



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

**Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales**  
**Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local**  
Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero.



**CONACYT**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**Identificación bacteriana en la rizosfera del cultivo de  
tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. ceraciforme)  
con fertilización orgánica y sus preferencias de consumo  
en Guerrero, México**

**Tesis**

Presenta:

**Q.B.P. Luis Armando Resendiz Reyes**

Directora: **Dra. Mirna Vázquez Villamar.** Codirector: **Dr. Juan Elias Sabino López**


Tuxpan, Iguala, Gro. Enero de 2022.

El presente protocolo titulado: **Identificación bacteriana de la rizósfera, efecto de la fertilización orgánica, importancia, consumo y sanidad del cultivo *Solanum lycopersicum* cv. *cerasiforme* en Iguala Gro.**, realizado por: **Q.B.P. Luis Armando Resendiz Reyes**. Está conformado por el siguiente comité tutorial:

**El comité tutorial**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Mirna Vázquez Villamar**

Directora

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Juan Elías Sabino López**


Codirector

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Mariana Espinosa Rodríguez**

Asesora

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Elías Hernández Castro**

Asesor

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Natividad Castro Alarcón**

Asesor

Tuxpan, Iguala, Gro. Enero de 2022

## Resumen general

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. Cerasiforme) ha mostrado una tendencia en su uso como fuente de nutrientes y para la elaboración de platillos especializados, lo que le confiere gran aceptación en el mercado, sobre todo cuando su producción es orgánica. El objetivo fue la identificación bacteriana en la rizosfera. Se utilizaron plantas de tomate cherry cv. cerasiforme de crecimiento determinado se establecieron en bolsas de polietileno de 12 L, llenas con vermicompost; fibra de coco, la mezcla de ambos (1:1 v/v) y con tezontle (testigo), respectivamente, distribuidas en un invernadero en diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Se realizaron riegos con solución nutritiva de lixiviado de vermicompost, que se aplicó a los sustratos orgánicos (vermicompost, fibra de coco y mezcla) y para el testigo el riego se realizó con solución de Steiner. Se determinó la densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera, en los diferentes sustratos. Se caracterizó el microbioma de rizosfera en los diferentes sustratos, la identificación fue mediante secuenciación y análisis bioinformático del gen del RNA ribosomal 16S, la extracción de DNA de los microorganismos del suelo se realizó mediante un kit DNeasy Microbial (Qiagen), El ADN extraído de muestras se usó como plantilla para amplificar las regiones V3 y V4 hipervariables del gen del ARN ribosómico 16S (ARNr), y mediante el uso de un sistema MiSeq (Illumina) se realizó la secuenciación. Los datos de secuenciación se procesaron por el programa QIIME v.1.8.0. Se determinó la calidad microbiológica de los sustratos orgánicos mediante la determinación de coliformes totales y fecales, conforme a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994. Por otro lado, se realizaron 331 encuestas utilizando la plataforma de Google Forms a personas mayores de 18 años pertenecientes al estado de Guerrero con la finalidad de conocer la aceptación entre los consumidores y el posicionamiento en el mercado del tomate cherry, los resultados se analizaron con la prueba estadística de chi-cuadrada para determinar la asociación entre variables. El mayor número (78.2) y peso (746.85 g) por planta, diámetro polar (20.16 mm) y ecuatorial (23.63 mm), peso individual (7.77 g) y

firmeza ( $2.36 \text{ kg cm}^{-2}$ ) del fruto se obtuvo en el testigo. Menos sólidos solubles totales ( $6.27 \text{ °brix}$ ) y  $\text{NO}_3^-$  ( $3396 \text{ mg L}^{-1}$ ), pero una mayor cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$  ( $14.33 \text{ mg L}^{-1}$ ) se observó en el jugo de los frutos cultivados en la fibra de coco. La mayor cantidad de  $\text{K}^+$  ( $657 \text{ mg L}^{-1}$ ) en el jugo de los frutos se obtuvo con el testigo. Aunque el testigo superó el rendimiento del manejo orgánico, la producción orgánica de tomate cherry es una alternativa de producción que puede mejorar la calidad de frutos para mercados especializados. La densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera, fue aumentando progresivamente conforme a la etapa fenológica de la planta, a excepción de la lombricomposta, la cual disminuyó en la etapa de fructificación, mientras que la mayor cantidad de UFC se observaron con el tratamiento de mezcla. El orden más frecuente en los tres sustratos se encontró *Burkholderiaceae*. En cuanto a la familia las más frecuentes fueron *Pseudomonadaceae* y las no cultivables. El género *Pseudomonas* fue la más abundante en comparación con otros géneros y se encontró en una mayor cantidad en el sustrato de mezcla, respecto a los demás sustratos. Respecto al índice de Shannon y la riqueza bacteriana, los promedios en los sustratos mostraron una alta diversidad y riqueza bacteriana. Las muestras de 16s de cada sustrato tienen una diversidad distinta, con lo cual corrobora los datos de secuenciación y la disimilitud de Bray-curtis, teniendo muestras únicas y distintas entre sí. En cuanto a la sanidad de los frutos resultaron negativos a la presencia de coliformes totales, fecales y *E. Coli*. Las variables que consideran los consumidores al momento de elegir el tomate cherry son: calidad, color, apariencia, certificación, textura, precio, información nutricional, forma, empaquetado y procedencia.

**Palabras clave:** orgánico, producción, tomate, sanidad, densidad bacteriana.

## Summary

Cherry tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Cerasiforme) has shown a trend in its use as a source of nutrients and for the preparation of specialized dishes, which gives it great acceptance in the market, especially when its production is organic. The objective was the bacterial identification in the rhizosphere. Cherry tomato plants cv. determinate growth cerasiform were established in 12 L polyethylene bags, filled with vermicompost; coconut fiber, the mixture of both (1:1 v/v) and with tezontle (control), respectively, distributed in a greenhouse in a completely randomized design with four treatments and ten repetitions. Irrigation was carried out with vermicompost leachate nutritive solution, which was applied to the organic substrates (vermicompost, coconut fiber and mixture) and for the control, irrigation was carried out with Steiner's solution. The density of aerobic mesophilic bacteria in the rhizosphere was determined in the different substrates. The rhizosphere microbiome was characterized in the different substrates, the identification was through sequencing and bioinformatic analysis of the 16S ribosomal RNA gene, the DNA extraction of the soil microorganisms was carried out using a DNeasy Microbial kit (Qiagen), the DNA extracted from Samples were used as a template to amplify the hypervariable V3 and V4 regions of the 16S ribosomal RNA (rRNA) gene, and sequencing was performed using a MiSeq system (Illumina). The sequencing data was processed by the QIIME v.1.8.0 program. The microbiological quality of the organic substrates was determined by determining total and fecal coliforms, in accordance with the provisions of the Official Mexican Standard NOM-112-SSA1-1994. On the other hand, 331 surveys were carried out using the Google Forms platform to people over 18 years of age belonging to the state of Guerrero in order to know the acceptance among consumers and the positioning in the cherry tomato market, the results were analyzed with the chi-square statistical test to determine the association between variables. The highest number (78.2) and weight (746.85 g) per plant, polar (20.16 mm) and equatorial (23.63 mm) diameter, individual weight (7.77 g) and firmness (2.36 kg cm<sup>-2</sup>) of the fruit was obtained in the control. . Less total soluble solids (6.27 °brix) and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (3396 mg L<sup>-1</sup>), but a higher amount of Ca<sup>2+</sup>

(14.33 mg L<sup>-1</sup>) was observed in the juice of the fruits grown in the coconut fiber. The highest amount of K<sup>+</sup> (657 mg L<sup>-1</sup>) in the juice of the fruits was obtained with the control. Although the control exceeded the yield of organic management, the organic production of cherry tomatoes is a production alternative that can improve the quality of fruits for specialized markets. The density of aerobic mesophilic bacteria in the rhizosphere increased progressively according to the phenological stage of the plant, with the exception of vermicompost, which decreased in the fruiting stage, while the highest amount of UFC was observed with the treatment of mix. The most frequent order in the three substrates was found in *Burkholderiaceae*. Regarding the family, the most frequent were *Pseudomonadaceae* and the non-cultivable ones. The genus *Pseudomonas* was the most abundant compared to other genera and was found in a higher quantity in the mixed substrate, compared to the other substrates. Regarding the Shannon index and bacterial richness, the averages in the substrates showed a high diversity and bacterial richness. The 16S samples of each substrate have a different diversity, which corroborates the sequencing data and the Bray-Curtis dissimilarity, having unique and different samples from each other. Regarding the health of the fruits, they were negative for the presence of total and fecal coliforms and *E. Coli*. The variables that consumers consider when choosing cherry tomatoes are: quality, color, appearance, certification, texture, price, nutritional information, shape, packaging and origin.

**Keywords:** organic, production, tomato, health, bacterial density.

## Índice

Resumen general.....	3
Summary.....	5
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
1. Introducción.....	12
2. Planteamiento del problema.....	14
3. Justificación.....	14
4. Hipótesis.....	15
4.1 Hipótesis general.....	16
4.2 Hipótesis específicas.....	16
5. Objetivos.....	15
5.1 Objetivo general.....	15
5.2 Objetivos específicos.....	15
6. Diseño Metodológico.....	16
6.1 Tipo de estudio:.....	16
6.2 Criterios de exclusión.....	16
6.3 Población.....	16
6.4 Tamaño de la muestra.....	16
6.5 Tipo de muestreo.....	16
6.6 Criterios de inclusión.....	17
6.7 Variables dependientes.....	17
6.8 Criterios de Eliminación.....	17
6.9 Variables independientes.....	17
6.10 Co variables.....	17
6.11 Consideraciones éticas y de bioseguridad.....	17
7. Producción orgánica de tomate cherry en el trópico seco.....	19
7.1Resumen.....	19
7.2 Abstract.....	20
7.3 Introducción.....	21
7.4 Materiales y métodos.....	22
7.4.1 Localización del experimento.....	22

7.4.2 Siembra de semilleros y trasplante .....	22
7.4.3 Diseño de tratamientos y del experimento .....	22
7.4.5 Manejo del cultivo .....	23
7.4.6 Variables evaluadas .....	23
7.4.6.2 Calidad de frutos.....	23
7.5 Resultados y discusión .....	24
7.5.1 Rendimiento .....	25
7.5.2 Peso de frutos .....	25
7.5.3 Tamaño y firmeza de frutos de tomate.....	26
7.5.4 Calidad de frutos de totmate cherry (cv. ceraciforme).....	27
7.6 Conclusiones .....	29
7.7 Bibliografía .....	30
8. Cuantificación de bacterias en rizosfera, identificación molecular del microbioma de la rizosfera y sanidad del cultivo orgánico de tomate cherry en diferentes sustratos.....	35
8.1 Resumen.....	35
8.2 Introducción.....	37
8.3 Metodología.....	39
8.3.1 Densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera.....	39
8.3.2 Identificación molecular de microorganismos.....	39
8.3.3 Determinación de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> en frutos de jitomate.....	40
8.4 Resultados y discusión.....	42
8.4.1 Densidad bacteriana “mesófilos aerobios” .....	42
8.4.2 Caracterización del microbioma bacteriano de la rizosfera .....	43
8.4.3 Determinación de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> en muestras .....	56
8.5 Conclusiones.....	57
8.6 Bibliografía.....	58
9. Preferencias de consumo de tomate cherry orgánico ( <i>Solanum lycopersicum</i> cv. Ceraciforme) en el estado de Guerrero.....	62
9.1Resumen.....	62
9.2 Summary.....	62
9.3 Introducción.....	63
9.4 Materiales y métodos.....	65

9.5 Resultados y discusión.....	66
9.5.1 Personas no consumidoras de tomate cherry .....	66
9.5.2 Personas consumidoras de tomate cherry .....	67
9.6 Conclusiones.....	78
9.7 Bibliografía.....	79
10. Conclusiones generales .....	83

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de los sustratos orgánicos y lixiviado de vermicompost para la producción de tomate cherry.....	18
<b>Tabla 2.</b> Tamaño y firmeza de frutos de tomate cherry cv. ceraciforme, cultivados con sustratos y fertilización orgánica.....	21
<b>Tabla 3.</b> Calidad de frutos de tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivados con manejo orgánico y convencional, en invernadero. ....	22
<b>Tabla 4</b> Densidad bacteriana de mesófilas aerobias en 3 etapas fenológicas de tomate Cherry.....	37
<b>Tabla 5.</b> <i>Variables sociales y económicas de personas no consumidoras</i> .....	60
<b>Tabla 6.</b> Variables sociales y económicas de personas consumidoras de tomate Cherry.....	61
<b>Tabla 7.</b> Relación de variables económicas-sociales con la frecuencia de consumo.....	65
<b>Tabla 8.</b> Valoración de variables por los consumidores con su frecuencia de consumo .....	69

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Número de frutos por planta en tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivado con sustratos y fertilización orgánica en invernadero.....	23
<b>Figura 2.-</b> Rendimiento acumulado en peso de fruto fresco de tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivado con sustratos y fertilización orgánica.....	18
<b>Figura 3</b> Determinación del NMP de Coliformes en muestras. Se observa el proceso con el cual se identifican coliformes totales, coliformes fecales y <i>E. coli</i> .....	39
<b>Figura 4.</b> Densidad bacteriana de mesófilos aerobios en las tres etapas del cultivo de tomate Cherry.....	41
<b>Figura 5.</b> Abundancia relativa de los 20 órdenes más frecuentes en los tres sustratos usados en el cultivo de tomate cherry. ....	42
<b>Figura 6.</b> Abundancia relativa de las 20 familias más frecuentes en los tres sustratos usados en el cultivo de tomate cherry .....	44
<b>Figura 7.</b> Abundancia relativa de los 20 géneros más frecuentes en los tres sustratos usados en el cultivo de tomate cherry. ....	47
<b>Figura 8.</b> Gráfico Richness Calcula el número de especies entre las muestras de los tres sustratos de tomate cherry cada ubicación utilizando los datos de secuenciación del 16S.....	49
<b>Figura 9.</b> Comparación de diversidad entre las muestras de los tres sustratos de tomate cherry, cada ubicación según el índice de Shannon utilizando los datos de secuenciación de 16S .....	50
<b>Figura 10.</b> Comparación de diversidad entre las muestras de los tres sustratos de tomate cherry cada ubicación según el índice de Shannon utilizando los datos 16S. ....	51
<b>Figura 11.</b> Análisis de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> en los frutos de tomate Cherry.....	52

## 1. Introducción

El jitomate es una planta herbácea del género *Solanum* de la familia *Solanaceae*, cuyo centro de origen es en América del Sur, entre Perú y Ecuador, de donde se distribuyó a diferentes partes de América tropical, incluyendo México. En México la producción anual de jitomate es de 222,791.43 toneladas cosechadas en una superficie mayor a 54,510.59 hectáreas. Sin embargo, se ha demostrado que el uso indiscriminado de abonos inorgánicos y pesticidas para la producción de este cultivo causan daños tanto en la salud humana como en el deterioro ambiental, es por eso que se han diseñado nuevas estrategias como la fertilización orgánica, como una alternativa sustentable para la producción agrícola (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Leyva-Mir *et al.*, 2013).

