, 2018).

Entre los abonos orgánicos sobresalen la composta, bocashi, vermicomposta y estiércoles, ya que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey, 2004).

Existen varios estudios que dan cuenta de que la adición de abonos orgánicos en combinación con menores cantidades de fertilización química mantiene estable la producción de frutos de hortalizas (Mehdizadeh, Darbandi, Naseri-Rad & Tobeh, 2013).

Riahi *et al.* (2009) evaluaron la influencia de diferentes fertilizantes orgánicos en el rendimiento y las propiedades físico químicas del tomate cultivado orgánicamente.

En las últimas dos décadas, el tomate verde (*Physalis ixocarpa*) se consolidó como una de las principales hortalizas en México; en el año 2016 se sembraron 42 639 ha, con una producción de 679 910 t y un rendimiento promedio de 16.7 t ha⁻¹ (Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera [SIAP], 2017). Sus frutos se consumen como alimento debido a su sabor característico y contenido nutrimental (rico en proteínas, grasas, fibra cruda, carbohidratos, hierro entre otros nutrientes) (SIAP, 2016). En la medicina alternativa se usan las hojas por el contenido de compuestos antioxidantes (Medina-Medrano *et al.*, 2015).

Por todo lo mencionado, el presente trabajo se desarrolló bajo la hipótesis que el abonado orgánico, más 50% de fertilización química permite rendimiento de fruto y crecimiento de planta de tomate verde, similar a lo obtenido con fertilización química convencional. Además, el abonado orgánico puede incrementar algunos parámetros de calidad de frutos, como composición nutrimental y capacidad antioxidante.

Materiales y Métodos

Establecimiento y manejo del cultivo

La investigación se realizó de marzo a junio de 2018 en el área de producción hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal (21° 4' N y 89° 31' O), en el municipio de Conkal, Yucatán. La temperatura promedio registrada en los meses de la investigación fue de 33 °C/22 °C. El suelo es tipo Leptosol.

En un invernadero del Instituto Tecnológico de Conkal se sembraron semillas de tomate verde variedad Señorío (Starseeds, México) en charolas de 200 cavidades, se utilizó como sustrato Peatmoss y las plántulas se fertilizaron con fertilizante triple 17, con dosis de 1 g L⁻¹ cada tres días. El trasplante se realizó 20 días después de la siembra (dds) y la distancia entre plantas fue de 0.30 m y entre líneas de 1.20 m. En cada línea se preparó una cama de 50 cm de ancho debido a que el suelo de la zona es altamente pedregoso. Desde el trasplante se dosificó la fertilización por fertirriego con un inyector tipo venturi. Además, se realizó tutorado de plantas y control de maleza manual durante todo el ciclo de cultivo.

Preparación y establecimiento de los tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos: tratamiento uno, que incluyó abonado con bocashi + fertilización química al 50% (B-FQ 50%); tratamiento dos, que incluyó abonado con estiércol de ovino + fertilización química al 50% (EO-FQ 50%); y el tratamiento tres incluyó fertilización química al 100% (FQ 100%). La FQ 100% fue a dosis de 100:150:100 (N:P:K), según recomendaciones de fertilización para cultivos de hortalizas en la región (Soria, Tun, Trejo & Terán, 2002).

Treinta días antes del trasplante se adicionaron los abonos orgánicos directamente a las camas de 0.50 m de ancho, lo cual corresponde a la línea efectiva, debido a que el resto del ancho de la línea (0.70 m) es totalmente pedregoso. Los abonos orgánicos se adicionaron en cantidad de 5 kg/m² de cama preparada, lo que representa un total de 20.85 t ha⁻¹. El bocashi se elaboró con suelo (250 kg), estiércol de ovino (100 kg), hojarasca (70 kg), cenizas (15 kg), melaza (40 kg), carbón (20 kg), harina de pescado (10 kg) y levadura (2 kg). Los componentes se mezclaron y se les agregó agua con melaza; este último paso se repitió cada dos días junto con una remoción empleando un total de 40 kg de melaza en todo el proceso. La mezcla se procesó por 21 días.

El estiércol de ovino se recolectó de un corral de ovinos de la Unidad de Producción de Ovinos del Instituto Tecnológico de Conkal, el cual tenía 45 días de estar en descomposición a la intemperie.

Al día siguiente de la incorporación de los abonos orgánicos al suelo, se realizó un análisis de fertilidad del suelo, según lo establecido por Riahi *et al.* (2009), se determinó el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black, en el que se estima el carbono orgánico total de una muestra. El pH y conductividad eléctrica se determinaron con la ayuda de un analizador electroquímico Consort[®] C931, nitrógeno total (%) por el método Kjeldahl (AOAC, 954.01). El fósforo total (mg kg⁻¹) se cuantificó por espectroscopía de Uv-Vis, y los minerales (K, Ca, Mg y Na) fueron determinados por absorción atómica, previa calcinación y digestión ácida (tabla 1).

Tabla 1. Composición química de los suelos después de adición de abonos orgánicos.