Desde la antigüedad se ha tratado de mantener la fertilidad del suelo, para mejorar la producción de alimentos, sin embargo, el uso de abonos minerales es nocivo para la población microbiana del suelo, haciéndolo estéril. Debido a esto, se ha despertado gran interés en el uso de abonos orgánicos, ya que, a diferencia de los fertilizantes químicos modernos, estos son biodegradables, no tóxicos, provienen de recursos renovables y representan una herramienta atractiva en los programas de producción sustentable de cultivos (Renaut *et al.*, 2019; Igiehon y Babalola., 2018).

En los últimos años, se demostró que los microorganismos benéficos de la rizosfera pueden mejorar la salud de las plantas a través de la resistencia sistémica inducida, un mecanismo importante por el cual toda la planta está preparada para una mayor defensa contra diversos patógenos, por lo tanto, se ha comprobado que los fertilizantes bioorgánicos, que combinan microbios funcionales con un sustrato adecuado, son más efectivos que los microbios agregados directamente al suelo, y son ampliamente aceptados como un método biológico prometedor para suprimir los patógenos transmitidos por el suelo y promover el crecimiento de las plantas. La mayoría de los estudios han centrado en microbios beneficiosos específicos individuales, pero ignoraron el efecto global de las comunidades microbianas (Zhao

*et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019). El consumo del jitomate en México ha ido aumentando debido a que el consumidor de esta hortaliza ha empezado a ser consciente del papel que juega en la salud y la disminución de riesgo de enfermedades (Granato *et al.*, 2010), por las múltiples vitaminas, minerales y fibras que contiene (Peryeen *et al.*, 2015). Sin embargo, el consumidor cada vez está más informado y en un entorno cambiante influyendo en sus gustos y preferencias por lo que resulta complejo una conceptualización unidimensional de sus factores de compra, por lo que es necesario tener un enfoque multidimensional sobre su comportamiento y determinar las características de mayor relevancia (Jaramillo, 2016).

## 2. Planteamiento del problema

La fertilización orgánica ¿puede aumentar la población de bacterias benéficas en la rizosfera, tener mayor productividad sin contaminar a los frutos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. cerasiforme) y ser un factor determinante para la decisión de consumo de tomate cherry?

## 3. Justificación

Desde la antigüedad se ha tratado de mantener la fertilidad del suelo, para mejorar la producción de alimentos, sin embargo, el uso excesivo de abonos minerales es nocivo para la población microbiana del suelo, haciéndolo estéril a largo plazo. Debido a eso, se ha despertado gran interés en el uso de abonos orgánicos, ya que, a diferencia de los fertilizantes químicos modernos, son biodegradables, no tóxicos y provienen de recursos renovables y representan una herramienta atractiva para los programas de gestión sustentables de cultivos. Esta investigación proporciona información para la futura formulación de biofertilizantes aunado con la identificación de bacterias promotoras de crecimiento de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. cerasiforme) y la sanidad de sus frutos; ya que, al ser una hortaliza con alta frecuencia en la dieta mexicana por su disponibilidad en el mercado, con ello se podrá ayudar a los agricultores de la región a tener una forma más sustentable de producción sin causar daños al ambiente.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

❖ Analizar el efecto de la fertilización orgánica sobre el microbioma de la rizosfera, productividad y sanidad del cultivo de tomate cherry y conocer qué factores determinan su consumo en Guerrero, México.

### **4.2 Objetivos específicos**

- ❖ Evaluar la sanidad del fruto de tomate cherry cultivado con fertilización orgánica en invernadero.
- ❖ Identificar si el uso de abonos orgánicos incentiva el aumento de bacterias benéficas para que contribuyan al crecimiento y producción de tomate cherry en invernadero.
- ❖ Relacionar el efecto de los abonos orgánicos con la productividad de tomate cherry en invernadero.
- ❖ Analizar la importancia y preferencias de compra de tomate cherry de los consumidores.

## 5. Hipótesis

### 5.1 Hipótesis general

- La fertilización orgánica aumenta el microbioma de la rizosfera sin afectar la sanidad de los frutos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. cerasiforme) y tiene buena aceptación entre los consumidores.

### 5.2 Hipótesis específicas

- El uso de abonos orgánicos incentiva el aumento de bacterias benéficas en los sustratos que impactan en el rendimiento y la calidad de las plantas de tomate cherry.
- El uso de sustratos orgánicos no afecta la sanidad de los frutos de tomate cherry
- El cultivo de tomate cherry cultivado con abono orgánico tiene buena aceptación entre los consumidores.



## 6. Diseño Metodológico

### 6.1 Tipo de estudio:

- Observacional transversal

### 6.2 Criterios de exclusión

- Semillas sin germinación.

### 6.3 Población

- Se seleccionaron semillas de tomate cherry proporcionadas por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero en Tuxpan, Iguala, Gro.

### 6.4 Tamaño de la muestra

- El estudio incluye 40 plantas de tomate cherry.

### 6.5 Tipo de muestreo

- Por conveniencia.

### **6.6 Criterios de inclusión**

- Plantas sanas de tomate cherry.

### **6.7 Variables dependientes**

- Sanidad de los frutos de tomate cherry.
- Bacterias promotoras de crecimiento vegetal.

### **6.8 Criterios de Eliminación**

- Cultivos de tomate cherry afectados por los factores bióticos y abióticos.

### **6.9 Variables independientes**

- Crecimiento de tomate cherry.

### **6.10 Co variables**

- Producción de frutos de tomate cherry.
- Tamaño del bioma.
- Tipo de abono.

### **6.11 Consideraciones éticas y de bioseguridad**

Se utilizará la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994 de Bienes y Servicios “Generalidades para la toma y recolección de muestras de alimentos para su análisis microbiológico” para poder analizar la sanidad de los frutos de *S. lycopersicum*. Para la preparación de las muestras se utilizó el método microbiológico, regido por la Norma Oficial Mexicana NOM110-SSA1-1994. Bienes y Servicios, para la “preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”.

Los desechos biológicos generados fueron inactivados previamente mediante esterilización en autoclave a 121 °C durante 20 minutos y posteriormente desechados de manera correcta.

# Capítulo I

## 7. Producción orgánica de tomate cherry en el trópico seco

### 7.1 Resumen

El tomate cherry ha mostrado una tendencia en su uso como fuente de nutrientes y para la elaboración de platillos especializados, lo que le confiere gran aceptación en el mercado, sobre todo cuando su producción es orgánica. El objetivo fue analizar la producción de tomate cherry con sustratos y fertilización orgánica en invernadero, en el trópico seco. Plantas de tomate cherry cv. cerasiforme de crecimiento determinado se establecieron en bolsas de polietileno de 10 L, llenas con vermicompost; fibra de coco, la mezcla de ambos (1:1 v/v) y con tezontle (testigo), respectivamente, distribuidas en invernadero en diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Riegos con solución nutritiva de lixiviado de vermicompost se aplicó a los sustratos orgánicos (vermicompost, fibra de coco y mezcla) y el testigo con solución de Steiner. El mayor número (78.2) y peso (746.85 g) de frutos por planta, diámetro polar (20.16 mm) y ecuatorial (23.63 mm), peso individual (7.77 g) y firmeza ( $2.36 \text{ kg cm}^{-2}$ ) del fruto se obtuvo con el testigo. Menos sólidos solubles totales ( $6.27 \text{ }^\circ\text{brix}$ ) y  $\text{NO}_3^-$  ( $3396 \text{ mg L}^{-1}$ ), pero más  $\text{Ca}^{2+}$  ( $14.33 \text{ mg L}^{-1}$ ) en el jugo de los frutos fue con la fibra de coco. La mayor cantidad de  $\text{K}^+$  ( $657 \text{ mg L}^{-1}$ ) en el jugo de los frutos también se encontró con el testigo. Aunque el testigo superó el rendimiento del manejo orgánico, la producción orgánica de tomate cherry es una alternativa de producción sustentable que puede mejorar la calidad de frutos para mercados especializados.

**Palabras clave:** orgánico, producción, calidad del fruto, rendimiento, tomate.

## 7.2 Abstract

The cherry tomato has shown a trend in its use as a source of nutrients and for the preparation of specialized dishes, which gives it great acceptance in the market, especially when its production is organic. The objective was to analyze the production of cherry tomato with substrates and organic fertilization in a greenhouse, in the dry tropics. Cherry tomato plants cv. determinate growth cerasiform were established in 10 L polyethylene bags, filled with vermicompost; coconut fiber, the mixture of both (1:1 v/v) and with tezontle (control), respectively, distributed in a greenhouse in a completely randomized design with four treatments and ten repetitions. Irrigation with vermicompost leaching nutritive solution was applied to the organic substrates (vermicompost, coconut fiber and mixture) and the control with Steiner's solution. The highest number (78.2) and weight (746.85 g) of fruits per plant, polar (20.16 mm) and equatorial (23.63 mm) diameter, individual weight (7.77 g) and firmness (2.36 kg cm<sup>-2</sup>) of the fruit was obtained with the witness. Less total soluble solids (6.27 °brix) and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (3396 mg L<sup>-1</sup>), but more Ca<sup>2+</sup> (14.33 mg L<sup>-1</sup>) in the juice of the fruits was with the coconut fiber. The highest amount of K<sup>+</sup> (657 mg L<sup>-1</sup>) in the juice of the fruits was also found with the control. Although the control exceeded the yield of organic management, the organic production of cherry tomatoes is a sustainable production alternative that can improve the quality of fruits for specialized markets.

**Keywords:** organic, production, fruit quality, yield, tomato.

### 7.3 Introducción

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L) es una hortaliza originaria de Sudamérica de donde se distribuyó al mundo, cuyo centro de domesticación es México (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012). En el año 2021 en México la producción anual de jitomate fue de 3,324,263.09 t en una superficie de 48,041.88 ha (SIAP, 2022), donde se cosecharon diferentes tipos de jitomate como lo fue saladette, los tipos bola y costilla, mientras que el tipo cherry recientemente ha aumentado la tendencia de consumo (SIAP, 2022).

En 2021, en México se sembraron 1,520.25 ha de tomate cherry, de estas, 1,031.75 ha fueron en sistema de producción convencional y 488.50 ha en sistema orgánico, con 83,781.34 y 16,079.80 t cosechadas, respectivamente (SIAP, 2022). Si embargo, la producción convencional implica el uso de fertilizantes sintéticos, entre otros agroquímicos dañinos para la salud humana y el medio ambiente (Stuart *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 2015; Smith y Siciliano, 2015; Norman y Frank, 2016; Wang *et al.*, 2018). Lo anterior ha sugerido estrategias de producción de cultivos basados en la agricultura orgánica (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Leyva-Mir *et al.*, 2013).

Al respecto, existen diferentes sustratos orgánicos para la producción de cultivos sin suelo, sin embargo, algunos de ellos son importados, lo que aumenta los costos de producción del cultivo (Luna-Fletes *et al.*, 2021). Los sustratos y fertilizantes orgánicos son biodegradables al provenir de desechos naturales y representan una alternativa en los programas de gestión sustentable para la producción de cultivos (Igiehon y Babalola, 2018; Renaut *et al.*, 2019; González-Fuentes *et al.*, 2021). Ante ello, la agricultura orgánica implica el uso de compostas y biofermentados, producto de la descomposición aeróbica y/o anaeróbica de residuos naturales en la que intervienen microorganismos que realizan la descomposición controlada de materiales parcialmente estables, para su uso posterior en la producción sustentable de alimentos saludables para la población (González-Fuentes *et al.*, 2021; Luna-Fletes *et al.*, 2021).

Aunado a lo anterior, el tomate cherry ha mostrado una tendencia en su uso para la elaboración de ensaladas y como fuente importante de antioxidantes, lo que le confiere gran aceptación en el mercado, sobre todo cuando su producción es orgánica (Urrieta-

Velázquez *et al.*, 2012; Leyva-Mir *et al.*, 2013). Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue analizar la producción de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* cv. ceraciforme) con sustratos y fertilización orgánica en invernadero, en el trópico seco.

## **7.4 Materiales y métodos**

### **7.4.1 Localización del experimento**

El experimento se estableció en un invernadero cenital cubierto con plástico blanco, con 70% de transmisión de luz, malla antiáfidos en las paredes, temperatura media mensual de 24.5 °C y humedad relativa del aire de 57.6% durante el crecimiento del cultivo, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Unidad Tuxpan, de la Universidad Autónoma de Guerrero (coordenadas 18° 20' 51" LN; 99° 30' 32" LO; 758 msnm) (INEGI, 2015).

### **7.4.2 Siembra de semilleros y trasplante**

Se sembraron semillas de jitomate tipo cherry (cv, cerasiforme) de crecimiento determinado, en una charola de polipropileno expandido de 200 cavidades llenadas con turba. Se colocó una semilla por cavidad a 0.5 cm de profundidad y se cubrieron con el mismo sustrato. La charola se alojó en el invernadero antes descrito donde tuvo lugar la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas, estas se regaron diariamente con agua de la llave. El trasplante se realizó 23 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas tuvieron 15 cm de altura y un promedio de cinco hojas verdaderas. Se colocó una plántula por cada maceta de polietileno negro de 10 L de capacidad, llenadas con el sustrato respectivo, según los tratamientos evaluados.

### **7.4.3 Diseño de tratamientos y del experimento**

Los tratamientos consistieron de cuatro sustratos, tres orgánicos: vermicompost, fibra de coco, la mezcla de ambos (1:1 v/v) y el testigo consistió en tezontle rojo (granulometría  $\leq$  10 mm), cada tratamiento con 10 repeticiones. La unidad experimental fue una maceta con una planta, lo que generó 40 unidades experimentales distribuidas en invernadero en un diseño completamente al azar. Las plantas crecidas en los sustratos orgánicos se

regaron con lixiviado de vermicompost diluido en agua de la llave (Preciado *et al.*, 2011), hasta lograr una solución nutritiva con conductividad eléctrica (CE) de 1.0 dS m<sup>-1</sup> y pH ajustado a 5.5 con ácido acético; los sustratos y el lixiviado de vermicompost presentaron las características químicas descritas en la tabla 1. El testigo (tezontle) se regó con solución nutritiva de Steiner (1984) al 50% de su concentración original (CE de 1.0 dS m<sup>-1</sup>) con pH ajustado a 5.5 con ácido comercial. En ambos casos, los riegos diarios fueron manualmente variando el volumen de agua con solución nutritiva, con un promedio de 2 L por planta, según la etapa de crecimiento y condiciones climáticas que predominaron durante cultivo.

#### **7.4.5 Manejo del cultivo**

Las plantas se tutoraron con rafia sujeta a los tutores de la estructura del invernadero, y la prevención y control de plagas se realizó semanalmente con jabón potásico y extracto de ajo (1 L ha<sup>-1</sup>).

#### **7.4.6 Variables evaluadas**

##### **7.4.6.1 Rendimiento**

A los 90 ddt, tiempo en que inició la cosecha, se determinó el rendimiento acumulado en peso de frutos por planta; los frutos de todas las cosechas se pesaron con una báscula Taurus® y se realizó la sumatoria de los pesos de todas las cosechas por planta en cada tratamiento. El rendimiento en número de frutos por planta resultó de la sumatoria de todos los frutos cosechados por planta durante el tiempo de cosecha en cada tratamiento.

##### **7.4.6.2 Calidad de frutos**

En 30 frutos seleccionados aleatoriamente por tratamiento, se registró el tamaño de los frutos con base en el diámetro polar y ecuatorial (mm) con un vernier marca (Truper®); el peso (g) individual del fruto con una báscula marca (Taurus®); la firmeza (kgf cm<sup>-2</sup>) con un penetrómetro para frutas marca (Fruit Hardness Tester® GY-2) con puntal cónico, sobre la cutícula de la región ecuatorial del fruto. En el jugo de los mismos frutos se determinaron los sólidos solubles totales (SST) (°brix) con un refractómetro de bolsillo

marca (Atago® PAL-3) previamente calibrado con agua destilada. La concentración de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  en el jugo de los frutos se determinó con medidores de bolsillo marca Horiba® modelo Laquatwin, previamente calibrados con sus respectivas soluciones, en cada equipo se colocaron dos a tres gotas de jugo del fruto y la lectura fue registrada en  $\text{mg L}^{-1}$ . A los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

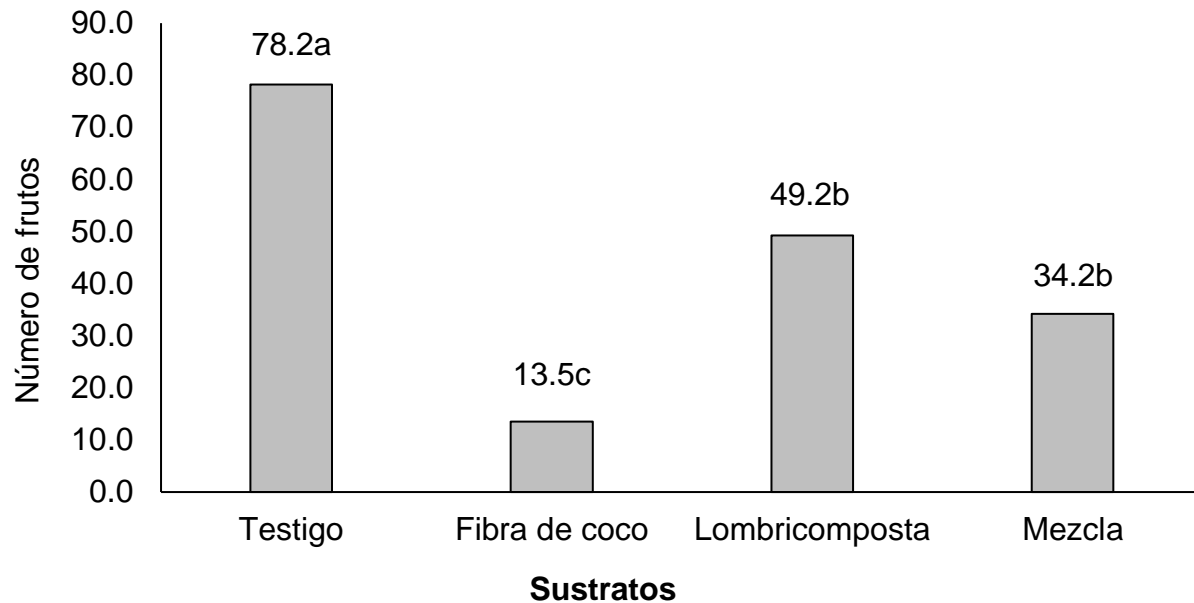
**Tabla 1.** Características de los sustratos orgánicos y lixiviado de vermicompost para la producción de tomate cherry.

Parámetro	Vermicompost	Fibra de coco	Mezcla	Lixiviado de Vermicompost
pH	8.26	6.02	7.69	7.10
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	1.10	7.40	2.20	4.20
	%			
Nitrógeno	1.12	0.65	1.28	0.04
Fósforo	0.23	0.09	0.27	0.0003
Potasio	0.55	1.52	0.73	0.11
Calcio	4.97	0.17	4.49	0.0049
Magnesio	0.58	0.13	0.60	0.0016
Sodio	0.04	0.31	0.08	0.0073
Azufre	0.24	0.09	0.26	0.01
Humedad	8.14	10.2	9.84	99.6
Materia orgánica	30.8	95.6	35.4	0.18
	Ppm			
Hierro	3842	732	4769	3.26
Cobre	10.35	1.9490	11.04	0.23
Manganeso	196	37.57	196	2.34
Zinc	91.94	11.80	103	0.04
Boro	3.33	13.8	10.3	0.26

## 7.5 Resultados y discusión

### 7.5.1 Rendimiento

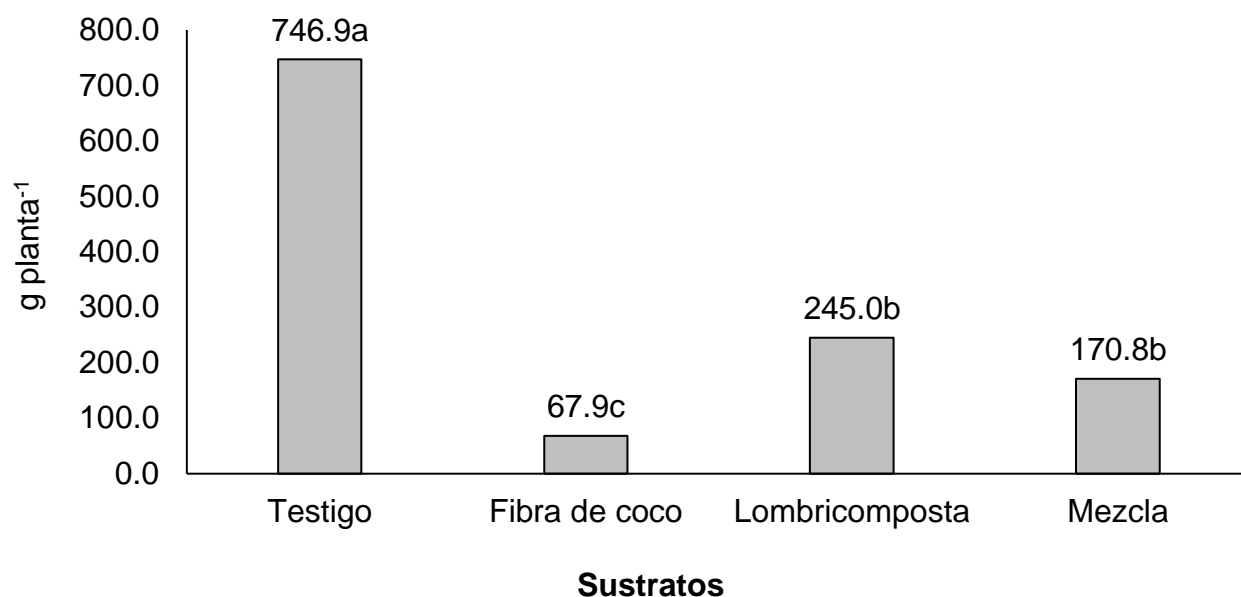
Se tuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el rendimiento. El testigo (tezontle con solución nutritiva de Steiner) produjo mayor número de frutos por planta (78.2 frutos), seguido por la vermicomposta y la mezcla, regados con lixiviado de vermicompost, con 49.2 y 34.2 frutos planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Número de frutos por planta en tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivado con sustratos y fertilización orgánica en invernadero. Valores con literales diferentes entre barras no son estadísticamente iguales según Tukey ( $p < 0.05$ ). Diferencia mínima significativa: 25.21.

La misma respuesta hubo en el peso de frutos por planta, donde el testigo superó en 67.2, 77.1 y 90.9% el rendimiento de la vermicomposta, la mezcla y la fibra de coco, respectivamente (Figura 2). Esto se atribuye al balance iónico de la solución nutritiva de Steiner, lo que facilita la disponibilidad y absorción de nutrientes por la planta. En contraste, el aporte de nutrientes por los sustratos y la solución orgánica fueron relativamente bajos y desbalanceados (Tabla 1), como lo demostraron Flores *et al.* (2020) al detectar que la lombricomposta tiene mejores características químicas, físicas y biológicas que la fibra de coco. Sin embargo, algunos nutrientes no son asimilables por

no encontrarse en las formas químicas en la que las plantas los absorben (Santiago *et al.*, 2018; Ambrosano *et al.*, 2018); González-Fuentes *et al.*, 2021).



**Figura 2.-** Rendimiento acumulado en peso de fruto fresco de tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivado con sustratos y fertilización orgánica. Valores con literales diferentes entre barras no son estadísticamente iguales según Tukey ( $p < 0.05$ ). DMS (diferencia mínima significativa): 488.90.

### 7.5.3 Tamaño y firmeza de frutos de tomate

El diámetro polar y ecuatorial, peso individual del fruto y la firmeza presentaron diferencias significativas (Tabla 2), el testigo produjo frutos de mayor tamaño, peso y firmeza con respecto a los tratamientos con manejo orgánico, superando hasta en 12.6, 16.3, 27.7 y 28 % el diámetro polar y ecuatorial, peso individual y firmeza de los frutos obtenidos con el sistema orgánico, esto se atribuye a que hubo una mayor predisposición de nutrimentos que favorecieron el crecimiento del cultivo y la producción de frutos (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2015), debido al balance de nutrimentos de la solución nutritiva inorgánica, lo que contribuyó en mayor tamaño, peso y firmeza de los mismos (Preciado *et al.*, 2011; Valenzuela *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2014; Lázaro *et al.*, 2014).

**Tabla 2.** Tamaño y firmeza de frutos de tomate cherry cv. ceraciforme, cultivados con sustratos y fertilización orgánica.

Tratamiento	Diámetro		Peso individual	Firmeza
	polar	ecuatorial		
	mm		g	kgf cm <sup>-2</sup>
Testigo	20.16 a	23.63 a	7.77 a	2.36 a
Fibra de coco	18.03 b	20.78 b	4.71 b	1.70 b
Vermicompost	17.73 b	20.35 b	5.08 b	1.94 b
Mezcla	17.62 b	19.78 b	5.62 b	1.95 b
DMS	2.35	2.98	8.12	0.52

Valores con distinta literal en la misma columna no son estadísticamente iguales, según Tukey ( $p < 0.05$ ). DMS (diferencia mínima significativa).