Abono orgánico adicionado	pH	CE	MO	N	P	Na	K	Ca	Mg
Bocashi	7.9	2.5	12.1	80.4	82.4	1460	10 200	1380	380
Estiércol de ovino	8.2	2.2	16.8	81.9	91	1400	9500	1260	510
Sin abono	8	1.4	14.2	64	72	850	9000	1180	420

CE: conductividad eléctrica ($\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$), MO: materia orgánica (%), N: nitrógeno total (%), P: fósforo (mg kg^{-1}), Na: sodio (mg kg^{-1}), potasio (mg kg^{-1}), Ca: calcio (mg kg^{-1}), Mg: magnesio (mg kg^{-1}).

Fuente: Elaboración propia.

Los tratamientos se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el caso de las variables fisiológicas solo se evaluaron tres bloques (repeticiones). Cada repetición consistió en una unidad experimental de tres surcos de 10 m de largo. Las variables se evaluaron en el surco central que contenía al menos 35 plantas.

Evaluación del rendimiento y biomasa seca

El rendimiento se obtuvo del peso de todos los frutos durante cuatro cosechas; la primera cosecha se realizó a los 60 días después del trasplante y posteriormente cada 10 días.

La biomasa seca se evaluó en diferentes órganos de la planta (raíz, tallo y hoja). Se evaluaron ocho plantas por tratamiento, se seccionaron por órganos y se secaron en un horno de convección a 65 °C durante cinco días.

Contenido de N, P y K en hojas

Se colectaron hojas apicales a los 50 días después del trasplante, cuando las plantas se encontraban en etapa reproductiva y amarre de frutos. Se colectaron 150 g de hojas por tratamiento. Las muestras se secaron a 65 °C; posteriormente, se molieron y se analizaron. El contenido de nitrógeno total (%) fue determinado por el método de Kjeldahl (AOAC, 954.01), el fósforo total (mg kg^{-1}) fue determinado por espectrofotometría UV-VIS y el potasio total (mg kg^{-1}) fue determinado por absorción atómica con digestión ácida.

Evaluación de las variables fisiológicas

A los 50 días después del trasplante, se realizó la evaluación de las 8:00 h a las 10:00 h del día de la asimilación neta (A_N), la transpiración (E), el carbono intercelular (C_i) y la conductancia estomática (g_s) y uso eficiente del agua (EUA). Las mediciones se realizaron en hojas nuevas completamente extendidas proximales al dosel. Se realizaron cinco lecturas por planta y se tomaron tres plantas por bloque, que resultaron en un total de nueve plantas por tratamiento. Las mediciones se realizaron con un medidor de gases en infrarrojo (LI6400 xt, LI-COR, Ne, E.U).

Análisis de calidad del fruto

Selección y preparación de la muestra

Para el análisis de frutos, las muestras se colectaron aleatoriamente en las unidades experimentales para formar una muestra de 1 kg por tratamiento. Se seleccionaron frutos sanos y sin ningún daño, se les retiró la cáscara más externa, se lavaron, se cortaron y se dividieron en tres partes. Una parte fue utilizada en fresco para el análisis de clorofilas, acidez titulable y ácido ascórbico; la segunda parte de la muestra

utilizada para la composición proximal (ceniza, grasa, proteína, fibra) y análisis de minerales fue secada en estufa de convección a 60 °C durante cuatro días y molidas en un molino (Ika® Werke mod Mf 10 basic), el fruto se procesó completo, incluyendo las semillas; y una tercera parte fue liofilizada para el análisis de fenoles totales y actividad antioxidante.

Composición proximal

Para la determinación de la composición proximal se utilizaron los métodos oficiales de la *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC) (AOAC, 2000): humedad (925.09), nitrógeno (954.01), grasas (920.39) y cenizas (923.03). La fibra cruda fue determinada por el método de la bolsa de papel filtro con el analizador de fibras ANCON, el cual utiliza digestión ácida con H₂SO₄ (1.25%) y digestión alcalina con NaOH (1.25%). Los carbohidratos totales se cuantificaron como elementos libres de nitrógeno por diferencia, restando al 100% el contenido de proteína, grasas, cenizas y fibra cruda. El factor de conversión para proteínas fue 6.25.

Determinación de minerales

Para determinar minerales se calcinaron los frutos en mufla a 600 °C por cuatro horas, las cenizas se solubilizaron por calentamiento en 2 mL de ácido nítrico 1:1, antes de la dilución final, la cual se aforó con agua desionizada y la solución ácida fue usada para determinar los minerales. Para la determinación de Zn, B, Cu, Fe, Ca, Na, Mg y K se empleó un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma de microondas (MP-AES, Agilent, 4100); la determinación de P se realizó por espectroscopía Uv-Vis.