#### 7.5.4 Calidad de frutos de tomate cherry (cv. ceraciforme)

Los SST en el jugo de los frutos presentaron diferencias significativas únicamente entre la mezcla y la vermicomposta con respecto a la fibra de coco (Tabla 3), ambas superaron a este en 12.3 y 9.8 %, respetivamente, posible debido a que el nitrógeno en forma de nitrato de la solución nutritiva incrementó el contenido de azúcares y ácidos orgánicos en los frutos Peña *et al.* (2013) y Ramírez *et al.* (2020), además que, la disposición de nutrientes que tiene la fibra de coco es menor en comparación de los de más sustratos (Tabla 1), lo que pudo haber influido en menor acumulación de azúcares en los frutos.

El perfil nutrimental en el jugo de los frutos también mostró diferencias significativas (Tabla 3), la mayor concentración de  $\text{NO}_3^{-1}$  se tuvo en frutos cultivados en lombricomposta (4093.00 mg L<sup>-1</sup>) y la mezcla (386.00 mg L<sup>-1</sup>) con respecto a la fibra de coco (3080.00 mg L<sup>-1</sup>). Mientras que el  $\text{Ca}^{+2}$  se incrementó cuando las plantas se establecieron en fibra de coco (19.33 mg L<sup>-1</sup>) con solución orgánica y en el testigo (14.33 mg L<sup>-1</sup>), ambos estadísticamente iguales. Sin embargo, la concentración de  $\text{K}^+$  fue superior en el testigo (657 mg L<sup>-1</sup>) y menor en los frutos cosechados en la fibra de coco (212 mg L<sup>-1</sup>). Estos resultados pueden servir como valores de referencia que reflejan el estado nutrimental en el jugo de los frutos cosechados de plantas en diferentes condiciones del medio de

crecimiento (Preciado *et al.*, 2011), dicha concentración mineral de los frutos puede ser modificada a medida que se realizan cambios en las fuentes de fertilización o en la concentración de la solución nutritiva (Hao *et al.*, 2000; Peña *et al.*, 2013).

**Tabla 3.** Calidad de frutos de tomate cherry (cv. ceraciforme) cultivados con manejo orgánico y convencional, en invernadero.

Tratamiento	SST	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
	°brix		mg L <sup>-1</sup>	
Testigo	6.92 ab	3696.00 ab	14.33 ab	657.00 a
Fibra de coco	6.47 b	3080.00 b	19.33 a	212.00 c
Lombricomposta	7.17 a	4093.00 a	8.83 b	343.00 bc
Mezcla	7.38 a	3896.00 a	9.56 b	435.00 b
DMS	0.55	677.11	6.46	170.33

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). DMS (diferencia mínima significativa).

## 7.6 Conclusiones

- Bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente estudio, se concluye que el rendimiento del cultivo de tomate cherry en sustrato inerte con solución nutritiva inorgánica supera hasta en 90% el rendimiento con manejo orgánico y mejora el tamaño, peso, firmeza de los frutos y el contenido de potasio en el jugo de estos.
- El cultivo orgánico de tomate cherry con la mezcla de sustratos (lombricomposta y fibra de coco) mejora algunas características de los frutos, al incrementar los sólidos solubles totales y nitratos. Así como la fibra de coco aumenta la presencia de calcio en el jugo de los frutos de tomate cherry.
- A pesar que en este estudio el testigo superó el rendimiento obtenido con manejo orgánico, la producción orgánica de tomate cherry es una alternativa de producción sustentable que puede mejorar la calidad de frutos.

## 7.7 Bibliografía

**Ambrosano**, E. J., Salgado, G. C., Otsuk, I. P., Patri, P., Henrique, C. M. y Melo, P. C. T. (2018). Organic cherry tomato yield and quality as affect by intercropping green manure Acta Scientiarum. Agronomy, da Universidade Estadual de Maringá – EDUEM, 40: e36530. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.36530>

**Cruz**, W., y Berdeja, R. (2014). Rentabilidad de la producción de jitomate silvestre orgánico (*Solanum lycopersicum* L.) en cubiertas plásticas de bajo costo. Revista Mexicana de Agronegocios, 34: 773-783.

**González-Fuentes**, J. A., Lozano-Cavazos, C. J., Preciado-Rangel, P., Troyo-Diéguez, E., Rojas-Duarte, A. y Rodríguez-Ortiz, J. C. (2021). Fertilización orgánica contra convencional en el rendimiento, atributos morfológicos y calidad de fruto de tomate uva en un sistema de subirrigación no recirculante. Terra Latinoamericana, 39: 1-16.

**Holcman**, E., Sentelhas, P. C. y Da Costa Mello, S. (2017). Rendimiento de tomate cherry en invernaderos con diferentes cubiertas plásticas. Ciência Rural, 47 (10): 1-9.

**Ingham**, E. R. (2005). The compost tea brewing manual *In: Soil foodweb* 5a. edition. Corvallis, OR, USA. pp: 65-79.

**Igiehon**, N. O., & Babalola, O. O. (2018). Rhizosphere Microbiome Modulators: Contributions of Nitrogen Fixing Bacteria towards Sustainable Agriculture. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(4): 574.

**INEGI**, (2021) Cuantificando la Clase Media en México 2010-2020. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmedia/doc/cm\\_desarrollo.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmedia/doc/cm_desarrollo.pdf)

**Lázaro**, E., Estrada-Botello, M. A., López-Espinosa, S. T. (2014). Uso de mallas sombra: una alternativa para la producción de tomate cherry. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 1 (2): 175-180.

**Luna-Fletes**, J. A., Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. (2021). Piedra pómez,

tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. *Terra Latinoamericana*, 39: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.781>.

**Leyva-Mir**, S.G., González-Solano, C.M., Rodríguez-Pérez, J.E., Montalvo-Hernández, D., (2013). Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19: 301–313

**Norman** U., y Frank B. D. (2016). Making Rice Production More Environmentally-Friendly. *Environments*, 3(12):1-7

**Peña**, M. Y., Casierra P., F., & Monsalve, O. I. (2013). Producción hidropónica de tomate 618 (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y 619 orgánicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2): 217–227.

**Preciado** R. P., Fortis, M., García-Hernández, J. L., Rueda, E. O., Esparza, J. R., Lara, A., Segura, M. A., y Orozco, J. A. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, 36 (9): 689-693.

**Ramírez**, I., Vásquez-Murrieta, S. M., Franco-Hernández, O. M., Márquez-Herrera, E. C., Ponce-Mendoza, A., y López-Cortéz, D. M. (2020). Compuestos bioactivos en tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad saladette y su relación con el contenido mineral del suelo. *Química de los alimentos*, 128608. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128608>.

**Renaut**, S., Masse, J., Norrie, J. P., Blal, B., & Hijri, M. (2019). A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. *Microbial biotechnology*, 12(6):1346–1358.

**Rodríguez-Mendoza**, M. N., Baca-Castillo, G., García-Cué, J. L., y Urrieta-Velázquez, J. A. (2015). Aclareo de frutos y aspersiones foliares de calcio y miel de abeja sobre la calidad de tomate tipo costilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (2): 197-204.

**Santiago**, E. J. P., Oliveira, G. M., Leitão, M.M. V. B. R., Rocha, R. C. y Pereira, A. V. A. (2018). Yield characteristics of cherry tomato cultivated with and without shading screen at different irrigation levels. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(4): 374–381. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4853064>

**Sierra**, J., et al, (2015). Observed and predicted changes in soil carbon stocks under export and diversified agriculture in the Caribbean. The case study of Guadeloupe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 213: 252-264.

**SIAP** (Sistema de Información Agrícola y Pesquera). 2022. Boletín producción mensual agrícola. México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)

**Smith**, L. E. D. y Siciliano, G. (2015). A comprehensive review of constraints to improved management of fertilizers in China and mitigation of diffuse water pollution from agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 209: 15–25.

**Stuart**, D., Schewe, R.L., McDermott, M. (2014). Reducing nitrogen fertilizer application as a climate change mitigation strategy: understanding farmer decision-making potential barriers to change in theUS. *Land Use Policy*, 36: 210–218.

**Steiner A. A.** (1984) The Universal Nutrient Solution. En Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649.

**Urrieta-Velázquez**, J.A., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G.A., Ruiz-Posada, L. del M., Cueto-Wong, J.A. (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18: 371–381.

**Valenzuela**, M., Partida, L., Díaz, T., Velázquez, T. J., Bojórquez, G., & Enciso, T. (2014). Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5): 807-818.

**Wang**, Y., Zhu, Y., Zhang, S., Wang, Y. (2018). What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? *Journal Cleaner Product*, 199:

882-890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.222>.

# Capítulo II

## 8. Cuantificación e identificación de bacterias en la rizosfera y su efecto en la sanidad del cultivo orgánico de tomate.

### 8.1 Resumen

Los abonos orgánicos para se han convertido en una alternativa sustentable para la producción de hortalizas, por contener nutrimentos, fitohormonas y microorganismos benéficos que establecen asociaciones con la rizosfera de los cultivos, estos últimos son de gran importancia para el crecimiento y producción de los cultivos. El objetivo de este apartado fue la identificación y la cuantificación de bacterias en rizosfera y la sanidad de los frutos de *Solanum lycopersicum* cv. Cerasiforme. Se determinó la densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera mediante la técnica de diluciones seriadas, posteriormente se sembraron en cajas de Petri con agar nutritivo mediante la técnica de extendido con varilla de vidrio. La caracterización del microbioma de la rizosfera se realizó mediante secuenciación y análisis bioinformático del gen 16S, donde la extracción de DNA de los microorganismos de los sustratos se realizó con el kit DNeasy Microbial (Qiagen). El ADN extraído se usó como plantilla para amplificar las regiones V3 y V4 hipervariables del gen 16S (ARNr), y mediante el sistema MiSeq (Illumina) se realizó la secuenciación. Los datos de secuenciación se procesaron por el programa QIIME v.1.8.0. La determinación de coliformes totales, fecales y *E. coli* en las muestras se realizó según la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994. La densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera aumentó progresivamente según el crecimiento del cultivo, a excepción de la lombricomposta que disminuyó en la fructificación, mientras que mayor cantidad de UFC se observaron mezcla de sustratos. El orden más frecuente en los tres sustratos fue *Burkholderiaceae* y las familias más comunes fueron *Pseudomonadaceae* y las no cultivables. El género *Pseudomonas* fue la más abundante en comparación y se encontró en mayor cantidad en el sustrato de mezcla. Sin embargo, ambos sustratos mostraron alta diversidad y riqueza bacteriana, pero con diversidad distinta, teniendo muestras únicas y distintas entre sí. Los frutos resultaron negativos a la presencia de coliformes totales, fecales y *E. Coli*.

**Palabras clave:** secuenciación, tomate cherry, sanidad, densidad bacteriana.

## Summary

Organic fertilizers have become a sustainable alternative for the production of vegetables, because they contain nutrients, phytohormones and beneficial microorganisms that establish associations with the rhizosphere of crops, the latter are of great importance for the growth and production of crops. The objective of this section was the identification and quantification of bacteria in the rhizosphere and the health of the fruits of *Solanum lycopersicum* cv. Cerasiform. The density of aerobic mesophilic bacteria in the rhizosphere was determined using the serial dilution technique, then they were seeded in Petri dishes with nutrient agar using the glass rod spread technique. The characterization of the rhizosphere microbiome was carried out by sequencing and bioinformatic analysis of the 16S gene, where the DNA extraction of the microorganisms from the substrates was carried out with the DNeasy Microbial kit (Qiagen). The extracted DNA was used as a template to amplify the hypervariable V3 and V4 regions of the 16S gene (rRNA), and sequencing was performed using the MiSeq system (Illumina). The sequencing data was processed by the QIIME v.1.8.0 program. The determination of total and fecal coliforms and *E. coli* in the samples was carried out according to the Official Mexican Standard NOM-112-SSA1-1994. The density of aerobic mesophilic bacteria in the rhizosphere increased progressively according to the growth of the crop, with the exception of vermicompost, which decreased during fruiting, while a greater amount of UFC was observed in a mixture of substrates. The most frequent order in the three substrates was *Burkholderiaceae* and the most common families were *Pseudomonadaceae* and the non-cultivable ones. The genus *Pseudomonas* was the most abundant in comparison and was found in greater quantity in the mixed substrate. However, both substrates showed high diversity and bacterial richness, but with different diversity, having unique and different samples from each other. The fruits were negative for the presence of total and fecal coliforms and *E. Coli*.

**Keywords:** sequencing, cherry tomato, health, bacterial density.

## 8.2 Introducción

El jitomate es una planta herbácea del género *Solanum* de la familia *Solanaceae*, cuyo fruto se consume en fresco y procesado. Las tendencias actuales sobre la alimentación a base de ensaladas hacen que diferentes tipos de jitomates como el cherry tengan gran aceptación en el mercado, pero al consumirse en fresco se debe garantizar su sanidad (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Leyva-Mir *et al.*, 2013).

Por otro lado, la rizosfera de las plantas son entornos especiales con interacciones complejas de microbios raíz-suelo. Estas interacciones complejas incluyen las exudaciones de las raíces que sirven para atraer bacterias benéficas del suelo a las raíces de las plantas, resultando en una gran cantidad de bacterias que comúnmente se conocen como rizobia. Sin embargo, todas esas bacterias pueden contribuir de diferente manera en beneficio de las plantas (Zhao *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019).