Cuantificación de clorofilas

La cuantificación de clorofilas se realizó de acuerdo al método de Arnon (1949), para lo cual 25 g del fruto fresco fueron mezclados con 100 mL de acetona al 80%, a la que previamente se le agregó carbonato de sodio al 1% (v/v). Se realizó una extracción durante 10 min en un baño ultrasónico. El extracto de la muestra se filtró a vacío y se centrifugó a 4000 FCR (fuerza centrífuga relativa) durante 10 min. Esta operación se repitió hasta que el color verde fue eliminado por completo a partir del residuo, los filtrados fueron homogeneizados y se midió la absorbancia de esta solución en un espectrofotómetro UV-Vis lambda E2150, a 663 nm y 645 nm para determinar clorofila *a* y *b*, respectivamente. El contenido de clorofila *a*, *b* y total fueron calculados mediante la ecuación de Arnon (1949).

$$\text{Clorofila total} = 8.02 (\text{ABS}_{663}) + 20.21 (\text{ABS}_{645})$$

$$\text{Clorofila } a = 12.7 (\text{ABS}_{663}) - 2.69 (\text{ABS}_{645})$$

$$\text{Clorofila } b = 22.9 (\text{ABS}_{645}) - 4.68 (\text{ABS}_{663})$$

Caracterización fisicoquímica

La concentración de sólidos solubles (°Brix) se determinó por el método AOAC (932.12) (AOAC, 2000), utilizando un refractómetro digital (Mettler Toledo-30PX®); la acidez titulable expresada como ácido cítrico fue determinada por el método AOAC (942.15) (AOAC, 2000). Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó por triplicado mediante el método descrito por Dae-Ok, Ock, Young, Hae-Yeon & Lee (2003) y con modificaciones de Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho & Fett (2005), basado en la reducción de la absorbancia a 517 nm del radical DPPH• (2,2- Difenil-1-picrilhidrazilo), por los antioxidantes presentes en la muestra. Los resultados se expresaron en μmol equivalentes de Trolox por 100 g de fruto fresco (μmol ET 100 g⁻¹ p.s).

Determinación de ácido ascórbico

El ácido ascórbico se determinó de acuerdo al método Tillmans (AOAC, 2000). Se utilizó una solución estándar de L-ácido ascórbico (99% de pureza, Sigma® Madison Wisconsin, USA). La extracción se realizó en condiciones de oscuridad para evitar la degradación del ácido ascórbico. Este análisis se realizó en fruto fresco por triplicado. Los resultados fueron expresados como mg de ácido ascórbico por cada 100 g de fruto fresco (mg 100 g⁻¹ p.f).

Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de fenoles totales se determinó en el fruto liofilizado de tomate verde, utilizando el método de Folin-Ciocalteu reportado por Singleton & Rossi (1965) con modificaciones, en el cual se empleó una mezcla de ácidos wolfrámico y fosfomolibdico en medio básico, que se reduce al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio y molibdeno. La absorbancia se midió a 750 nm en espectrofotómetro. Se realizó una curva de calibración usando ácido gálico como patrón. Los resultados se expresaron en mg de fenoles totales por 100 g de fruto fresco equivalentes a ácido gálico (mg FT 100 g⁻¹ p.s EAG).

Análisis estadístico

A los datos se les realizó un análisis de varianza y cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas se realizó una prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$). Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2017.

Resultados

Rendimiento y biomasa seca

Con base en los resultados obtenidos, se observó que el contenido de biomasa seca de hoja (p , 0.08) y de tallo (p , 0.41) no fue diferente estadísticamente entre tratamientos, no así para la biomasa seca en raíz, donde se encontró el mayor contenido en las plantas tratadas con bocashi + fertilización química al 50% (B-FQ 50%) (53.3 g) y el menor contenido con fertilización química al 100% (FQ 100%) (23.9 g). Tampoco hubo variación en el rendimiento de fruto (kg planta⁻¹) (p , 0.24) (tabla 2).

Tabla 2. Efecto de adición de abonos orgánicos y fertilización química en la biomasa y rendimiento de fruto comercializable.

Tratamiento	Biomasa (g)			Rendimiento (kg planta ⁻¹)
	Hoja	Tallo	Raíz	
B-FQ 50 %	30.4 ± 3.5	57.9 ± 3.5	53.3 ± 10.7 a	1.7 ± 0.3
EO-FQ 50 %	37.3 ± 5.5	74.2 ± 5.5	34.4 ± 7.0 ab	1.8 ± 0.3
FQ100 %	44.2 ± 6.1	79.5 ± 6.1	23.9 ± 5.3 b	1.0 ± 0.03
Valor de p	0.0856	0.4108	0.0184	0.241

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de N, P y K en hojas de tomate verde

La aplicación de los abonos no mostró aporte de fósforo (p , 0.58) y potasio (p , 0.469) en el follaje de las plantas de *P. ixocarpa*. En cambio, para el caso del contenido de nitrógeno (p , 0.028), el tratamiento con

estiércol de ovino + fertilización química al 50% (EO-FQ 100%) (3.37%) mostró estadísticamente mayor valor que FQ 100% (2.67%) (tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de (NPK) en hojas de *P. ixocarpa*.

Tratamiento	N total (%)	P total (mg kg ⁻¹)	K total (mg kg ⁻¹)
B-FQ 50 %	2.9 ± 0.12 ab	1479.8 ± 84.21	30742.1 ± 1372.02
EO-FQ 50 %	3.4 ± 0.20 a	1720.2 ± 186.38	30024.2 ± 926.63
FQ 100 %	2.7 ± 0.15 b	1565.9 ± 177.55	28433.3 ± 1801.06
Valor de <i>p</i>	0.028	0.586	0.469

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Variables fisiológicas

Los resultados muestran que la tasa de asimilación neta de carbono (A_N = fotosíntesis) fue estadísticamente similar en las plantas de los tres tratamientos (34.9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Sin embargo, la transpiración (E) fue estadísticamente superior en las plantas con EO-FQ 50% (11.3 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en comparación con las de B-FQ 50% (10.2 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y FQ 100% (9.7 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Por otra parte, tanto los valores de la conductancia estomática (g_s) como el de carbono intercelular (C_i) y el uso eficiente del agua (EUA) fueron superiores en plantas con fertilización química al 100% (1.6 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 294.9 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, 3.6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}$, respectivamente) (tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en los valores medios de las variables fisiológicas por tratamiento.