Aunado a lo anterior, se busca que el hombre pueda intervenir para mantener y acrecentar la fertilidad de los suelos cultivados utilizando a los organismos edáficos a su favor (Acuña, 2003). Dichos microorganismos permiten la transformación y disponibilidad de los elementos presentes en la materia orgánica y mineral del suelo y volverlos asimilables para las plantas (Zhao *et al.*, 2018; Lin *et al.*, 2019).

Se ha comprobado que la fertilización orgánica beneficia los suelos bajo estas estrategias de fertilización, de manera que a largo plazo pueden albergar mayor biomasa y riqueza de especies microbianas y, por ende, incrementarse la actividad microbiana y abundancia de microorganismos benéficos para las plantas. En los últimos años, se demostró que los microorganismos benéficos de la rizosfera pueden mejorar la salud de las plantas. La mayoría de los estudios se han centrado en microorganismos benéficos específicos individuales, pero se ha ignorado el efecto global de las comunidades microbianas (Zhao *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019).

La mayoría de los microorganismos del suelo utilizan la materia orgánica o la mineral como fuente de nutrientes y energía. Muchos están especializados en romper la materia orgánica de plantas y animales, dando sustancias simples, inorgánicas,

que pueden ser devueltas a la atmósfera o arrastradas con las aguas de drenaje o ser incorporadas al stock de reserva mineral o al complejo arcillo-húmico. Otros organismos establecen relaciones simbióticas con otros organismos vivos, como *Rhizobium*, *Cianobacterias*, *Micorrizas*, etc. (Jaizme-Vega, 2010;).

La comunidad de la rizósfera contiene múltiples especies que ejercen efectos benéficos sobre el crecimiento y salud de las plantas, como bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos *Micorrícicos* y *Rizomicrobes* que promueven el crecimiento de las plantas, microbios de control biológico y protozoos, mientras que los patógenos del suelo que colonizan la rizosfera causan enfermedades en las plantas, al romper el escudo protector microbiano y superar los mecanismos de defensa innatos de la planta. Las familias bacterianas más dominantes identificadas en revisiones fueron *Proteobacterias*, *Firmicutes*, *Planctomycetes*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Gemmatimonadetes*, *Acidobacteria*, *Chloroflexi*, *Verrucomicrobia* y *Nitrospirae* (Zhao *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2018).

En muestras con fertilización, los filos como *Firmicutes* se reporta en mayor proporción, mientras que *Proteobacteria* fue mayor en muestras sin fertilización, lo que indica que la comunidad microbiana es modificada mediante la adición de fertilizantes al suelo (Zhao *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019; Aloo *et al.*, 2018).

A nivel de género bacteriano, al hacer la comparación de las abundancias relativas de los 15 géneros más identificados se ha observado que los suelos con fertilización tienen mayor abundancia de *Thermoactinomyces*, *Bacillus*, *Saccharopolyspora* y *Leuconostoc*. La comunidad bacteriana en biofertilizantes se enriqueció con *Bacillus*, *Pediococcus*, *Klebsiella* y *Clostridium* y, un poco menor con *Enterococcus*, *Caulobacter*, *Burkholderia*, *Lactococcus*, *Actinomadura*, *Lactobacillus* y *Glycomyces* en comparación con la muestra de suelo (Zhao *et al.*, 2019; Paul *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2017; Olanrewaju *et al.*, 2017).

Investigaciones demuestran que, los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Burkholderia*, *Arthrobacter* y *Paenibacillus* son bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, por sus siglas en inglés (PGPR), comunes en la rizósfera (Olanrewaju *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018; Aloo *et*

*al.*, 2018). Los principales grupos encontrados en diversas revisiones de phylum fueron *Acidobacterias*, *Proteobacterias*, *Actinobacterias*, *Bacteroidetes*, *Cloroflexi*, *Firmicutes*, y *Gemmatimonadetes*, al representar más del 90% de las secuencias bacterianas tanto en la rizósfera como en el suelo (Zhao *et al.*, 2019; Paul *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2017; Olanrewaju *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018; Aloo *et al.*, 2018; Igiehon *et al.*, 2018). Por lo anterior el objetivo del presente trabajo es la cuantificación e identificación de bacterias en el microbioma de la rizosfera y la sanidad del cultivo orgánico de tomate cherry en diferentes sustratos.

### **8.3 Metodología**

#### **8.3.1 Densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera**

Para determinar el conteo de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera de las plantas, se siguió la metodología de Corral-Lugo *et al.* (2012) se realizaron 6 muestreos en cada sustrato a una profundidad de 10 cm cerca de la raíz, posteriormente se diluyó 10 g de muestra de sustrato en 90 mL de agua peptonada, se dejó sedimentar y se tomó 1 mL de la dilución, se agregó a un tubo que contenía 9 mL de agua peptonada. Se homogenizó y traspasó a otro tubo con 9 mL de agua peptonada. Este paso se repitió dependiendo del número de diluciones que se requiera para poder ser cuantificadas.

Se inoculó por duplicado 0.1 mL de cada dilución realizada en medios de cultivo agar nutritivo (Biomerux®). El inóculo se dispersó en el medio de cultivo con la ayuda de una varilla de vidrio o perlas de vidrio estériles. Por último, se realizó un conteo de las colonias de forma visual.

Este proceso se realizó al inicio, cuando los sustratos no presentaron ningún tratamiento, el segundo conteo se realizó cuando las plantas presentaron su etapa vegetativa a los 27 días después del trasplante (ddt) y el tercer conteo se evaluó en etapa de fructificación a los 42 ddt.

#### **8.3.2 Identificación molecular de microorganismos**

### **8.3.2.1 Extracción de DNA**

La extracción de DNA de los microorganismos del suelo se realizó mediante el kit DNeasy Microbial (Qiagen®) siguiendo las instrucciones del fabricante. Las concentraciones y purezas del ADN se determinaron con un espectrofotómetro Nanodrop (Thermo Fisher Scientific®).

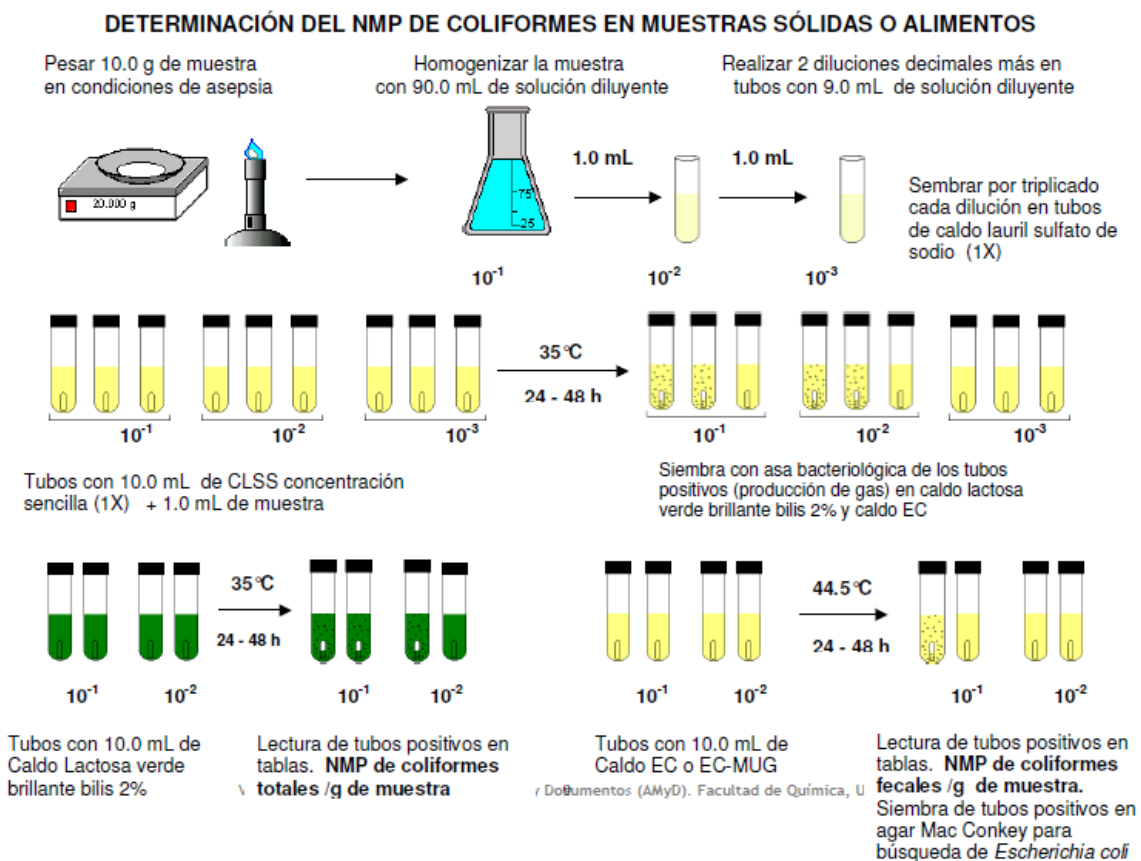
### **8.3.2.2 Secuenciación y análisis bioinformático**

El ADN extraído de muestras se usó como plantilla para amplificar las regiones V3 y V4 hipervariables del gen del ARN ribosómico 16S (ARNr), la pirosecuenciación se realizó mediante el sistema MiSeq (Illumina®). Los datos de secuenciación se procesaron por el programa QIIME v.1.8.0. Primeramente, se realizó un control de calidad y limpieza de las secuencias obtenidas en cada muestra utilizando las herramientas Trimmomatic (Índice Fred) y Fastx-Toolkit. Posteriormente, se agruparon en unidades taxonómicas operacionales (OTUs) bajo un umbral de confianza del 97% utilizando las bases de datos National Center for Biotechnology Information (NCBI) y SILVA ([www.arb-silva.de](http://www.arb-silva.de)). Se calcularon los índices ecológicos Shannon, Simpson, Chao1 y diversidad filogenética a través de `alpha_rarefaction.py` y se realizó un análisis Fast UniFrac para comprobar la estructura de las comunidades considerando la distancia filogenética entre OTUs a nivel de familia. Para la diversidad filogenética se utilizó el servidor Phylogeny.fr (<http://www.phylogeny.fr/>) mientras que la diversidad de género entre las comunidades bacterianas se realizó utilizando la prueba de ANOVA.

### **8.3.3 Determinación de coliformes totales, fecales y *E. coli* en frutos de jitomate**

Los muestreos se realizaron de manera aleatoria, se colectaron 10 frutos en cada tratamiento, en forma de zig-zag, procurando cubrir toda la superficie del invernadero. Todo el material se recolectó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994 Bienes y Servicios “Generalidades para la toma y recolección de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”. Para la

preparación de las muestras se utilizó el método microbiológico, regido por la Norma Oficial Mexicana NOM110-SSA1-1994 Bienes y Servicios. "Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico". El fruto completo se homogenizo en una licuadora (Osterizer®), 1 mL de éste se diluyó en 9 mL de agua peptonada salina estéril (0,1% peptona + 0,85% NaCl). De la muestra compuesta de sustrato se obtuvo 1 g y se diluyó en 9 mL de agua destilada estéril. En ambos casos, las muestras se analizaron con las diluciones  $10^{-4}$ , y  $10^{-5}$ . Para bacterias mesófilas aerobias, se utilizó agar para cuenta estándar (BIOXON®) según la norma NOM-092-SSA1-1994. Se sembró por duplicado cada una de las muestras, incubándose por 48 h a  $35 \pm 2$  °C. El recuento de UFC/mL se realizó siguiendo los lineamientos de esta misma norma. El recuento de coliformes totales se realizó acorde a la norma NOM-113-SSA1-1994 y la de coliformes fecales de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. La determinación de bacterias coliformes se realizó mediante la técnica del número más probable (Figura 6).



**Figura 3.** Determinación del número más probable de coliformes en frutos de tomate cherry con fertilización orgánica. (*NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios.*)

## 8.4 Resultados y discusión

### 8.4.1 Densidad bacteriana “mesófilos aerobios”

En la densidad bacteriana de la del muestreo antes del transplante, se tuvo que la fibra de coco presentó mayor densidad de bacterias mesófilas aerobias con 626666.67 UFC/mL, seguido por la lombricomposta (91666.67 UFC/mL) y la mezcla (55000.00 UFC/mL). En la segunda etapa hubo un incremento bacteriano respecto de la primera etapa fenológica, sin embargo, el sustrato con mayor densidad bacteriana fue la lombricomposta (1816666.7 UFC/mL), seguido por la mezcla (1256666.7 UFC/mL) y la fibra de coco UFC/mL. En la tercera etapa fenológica la mezcla superó ambos sustratos (5850000.0 UFC/mL), seguido por la fibra de coco (711666.7 UFC/mL) y la lombricomposta (633333.3 UFC/mL) (Tabla 4), lo que indica un aumento progresivo de bacterias conforme el crecimiento de la planta, esto puede se puede atribuir a la asociación (mutualismo) que hubo entre la rizosfera de las plantas y las bacterias que proliferaron de acuerdo con las condiciones de los sustratos donde creció el cultivo al ofertar nutrientes y antibióticos contra bacterias patógenas, la captación de nitrógeno y solubilización de algunos metales pesados (Xu *et al.*, 2018).