Tratamiento	A_N ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}$)
B-FQ 50 %	34.6 ± 0.47	10.3 ± 0.12 b	1.4 ± 0.04 b	289.2 ± 0.75 b	3.4 ± 0.02 b
EO-FQ 50 %	35.2 ± 0.39	11.3 ± 0.10 a	1.3 ± 0.02 c	282.9 ± 1.02 c	3.11 ± 0.02 c
FQ 100 %	35.2 ± 0.25	9.7 ± 0.08 c	1.62 ± 0.03 a	294.9 ± 1.03 a	3.6 ± 0.03 a
Valor de <i>p</i>	0.366	0.048	0.001	0.0001	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Composición proximal del fruto

Se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad para los tres tratamientos, en donde se determinó que el fruto de tomate verde tiene un 90% de la composición total. En los frutos con B-FQ 50% y EO-FQ 50%, los contenidos de cenizas fueron iguales estadísticamente (1.51% y 1.3%, respectivamente), y ambas fueron diferentes a los de FQ100% (1.05%). El contenido de proteína no presentó diferencias estadísticas en ningún tratamiento, a diferencia del contenido de grasa, el cual fue igual estadísticamente entre B-FQ 50% y FQ 100%, ambos diferentes de EO-FQ 50% en donde se encontró el mayor contenido de este analito; asimismo, se observó que la fibra cruda tampoco presentó diferencias estadísticas entre tratamientos (tabla 5).

Tabla 5. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la composición proximal del *P. ixocarpa*.

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra cruda	ELN
B-FQ 50 %	90 ± 0.73	1.5 ± 0.09 a	9.6 ± 1.07	1.9 ± 0.04 a	4.8 ± 0.63	82 ± 1.24
EO-FQ 50 %	90 ± 0.16	1.3 ± 0.06 a	8.4 ± 0	2.5 ± 0.23 b	4.9 ± 0.53	83 ± 0.84
FQ100 %	90 ± 0.35	1.05 ± 0.07 b	8.1 ± 0.32	1.9 ± 0.02 a	4.3 ± 0.24	85 ± 0.22
Valor de <i>p</i>	0.72	0.017	0.252	0.043	0.583	

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de minerales

Los resultados obtenidos indicaron que en los abonos orgánicos la mayoría de los minerales analizados sobresalieron en contenido. Cuando se usó B-FQ 50%, el Na en el fruto de tomate verde fue mayor que los contenidos encontrados en frutos tratados con EO-FQ 50%. Sin embargo, se observó que el Cu, Fe y K mostraron un aumento en los frutos de plantas tratadas con EO-FQ 50%. El fósforo fue igual estadísticamente entre EO-FQ 50% y B-FQ 50%, pero ambos diferentes de FQ 100%. Zn, B, Ca y Mg no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de minerales (mg kg⁻¹) de *P. ixocarpa*.

Tratamiento	Zn	B	Cu	Fe	K	Ca	Na	Mg	P
B-FQ 50 %	26.0 ± 4.7	10.6 ± 0.27	4.9 ± 0.17 a	52.6 ± 2 a	23367.2 ± 161 a	1213.0 ± 0.66	1333.5 ± 208 a	874.4 ± 7	2318.6 ± 70 a
EO-FQ 50 %	31.7 ± 0.11	8.6 ± 0.08	7.0 ± 0.70 b	107.9 ± 7.5 b	26609.8 ± 28 c	1534.3 ± 4	656.9 ± 40 b	757.3 ± 0.93	2480.6 ± 20 a
FQ100 %	25.3 ± 1.4	9.8 ± 0.45	6.0 ± 0.45 ab	58.0 ± 2 a	21923.3 ± 269 b	1041.1 ± 310	602.6 ± 94 b	743.1 ± 0.01	2068.8 ± 37 b
Valor de <i>p</i>	0.702	0.13	0.05	0.0002	0.0007	0.466	0.04	0.183	0.0024

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de clorofilas, acidez titulable y °Brix

Los frutos obtenidos de plantas tratadas con EO-FQ 50% y FQ 100% fueron iguales estadísticamente y superiores en cuanto al contenido de clorofila *a*, clorofila *b* y clorofila total, ambos fueron diferentes de B-FQ 50%.

La clorofila *a* fue la que se encontró en mayor cantidad para todos los tratamientos. Por el contrario, se observó en el contenido de la acidez titulable del fruto el valor más elevado en el tratamiento con B-FQ 50%. Para el caso de los °Brix, todos los tratamientos presentaron diferencias estadísticas entre sí; los mayores valores se obtuvieron con FQ 100% (tabla 7).

Tabla 7. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de clorofilas, acidez titulable y °Brix de *P. ixocarpa*.