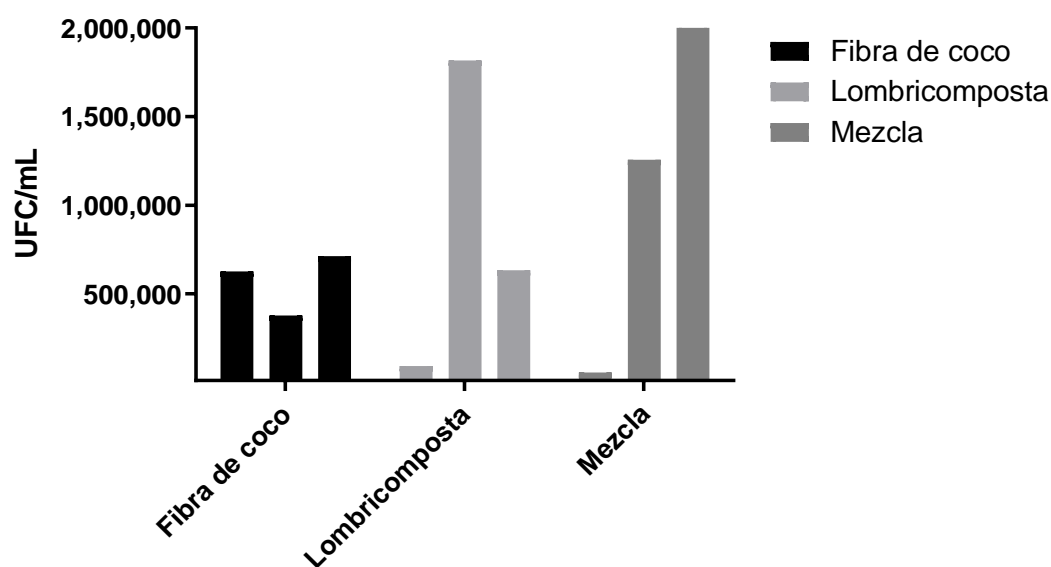
**Tabla 4.** Densidad de bacterias mesófilas aerobias en la rizosfera de plantas de tomate cherry en tres sustratos orgánicos y diferentes etapas de crecimiento

Tratamiento	Pretransplante	Etapa vegetativa	Etapa de fructificación
	UFC/mL		
Fibra de coco	626666.67 <sup>a</sup>	376666.7 <sup>a</sup>	711666.7 <sup>b</sup>

Lombricomposta	91666.67 <sup>a</sup>	1816666.7 <sup>a</sup>	633333.3 <sup>b</sup>
Mezcla	55000.00 <sup>a</sup>	1256666.7 <sup>a</sup>	5850000.0 <sup>a</sup>
DMSH	764836.4	2203489	4543448

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). DMS (diferencia mínima significativa).

La densidad bacteriana en la rizosfera de las plantas en lombricomposta disminuyó en la etapa de fructificación en comparación con la etapa vegetativa, esto pudo deberse a una disminución de nutrientes que provocó la disminución de la densidad bacteriana (Figura 4) (Zhao *et al.*, 2019).



**Figura 4.** Densidad bacteriana de mesófilos aerobios en pretransplante, etapa vegetativa y etapa de fructificación de crecimiento de tomate cherry cultivado en tres sustratos orgánicos

#### 8.4.2 Caracterización del microbioma bacteriano de la rizosfera

En cuanto la identificación bacteriana mediante la secuenciación del gen 16S los resultados fueron variables en cuanto a los sustratos, sin embargo, se analizan a continuación la taxonomía de orden, familia y género.

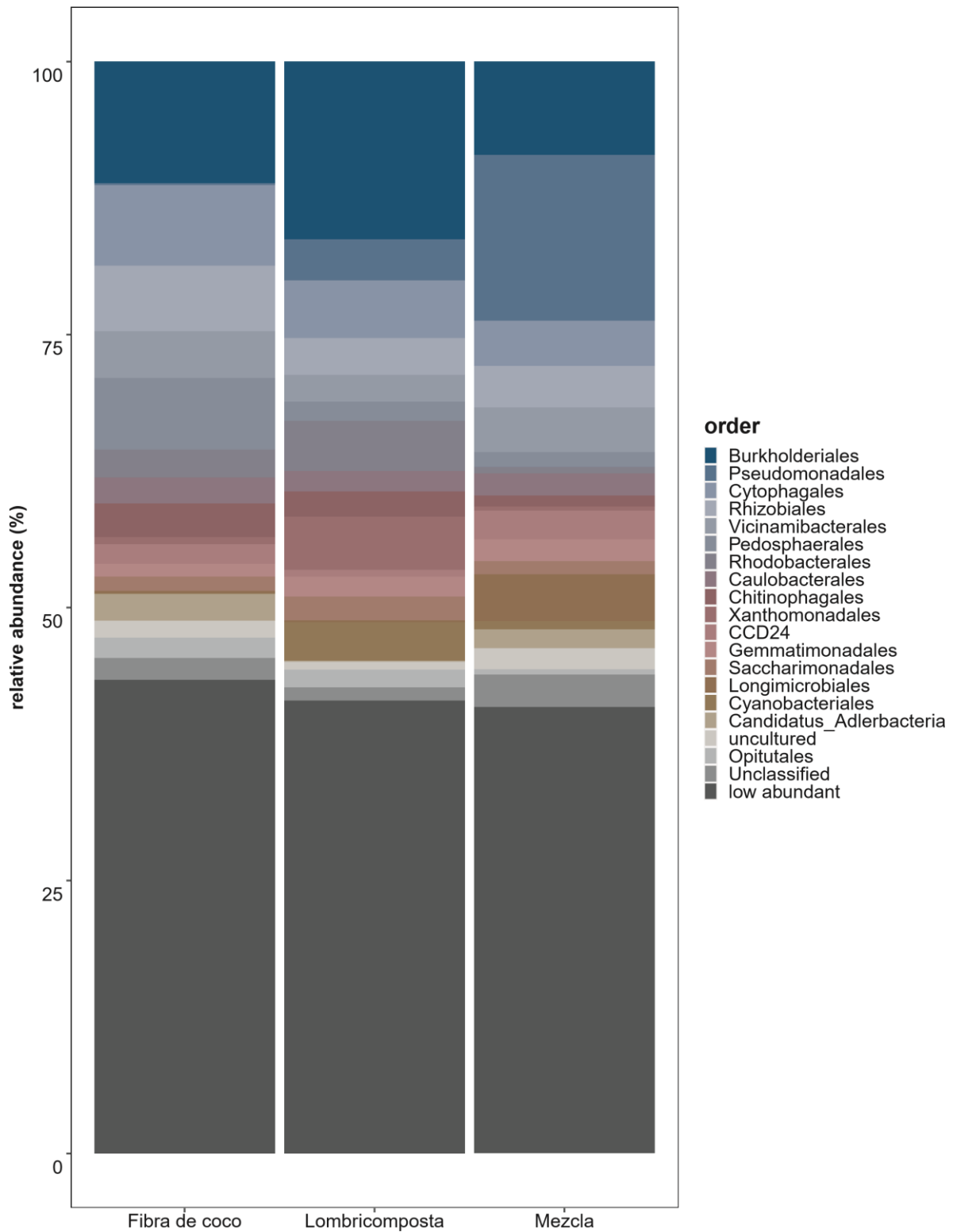
#### 8.4.2.1 Orden

Los resultados de la identificación bacteriana mediante la secuenciación del gen 16S permitieron detectar la taxonomía de orden encontrados, más frecuentes en los sustratos fueron: *Burkholderiales*, *Pseudomonadales*, *Cytophagales*, *Rhizobiales* y *Vicinamibacterales*. La mezcla tuvo una frecuencia de *Burkholderiales* del 11.15%, fibra de coco de 8.54% y lombricomposta 16.3%. Sin embargo, de acuerdo con Sheu *et al.* (2016), el orden *Burkholderiales* perteneciente a la clase *Betaproteobacteria*, un grupo morfológica, metabólica y ecológicamente diverso. Los miembros de este orden son los quimioorganótrofos estrictamente aeróbicos y facultativamente anaeróbicos, los quimiolitotrofos obligados y facultativos, los organismos fijadores de nitrógeno y los patógenos de plantas, animales y humanos, con base en el análisis de la secuencia del gen 16S se identificaron cinco familias identificadas de rRNA: *Alcaligenaceae*, *Burkholderiaceae*, *Comamonadaceae*, *Oxalobacteraceae* y *Sutterellaceae*, que se aislaron de agua dulce, depósitos de flujo de lodo, suelo, plantas, pacientes con fibrosis quística, heces humanas y ciliados. Además, varios géneros como *Aquabacterium*, *Aquincola*, *Ideonella*, *Inhella*, *Leptothrix*, *Methylibium*, *Mitsuaria*, *Paucibacter*, *Piscinibacter*, *Rivibacter*, *Rubrivivax*, *Sphaerotilus*, *Tepidimonas*, *Thiobacter*, *Thiomonas* y otros que se colocan en incertae sedis (de posición incierta) como *Burkholderiales* no clasificados. Debido a esto, es de suma importancia el seguir analizando este orden mediante secuenciación del gen 16S.

El orden de *Pseudomonadales*, la de fibra de coco tuvo 0.14%, la lombricomposta 3.7%, mientras que la mezcla fue superior, con 15.2%. En cuanto al orden *Cytophagales* este fue el tercero en frecuencia, la mezcla obtuvo 4.2%, lombricomposta 5.3% y fibra de coco 7.4%. El orden *Rhizobiales*, se encontró en 3.4% en la lombricomposta, la mezcla con 3.8% y en la fibra de coco se encontró en 6.0%. Este orden es fijador de nitrógeno, sin embargo, no existen suficientes estudios de este orden en la agricultura (Aloo *et al.*, 2018). Otro orden que se encontró con elevada frecuencia fue el género *Vicinamibacterales*, con 2.4% en la

lombricomposta, 4.1% en la mezcla y 4.3% en la fibra de coco (Figura 5).

|



**Figura 5.** Abundancia relativa de los 20 órdenes más frecuentes de bacterias rizosféricas en sustratos orgánicos para la producción de tomate cherry.

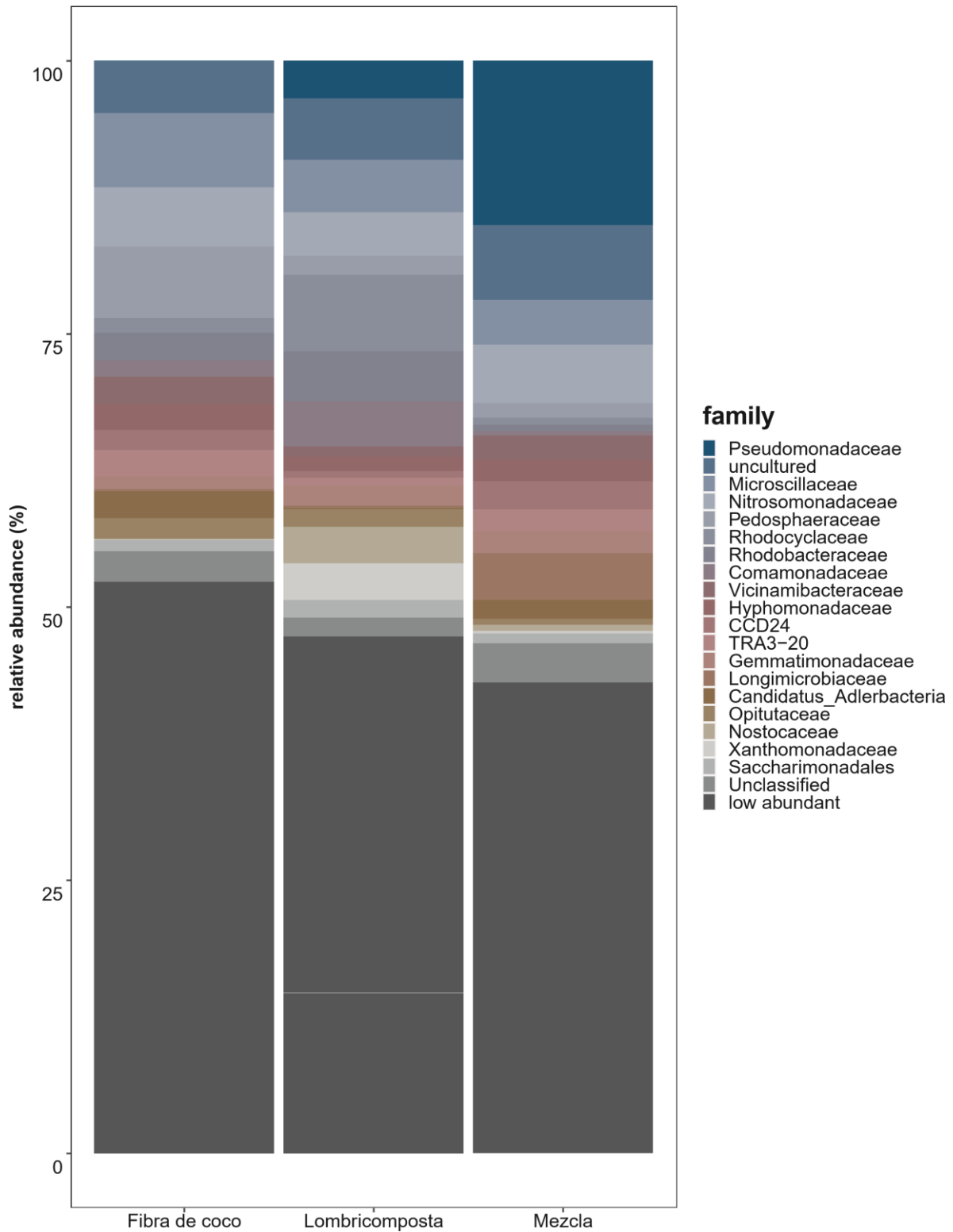
#### 8.4.2.2 Familia

Con respecto a la clasificación taxonómica de familia, los resultados de la identificación mostraron que la mayor frecuencia se estableció por las familias *Pseudomonadaceae*, no cultivables, *Microscillaceae*, *Nitrosomonadaceae* y *Pedosphaeraceae*.