Fertilización	Ca (mg kg ⁻¹)	Cb (mg kg ⁻¹)	Ctotal (mg kg ⁻¹)	Acidez titulable (%)	°Brix
B-FQ 50 %	3.6 ± 0.37 a	2.2 ± 0.11 a	5.8 ± 0.25 a	2.1 ± 0.12 a	6.5 a
EO-FQ 50 %	11.9 ± 0.53 b	5.6 ± 0.53 b	17.6 ± 1.07 b	1.5 ± 0.24 b	6.0 c
FQ100 %	16.8 ± 0.15 b	7.1 ± 1.08 b	23.8 ± 1.24 b	1.5 ± 0.05 b	7.0 b
Valor de p	0.007	0.004	0.006	0.050	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Antioxidantes

En la tabla 8 se indica que la capacidad antioxidante de frutos entre los tratamientos fue igual, sin diferencias estadísticas. El mismo comportamiento se presentó en el porcentaje de inhibición y el contenido de ácido ascórbico. Los niveles de fenoles totales fueron iguales para EO-FQ 50% y B-FQ 50%. Ambos resultaron estadísticamente iguales entre sí y diferentes de FQ 100%, donde se presentó el nivel mínimo de 12 mg EAG g⁻¹.

Tabla 8. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la capacidad antioxidante del fruto de *P. ixocarpa*.

Tratamiento	DPPH µmol Trolox 100g ⁻¹	% de inhibición	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)	Fenoles totales (mg EAG g ⁻¹)
B-FQ 50 %	1123 ± 0.008	56.1 ± 0.8	13.1 ± 0.18	17 ± 0.22 a
EO-FQ 50 %	1119 ± 0.002	55.9 ± 0.02	12.5 ± 0	18 ± 1.45 b
FQ100 %	1119 ± 0.12	55.9 ± 0.01	12.9 ± 0	12 ± 0.51 c
Valor de p	0.670	0.858	0.07	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La producción de biomasa de hoja y tallo resultó igual en las plantas tratadas con abonos orgánicos y fertilización química. Sin embargo, la biomasa de raíz fue superior en las plantas tratadas con abonos orgánicos, en particular con bocashi + fertilización química al 50% (B-FQ 50%). La producción de frutos fue similar en los tres tratamientos. La adición de abonos orgánicos podría utilizarse como sustituto parcial de los fertilizantes químicos sin afectar el rendimiento de fruto, como lo reportan Hui, Ran, Amin & Mridha (2001) en el cultivo de tomate rojo (*L. esculentum L. cv. Momotaro T 96*). Incluso, algunos parámetros de crecimiento de biomasa, en especial de raíz, puede incrementar por uso de los abonos orgánicos, como lo registran Mehdizadeh *et al.* (2013), quienes al aplicar abonos orgánicos obtuvieron aumento significativo en crecimiento en brotes y raíces en tomate rojo. Las mejoras en el crecimiento y rendimiento de las plantas tratadas con abonos orgánicos también podrían atribuirse parcialmente a grandes aumentos en la biomasa microbiana del suelo, que conducen a la producción de hormonas que actúan como reguladores del crecimiento de las plantas (Tu, Ristaino & Hu, 2006).

El contenido de elementos minerales en el follaje mostró diferencias estadísticas entre estiércol de ovino + fertilización química al 50% (EO-FQ 50%) y fertilización química al 100% (FQ 100%) para los niveles de N total, en tanto que para P y K no se observó variación. Esto se puede explicar porque la adición de estiércol de ovino permitió cantidades importantes de N en el suelo (tabla 1).

En los resultados se observó que la fertilización con abonos orgánicos no afectó la respuesta fotosintética de las plantas (tabla 4). Por otra parte, la transpiración fue inferior en las plantas con fertilización química, lo cual coincide con el tamaño de biomasa de raíces; en este sentido, se consideró que menor área de raíz influyó en menos área de contacto con la humedad del suelo y, como consecuencia, una mayor restricción en el gasto de agua de las plantas. La conductancia estomática y uso eficiente de agua fue menor en plantas tratadas con abonos orgánicos. En el estudio de Ronga *et al.* (2015) también encontraron que las plantas de tomate fertilizadas con abonos orgánicos presentaron menor uso eficiente de agua. Sin embargo, para el caso de la conductancia estomática esos autores no encontraron un patrón consistente del efecto del abonado orgánico, ya que la respuesta dependió del ciclo y la variedad del cultivo. Por otra parte, el carbono intercelular fue superior en las plantas con fertilizante al 100%; según indican Ehleringer & Cerling (1995), estas plantas acumularon más carbono en los espacios aéreos intercelulares esperando a ser carboxilado en el ciclo de Calvin-Benson.

En cuanto a los análisis de calidad realizadas en el fruto, el 90% de humedad encontrada en el fruto se considera un valor elevado, pero característico de los frutos y similar a lo reportado por Cantwell, Flores-Minutti & Trejo-González (1991) para *P. ixocarpa*. A su vez, el porcentaje de cenizas es un indicativo de los minerales que se pueden encontrar en el fruto. El valor más bajo (1.05%) se encontró en FQ 100% y difiere de los contenidos reportados por Oztrzycka, Horbowicz, Dobrzanski, Jankiewics & Borkowski (1988) para el tomate verde Rendidora B1, cuyos valores fueron 7.6% y 8.2% de cenizas.

Respecto al contenido de proteína (8.08%-9.64%), también difiere de lo reportado por Oztrzycka *et al.* (1988), quienes encontraron valores de 12.25% a 14.9%. En el presente estudio los valores fueron ligeramente menores que los reportados en la literatura, y no se observó que el abonado orgánico ejerciera algún efecto sobre esta variable.

En relación con el contenido de grasa, se observó que los frutos con EO-FQ 50% tuvieron el mayor valor (2.5%), por lo que sería interesante realizar estudios sobre los ácidos grasos específicos que están presentes en el fruto, los cuales podrían influir sobre el sabor o las propiedades benéficas a la salud por su consumo. En la fibra cruda tampoco se observó algún efecto de los tratamientos aplicados respecto al incremento o disminución.

El tipo de fertilización afectó la concentración de Cu, Fe y K. Estos minerales se encontraron en mayor contenido en EO-FQ 50%; adicionalmente, el K sobresalió en contenido respecto a los demás minerales analizados en todos los tratamientos (tabla 6), el valor supera la ingesta diaria recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) (3510 mg) para adultos. En el caso del Na, este presentó un mayor contenido en B-FQ 50%, y los niveles presentes en el tomate verde cubren parcialmente la recomendación de ingesta diaria recomendada (2000 mg), pero eleva los niveles recomendados para potasio (1200 mg), Cu (0.2 mg) y Fe (6 mg -28 mg) (OMS, 2013; Passmore, Nicol, Narayana-Rao, Beaton & Demaeyer, 1975).

De manera general, se observa que EO-FQ 50% es el tratamiento en el que la mayoría de los minerales predominan, es probable que esa respuesta obedezca al efecto del contenido de materia orgánica. En la tabla 1, donde se informa la composición química de los suelos después de la fertilización orgánica, se observa que EO-FQ 50% sobresale en contenido de materia orgánica, N, P y Mg. En este sentido, la materia

orgánica es importante para el desarrollo de las plantas, libera nutrientes y mejora las propiedades del suelo y, a su vez, promueve la actividad radicular. Los nutrientes liberados de los materiales orgánicos están en equilibrio con diversos elementos y algunas sustancias son fisiológicamente activas (Bilalis *et al.*, 2016).

Según Barone, Caruso, Marra & Sottile (2001), mencionado por González-Mendoza *et al.* (2011), el fruto de *P. ixocarpa* no se incluye en los cultivares dulces (acidez titulable < 1%). Sin embargo, los valores obtenidos para la acidez titulable estuvieron por arriba de 1%. El contenido de °Brix fue menor (6-7 °Brix) para los frutos de este estudio comparados con los reportados por González-Mendoza *et al.* (2011), excepto para el genotipo 14-130 ICTS-UDG, con un valor de 5.07 °Brix; los demás genotipos mostraron valores superiores de 7.73 para 17-196 ICTS-UDG hasta 9.23 para 012-048 ICTS-UDG. La diferencia de los °Brix o sólidos solubles entre los frutos puede diferir entre especies debido al grado de madurez. El aumento de los sólidos solubles durante la maduración de los frutos climatéricos se da por la actividad de la enzima sacarosa fosfato sintasa, que es responsable de hidrolizar los gránulos de almidón. Por otra parte, las protopectinas en las paredes celulares se hidrolizan a pectinas solubles, lo que contribuye al aumento de la concentración de los sólidos solubles durante el proceso de maduración (González, Ordoñez, Vanegas & Vásquez, 2014).

Las clorofilas son pigmentos presentes en la mayoría de los frutos verdes; en tomate verde, este pigmento decrece con el paso de los días, los valores observados de clorofila total en el fruto fueron mayores en FQ 100%. Estos pigmentos están relacionados con la presencia del Mn, que es un micronutriente esencial para la síntesis de clorofila, su función principal está relacionada con la síntesis de enzimas como la arginasa y fosfotransferasa (Hernández-Sigala, Sánchez-Chávez, Guerrero-Morales, Rivas-Lucero & Anchondo-Nájera, 2014), probablemente los fertilizantes orgánicos contenían en menor cantidad a este micronutriente, ya que contienen menor cantidad de nutrimentos en comparación con los fertilizantes químicos (Carvajal & Mera, 2010).

Asimismo, se pudo constatar que la clorofila *a* para todos los tratamientos predominó con relación a la clorofila *b*. Los resultados encontrados en este trabajo resultaron inferiores a lo encontrado por Cantwell *et al.* (1991) para *P. ixocarpa*. Estos autores reportan que el fruto contiene hasta 53 mg kg⁻¹ de clorofila total; sin embargo, se debe tener en cuenta que la concentración de pigmentos varía con la edad, madurez y tipo de especie. Además, el contenido de pigmentos fotosintéticos puede cambiar como respuesta a factores de estrés, a la capacidad fotosintética o al estado de desarrollo de la planta (Casierra-Posada, Ávila-León & Riascos-Ortíz, 2012); por lo tanto, debido a esto se podrían explicar las diferencias entre los frutos de este trabajo y lo reportado por Cantwell *et al.* (1991).