La familia *Pseudomonadaceae* fue la más abundante de bacterias en el sustrato resultante de la mezcla con 15.0%, sin embargo, la fibra de coco (0.04%) y la lombricomposta (3.5%) obtuvieron un porcentaje bajo; al respecto, existen reportes que las bacterias de esta familia tiene la capacidad de inhibir agentes patógenos que ocasionan enfermedades en las plantas y garantizan una mayor producción como lo observaron Zhao *et al.*, (2019), Lin *et al.*, (2019) y Aloo *et al.*, (2018) en cítricos

El segundo lugar, en la frecuencia de familias en los diferentes sustratos fueron las no cultivables, en donde la fibra de coco presentó 4.7% lombricomposta 5.6% y la mezcla 6.8%. Mientras que la familia *Nitrosomonadaceae* tuvo una frecuencia de 5.4% en fibra de coco y la mezcla de 5.3%, ambas, superaron a la lombricomposta (4.0%). En el caso de la familia *Pedosphaeraceae*, estos microorganismos asociados a las raíces son beneficios para las plantas como la inhibición de enfermedades (Xu *et al.*, 2018). (Figura 6).

De acuerdo con lo reportado por Zhao *et al.*, (2019), Lin *et al.*, (2019) y Xu *et al.*, (2018), menciona que las familias bacterianas más dominantes identificadas en los trabajos realizados por estos autores fueron *Proteobacterias*, *Firmicutes*, *Planctomycetes*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Gemmatimonadetes*, *Acidobacteria*, *Chloroflexi*, *Verrucomicrobia* y *Nitrospirae*, en muestras con fertilización, donde se reportó a *Firmicutes* con mayor abundancia relativa, mientras que *Proteobacteria* fue mayor en muestras sin fertilización. Lo que indica que la comunidad microbiana es modificada mediante la adición de fertilizantes.



**Figura 6.** Abundancia relativa de 20 familias más frecuentes de bacterias rizosféricas en sustratos orgánicos para la producción de tomate cherry.

### 8.4.2.3 Género

En cuanto a la clasificación taxonómica de género, mostraron mayor encontrada frecuencia de *Pseudomonas*, incultivables, “uncultured”, MND1, *Vicinamibacteraceae* y CCD24.

El género *Pseudomonas* fue la más abundante en el sustrato combinado (mezcla) con 15.0%, sin embargo, la fibra de coco (0.04%) y lombricomposta (3.5%) tuvieron un porcentaje bajo, estos resultados están relacionados con la mayor presencia de la familia *Pseudomonadaceae*.

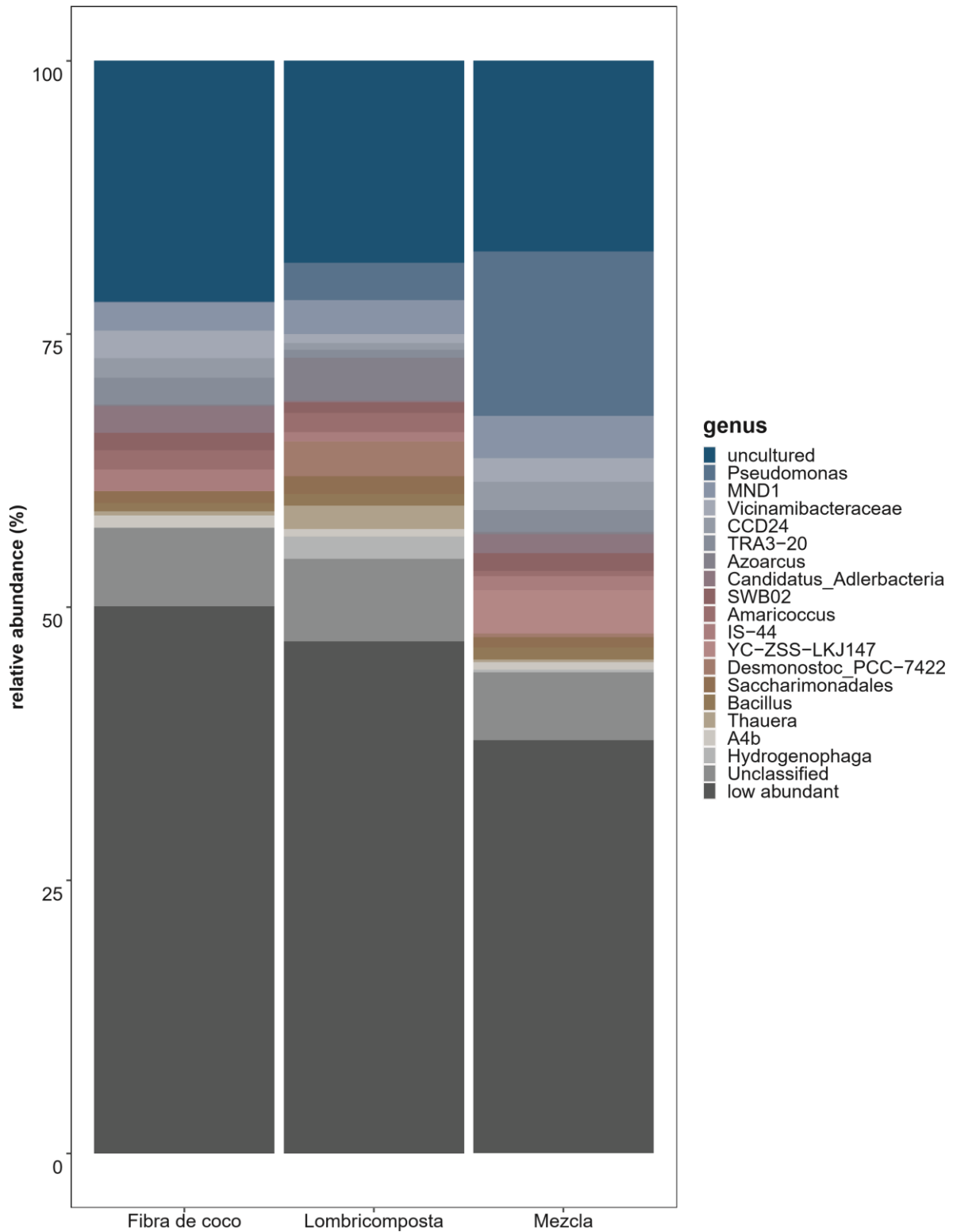
Por su parte, las no cultivables tuvieron una frecuencia mayor en comparación de orden y familia, esto es debido a que la identificación que se hace por medio de secuenciación del gen 16S en especial la región hipervariable v3 y v4 son específicas para identificación de bacterias en suelo, sin embargo, muchas bacterias son difíciles de cultivar debido al requerimiento específico de condiciones y nutrientes, lo cual hacen difícil su cultivo, y con ello la identificación y la caracterización bioquímica para poder nombrarlas (Xu *et al.*, 2018). Debido a esto, el porcentaje de la identificación de género que resultó no cultivable fue de 22.0% en fibra de coco, lombricomposta 18.4% y mezcla 17.5%. Mientras que en los MND1 se obtuvo una frecuencia de 2.6% en fibra de coco, de 3.1% en lombricomposta y 3.9% en la mezcla. El género *Vicinamibacteraceae* tuvo una frecuencia de 2.5% en fibra de coco, 0.8% en lombricomposta y 2.2% en la mezcla. Mientras que el género CCD24 tuvo una frecuencia de 1.8% en fibra de coco, 0.7% en lombricomposta y 2.6% en la mezcla.

Al respecto, reportes que estos microorganismos asociados a las raíces son benéficos para las plantas (Zhao *et al.*, (2019), Lin *et al.*, (2019), Aloo *et al.*, (2018), Xu *et al.*, (2018)) en donde su análisis de la rizosfera en cítricos inhibe las enfermedades de las plantas en diferentes contextos al igual que en productos de sandías y tes. Así mismo plantean el aprovechamiento de comunidades sintéticas para determinar la interacción entre los microorganismos en sus interacciones. Y

con ello no solo determinar la manera en que estos ensamblajes microbianos se asocian con las raíces, sino también conocer su estabilidad antes de que puedan asociarlos y explotarlos para la tolerancia al estrés y la resistencia a las enfermedades (Figura 7).

A nivel de género bacteriano, al comparar la abundancia relativa de los 15 géneros más frecuentes se observó que la fertilización promueve la abundancia de *Thermoactinomyces*, *Bacillus*, *Saccharopolyspora* y *Leuconostoc*. La comunidad bacteriana en biofertilizantes se enriqueció con *Bacillus*, *Pediococcus*, *Klebsiella* y *Clostridium*; y en menor medida con: *Enterococcus*, *Caulobacter*, *Burkholderia*, *Lactococcus*, *Actinomadura*, *Lactobacillus* y *Glycomyces* en comparación con el testigo (suelo sin fertilización) (Zhao *et al.*, 2019; Paul *et al.*, 2019; Gómez *et al.*, 2017; Olanrewaju *et al.*, 2017). Sin embargo, labiofertilización promueve mayor abundancia de *Bacillus*, *Lysobacter*, *Rhodoplanes*, *Solirubrobacter*, *Devosia*, *Pseudomonas* y *Arenimona* y menor cantidad de *Gemmata* y *Phormidium*. Lo anterior indica que el uso de diferentes fuentes de fertiliza modulan diferencialmente la estructura de la comunidad microbiana de la rizosfera, aunado a que estos microorganismos tienen la función de solubilizar el fosfato y el nitrógeno. Por tanto, los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Burkholderia*, *Arthrobacter* y *Paenibacillus* son bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR, por sus siglas en inglés) comunes en la rizósfera de las mismas (Olanrewaju *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018; Aloo *et al.*, 2018).

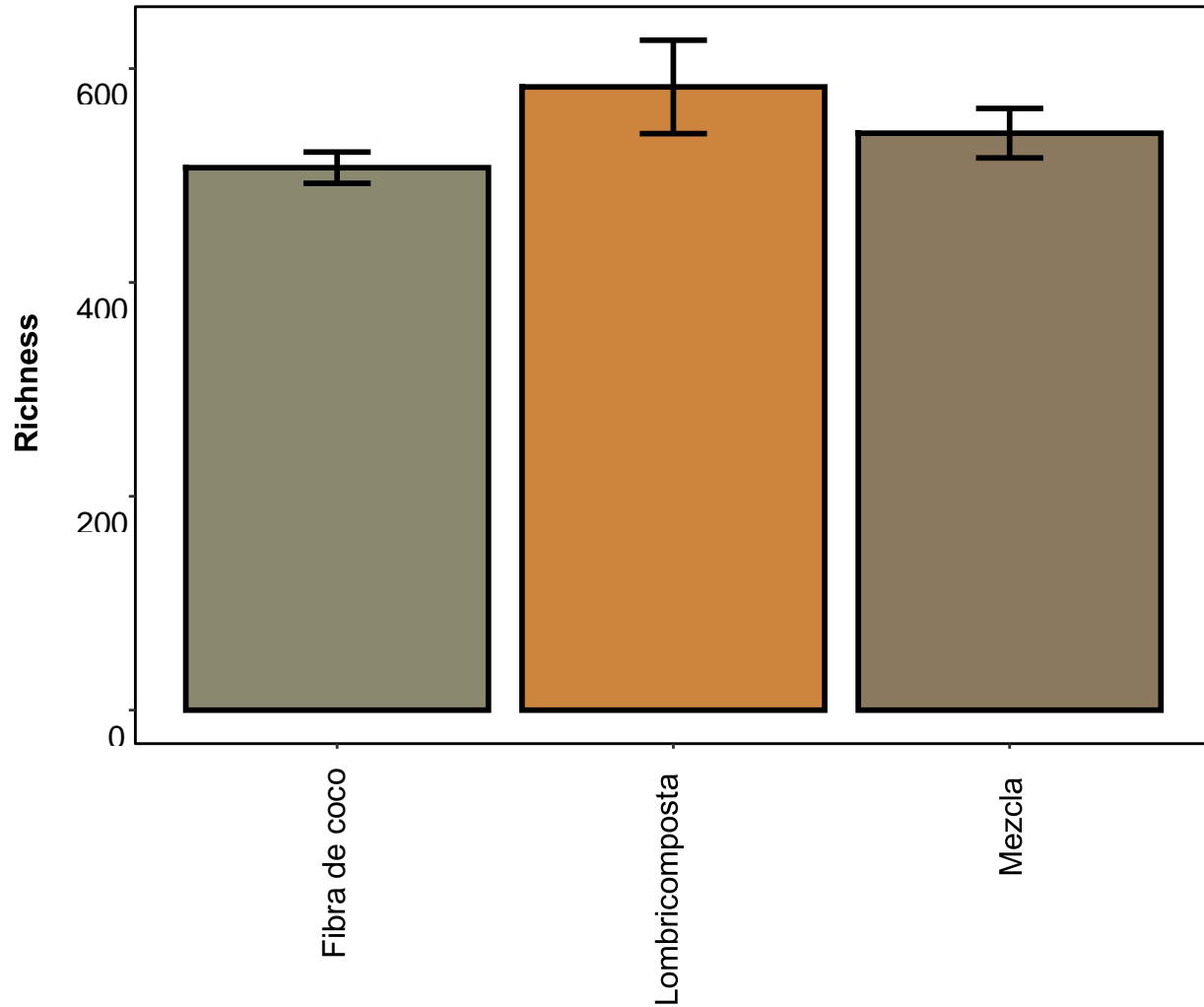
-



**Figura 7.** Abundancia relativa de los 20 géneros más frecuentes en los tres sustratos usados en el cultivo de tomate cherry.