Los valores encontrados de ácido ascórbico (vitamina C) fueron iguales estadísticamente entre tratamientos. Los contenidos encontrados (12.55 mg 100 g⁻¹ - 13.10 mg 100 g⁻¹) fueron similares a lo reportado por Oztrzycka *et al.* (1988) para tomate verde rendidora B1 (8.1 mg 100 g⁻¹ - 15 mg 100 g⁻¹) y dependiendo de la temporada de cosecha.

La importancia del conocimiento de los antioxidantes se debe a que, además de que afecta la vida útil de los frutos y vegetales, estos son capaces de proteger a las células contra los radicales libres causantes de enfermedades crónico-degenerativas, entre ellas el cáncer (Elmann, Garra, Alkalai-Tuvia & Fallik, 2016), y su consumo podría ejercer un impacto benéfico sobre la salud de los humanos.

El fruto presentó un elevado porcentaje de inhibición antioxidante que resultó mayor al 50%. Además del ácido ascórbico y los compuestos fenólicos, *P. ixocarpa* tiene una importante variedad de compuestos antioxidantes presentes en sus raíces, tallos, hojas y frutos. Los compuestos fenólicos juegan un papel trascendental en las plantas, también se han revelado como importantes marcadores

quimiotaxonómicos y han mostrado una amplia diversidad de propiedades biológicas como antiinflamatorias, antimelanogénico además de las antioxidantes (Cobaleda-Velasco *et al.*, 2018). Los resultados del presente estudio evidenciaron que *P. ixocarpa* es una importante fuente de compuestos antioxidantes como los fenoles totales en donde se puede relacionar la fertilización orgánica con el aumento de la cantidad de estos metabolitos secundarios. Se encontraron niveles máximos de 18 mg EAG g⁻¹ de fruto liofilizado para EO-FQ 50%. En contraste con lo reportado por González-Mendoza *et al.* (2011), para algunos genotipos de *P. ixocarpa* que presentaron valores entre 4.68 mg EAG g⁻¹ y 9.65 mg EAG g⁻¹, los tomates de nuestro estudio duplicaron esos valores.

Conclusiones

El análisis del contenido mineral (N, P, K) del follaje mostró que la adición de estiércol de ovino permite mayor acumulación de N en la planta y EJA. El proceso de transpiración no mostró diferencia estadística entre tratamientos y la conductancia estomática, el carbono intercelular fue mayor en el tratamiento químico al 100%. Respecto a la calidad del fruto, esta se vio favorecida con el uso de abono orgánico + 50% de fertilización química en algunos parámetros, como el aumento de grasa, los minerales Cu, Fe, P, Ca, K y el contenido de fenoles totales. Sin embargo, los contenidos de clorofilas fueron mayores en la fertilización química al 100%.

Por lo anterior, se podría recomendar el uso de estiércol de ovino + 50% y fertilización química, pues la adición de este iguala los rendimientos al mismo nivel de la fertilización química y mejora la calidad de fruto de tomate verde (*P. ixocarpa*).

Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, al Dr. David Muñoz Rodríguez y al Dr. Jesús Barrón Zambrano, por las facilidades otorgadas para el uso del equipo MP-AES en el cual se determinaron los minerales.

Referencias

- Arnon, D. (1949). Coper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Association of Official Agricultural Chemists. (2000). *Chemists* (17th Ed.). Vol. 1 Kenneth Helrich (ed.). Washington, D.C.
- Barone, E., Caruso, T., Marra, F. P., & Sottile F. (2001). Preliminar observations on some Sicilian pomegranate (*Punica granatum L.*) varieties. *Journal of the American Pomological Society*, 55(1), 4-7.
- Bilalis, D., Tabaxi, I., Zervas, G., Tsiplakou, E., Travlos, I., Kakabouki, I., & Tsioros, S. (2016). Chia (*Salvia hispanica*) fodder yield and quality as affected by sowing rates and organic fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47, 1-18. doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1206921>
- Carvajal, J., & Mera, A. (2010). Fertilización biológica: Técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*, 5(2), 77-96.
- Casierra-Posada, F., Ávila-León, O., & Riascos-Ortíz, D. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. *Revista Temas Agrarios*, 17(1), 60-71. doi: <https://doi.org/10.21897/rt.v17i1.697>

- Cantwell, M., Flores-Minutti J., & Trejo-González, A. (1992). Developmental Changes and Postharvest Physiology of Tomatillo Fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Scientia Horticulturae*, 50(1-2), 59-70. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(05\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(05)80009-3)
- Cerrato, M. E., Leblanc, H. A., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de bocashi, compost y lombricompost producidos en la universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3(2), 183-197.
- Claassen, V. P., & Carey, J. L. (2004). Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using compost. *Compost Science & Utilization*, 12(2), 145-152. doi: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702173>
- Cobaleda-Velasco, M., Almaraz-Abarca, N., Alanis-Bañuelos, R. E., Uribe-Soto, J. N., González-Valdez, L. S., Muñoz-Hernández, G, Zaca-Morán, O., & Rojas-López, M. (2018). Rapid determination of phenolics, flavonoids and antioxidant properties of *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem. and *Physalis angulata* L. by infrared spectroscopy and partial least squares. *Analytical Letters*, 51(4), 523-536. doi: <https://doi.org/10.1080/00032719.2017.1331238>
- Cruz-Koizumi, Y. P., Alayón-Gamboa, J. A., & Morón-Ríos, A. (2017). Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche(México). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(2), 41-53.
- Dae-Ok, K., Ock, C., Young, K., Hae-Yeon, M., & Lee, C. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6509-6515. doi: <https://doi.org/10.1021/jf0343074>
- Elmann, A., Garra, A., Alkalai-Tuvia, S., & Fallik, E. (2016). Influence of organic and mineral-based conventional fertilization practices on nutrient levels, anti-proliferative activities and quality of sweet red peppers following cold storage. *Israel Journal of Plant Sciences*, 63(1), 1-7. doi: <https://doi.org/10.1080/07929978.2016.1151286>
- Ehleringer, J., & Cerling, T. (1995). Atmospheric CO₂ and the ratio of intercellular to ambient CO₂ concentrations in plants. *Tree Physiology*, 15(2), 105-111. doi: <https://doi.org/10.1093/treephys/15.2.105>
- González-Mendoza, D., Ascencio-Martinez, D., Hau, A., Méndez-Trujillo, V., Grimaldo-Juárez, O., Santiaguillo-Hernández, J. F., Cervantes, L., & Aviles, S. (2011). Phenolic compounds and physicochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3808-3814. doi: <http://dx.doi.org/10.5897/SRE11.370>
- González, D., Ordoñez, L., Vanegas, P., & Vásquez, H. (2014). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta agronómica*, 63(1), 1-9.
- Hernández-Sigala, R., Sánchez, E., Guerrero, S., Rivas, B., & Anchondo, A. (2014). Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: Efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 605-617.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732. doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Luna, R., Espinosa, K, Luna, M., Luna, F., Celi, M., Espinoza, A., Rivero, M., Cabrera, D., Alvarado, A., & González, J. (2016). Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.). *Biotecnia*, 18(2), 33-36.
- Medina-Medrano, J., Almaraz-Abarca, N., González-Elizondo, M. S., Uribe-Soto, J. N., González-Valdez, L. S., & Herrera-Arrieta, Y. (2015). Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of *physalis* (*Solanaceae*). *Botanical Studies*, 56(24), 24. doi: <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0101-y>
- Mehdizadeh, M., Darbandi, E., Naseri-Rad, H., & Tobeh, A. (2013). Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by different organic fertilizers. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 734-738.
- Onwu, A., Osujieke, N., Gani, A., & Ali, A. (2018). Influence of organic fertilizer (Nomau) on soil, leaf nutrient content, growth and yield of physic nut (*Jatropha curcas*) in Makurdi, North Central, Nigeria. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 3(2), 1-11. doi: <https://doi.org/10.9734/AJSSPN/2018/42090>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). Aumentar la ingesta de potasio para reducir la tensión arterial y el riesgo de enfermedades cardiovasculares en adultos. Recuperado de https://www.who.int/elena/titles/potassium_cvd_adults/es/

- Oztrzycka, J., Horbowicz, M., Dobrzanski, W., Jankiewics, L., & Borkowski, J. (1988). Nutritive value of tomatillo fruit (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 57, 507-521. doi: <https://doi.org/10.5586/asbp.1988.049>
- Passmore, R., Nicol, B.M., Narayana, M., Beaton, G., & Demayer, E. (1975). *Manual sobre necesidades nutricionales del hombre*. Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud (FAO y OMS).
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Riahi, A., Hdider, C., Sanaa, M., Tarchoun, N., Ben, M., & Guezal, I. (2009). The influence of different organic fertilizers on yield and physico-chemical properties of organically grown tomato. *Journal of sustainable Agriculture*, 33(6), 658-673. doi: <https://doi.org/10.1080/10440040903073800>
- Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., Milc, J., & Pechioni, N. (2015). Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping system. *Scientia Horticulturae*, 190, 161-172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.027>
- Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Tomate verde: ingrediente esencial de la comida mexicana. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/tomate-verde-ingrediente-esencial-de-la-comida-mexicana?idiom=es>
- Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). Tomate de cáscara (*Physalis* spp.), generalidades de la red tomate de cáscara. Recuperado 13 de noviembre de 2018 de <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/tomate-de-cascara-physalis-spp>
- Singleton, V., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture Home*, 16, 144-158.
- Soria, F. M., Tun, S. J., Trejo, R. A., & Terán, S. R. (2002). Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SEP. DGTA. ITA-2 Conkal, Yuc, México. 75 p.
- Taiwo, L., Adediran, J., & Sonubi, O. (2007). Yield and quality of tomato grown with organic and synthetic fertilizers. *International Journal Vegetable Science*, 13(2), 5-19. doi: https://doi.org/10.1300/J512v13n02_02
- Tu, C., Ristaino, J., & Hu, S. (2006). Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 247-255. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.002>
- Xu, H., Wang, R., & Mridha, A. (2001). Effects of organic fertilizers and a microbial inoculant of leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. *Journal of Crop Production*, 3(1), 173-182. doi: https://doi.org/10.1300/J144v03n01_15