#### **8.4.2.4 Riqueza de especies bacterianas (Richness)**

Richness calcula el número de especies del vector de probabilidad para evitar caer en sesgos. El sustrato con una escala de Richness superior fue la lombricomposta, , esto indica que es el sustrato con más especies diferentes, ya que, las muestras que superan los 400 Richness se consideran ricas en especies bacterianas (Yarza *et al.*, 2014), sin embargo, la cantidad de bacterias mesófilas aerobias en el tercer muestreo, resultó en mayor proporción en la mezcla, esto se debe a que la secuenciación del gen 16S identifica diferentes bacterias tanto cultivables como no cultivables (Zhao *et al.*, (2019), Lin *et al.*, (2019), Aloo *et al.*, (2018), Xu *et al.*, (2018), en donde bacterias no tienen los requerimientos necesarios y los cuales son difíciles para poder ser cultivables por el requerimiento específico de condiciones y nutrientes, con lo cual se hace muy difícil su cultivo, la identificación y la caracterización bioquímica, que muchos investigadores usan para poder nombrarlas. (Figura 8).

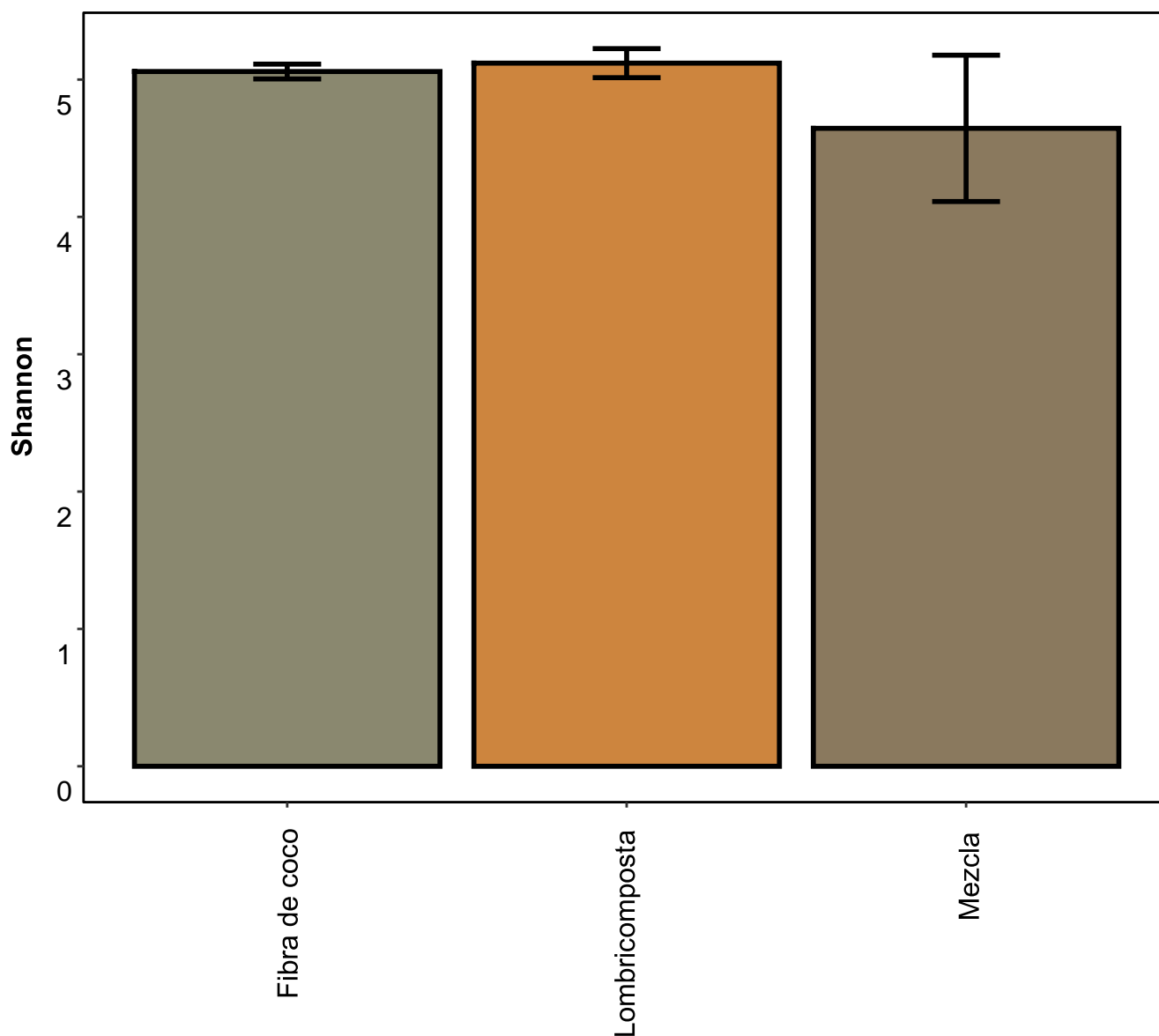


**Figura 8.** Número de especies en sustratos orgánicos para la producción de tomate cherry con base en secuenciación del gen 16S.

#### 8.4.2.5 Índice de Shannon

El índice de Shannon mostró valores superiores a dos unidades, por lo que se infiere que las especies presentes en los sustratos son muy variables. Indicando que no solo una bacteria interactúa con la rizosfera de la planta, sino que todo un conjunto de bacterias interactúa entre sí para crear un ambiente de mutualismo, contribuyendo en la sanidad de la misma (Zhao *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2019). Los mismos autores, mencionan que la mayoría de los estudios se han centrado en microorganismos benéficos específicos individuales, pero se ha ignorado el efecto

global de las comunidades microbianas (Figura 7).

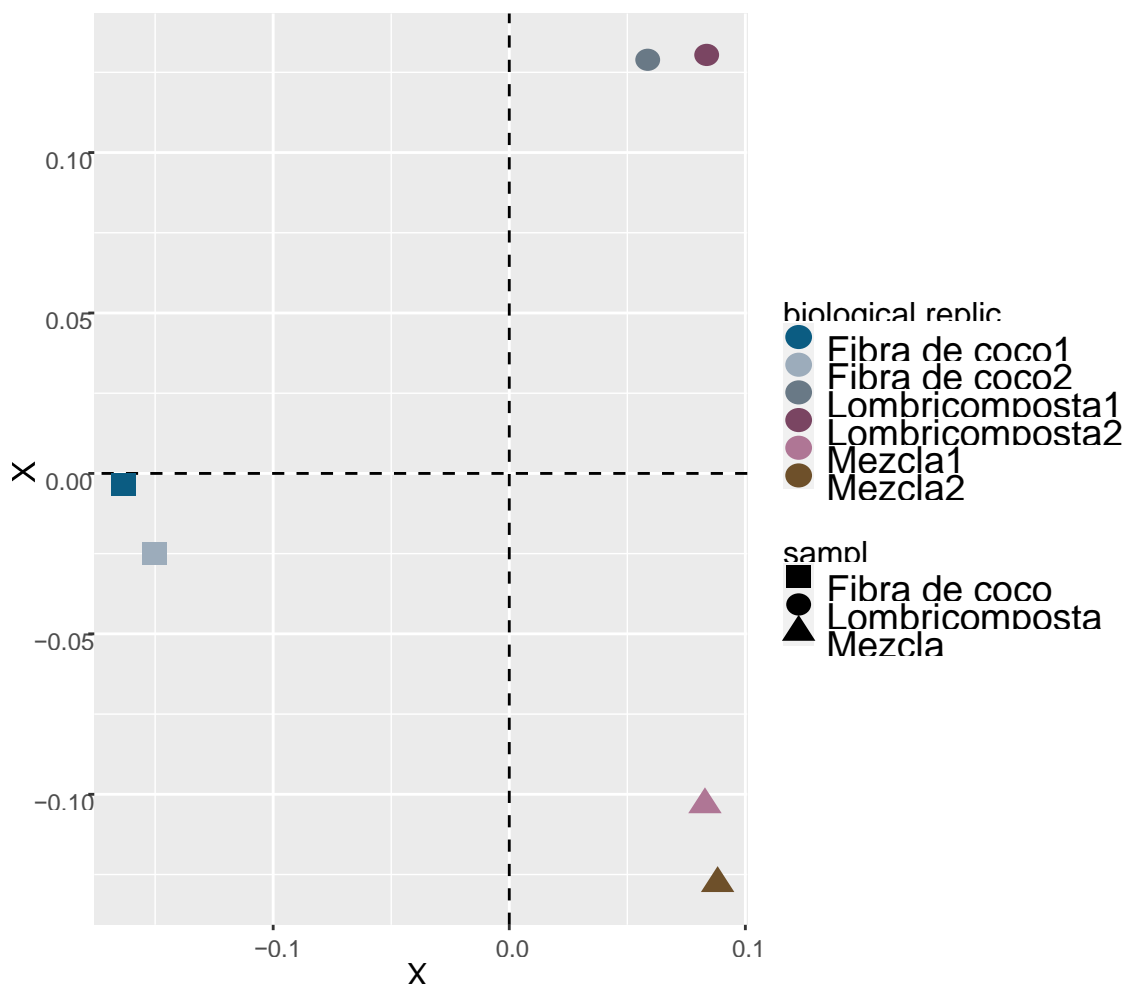


**Figura 9.** Diversidad de especies bacterianas en sustratos orgánicos para la producción de tomate cherry, según el índice de Shannon y secuenciación del gen 16S.

#### 8.4.2.6 El escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)

Con base en el análisis de escalamiento multidimensional no métrico, se observó similitud entre las repeticiones recolectadas de cada tratamiento y diferentes entre

cada sustrato, con respecto a las variables que intervinieron en la elaboración del gráfico NMDS. Esto nos indica que las muestras analizadas respecto al gen de 16S del microbioma de la rizosfera de cada sustrato, tienen una diversidad distinta entre cada sustrato, y similar en la repetición del mismo sustrato. Con lo cual corrobora los datos de secuenciación y la disimilitud de Bray-curtis, que nos indican que cada sustrato se caracteriza por tener un microbioma único similar entre la repetición de cada tratamiento y distintos entre sí (Figura 8).



**Figura 10.** Comparación de diversidad entre las muestras de los tres sustratos de tomate cherry cada ubicación según el índice de Shannon utilizando los datos 16S.

### 8.4.3 Determinación de coliformes totales, fecales y *E. coli* en frutos de tomate cherry con manejo orgánico en invernadero

En cuanto a la sanidad de los frutos, los resultados fueron negativos a la presencia de coliformes totales, fecales y *E. coli*. Con ello se comprueba la inocuidad de los frutos de tomate cherry, ya que, al ser cultivados con sustratos y fertilización orgánicos, los frutos podrían contaminarse por la presencia de alguna bacteria patógena debido a un mal manejo de los insumos orgánicos usados para el establecimiento y manejo del cultivo. Esto demuestra que el proceso de compostaje se realizó de manera correcta al no presentar coliformes totales, fecales y *E. coli* (Paul *et al.*, 2019). En la Figura 9 en la parte 1 y 3 se observan las muestras analizadas en búsqueda de coliformes fecales, totales y *E. coli*, mediante lo establecido por la NOM-210-SSA1-2014, en las cuales se observan con resultados negativos. En la parte 2 y 4 son los controles positivos de los diferentes análisis. Sin embargo, es de suma importancia garantizar la inocuidad de los alimentos y posibles enfermedades que puedan vulnerar la salud de los consumidores.



**Figura 11.** Análisis de coliformes totales, fecales y *E. coli* en los frutos de tomate cherry cultivados con sustratos y fertilización orgánica en invernadero.

## 8.5 Conclusiones

- La densidad de bacterias mesófilas aerobias de la rizosfera aumentó progresivamente conforme la etapa fenológica del cultivo, a excepción de la lombricomposta, la cual disminuyó en la fructificación. La mayor cantidad de UFC se observaron cuando el cultivo se estableció en la mezcla.
- El orden más frecuente en los sustratos fue *Burkholderiaceae*. Las familias más frecuentes fueron *Pseudomonadaceae* y las no cultivables. El género *Pseudomonas* fue el más abundante el sustrato de la mezcla.
- El índice de Shannon nos permite inferir que las muestras son muy variables como especie, lo que indica que todo un conjunto de bacterias interactúa entre sí para crear un ambiente de mutualismo con la planta además existe una alta riqueza bacteriana en los diferentes sustratos orgánicos, donde la lombricomposta fue el sustrato con una mayor cantidad y diversidad de especies en la rizosfera del cultivo de tomate Cherry, lo que nos indican que cada sustrato se caracteriza por tener un microbioma único y distinto entre sí.
- No se detectó presencia de coliformes totales, fecales y *E. Coli*, por lo tanto, el uso de sustratos orgánicos es seguro para los cultivos de alimentos siempre y cuando se procesen de correctamente.

## 8.6 Bibliografía

1. Aloo, B. N., Makumba, B. A., & Mbega, E. R. (2018). The Potential of Bacilli Rhizobacteria for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability. *Microbiological Research*.
2. Corral-Lugo, A. Morales-García, Y, E. Pazos-Rojas, L, A. Ramírez-Valverde, A. Martínez-Contreras, R, D. y Muñoz-Rojas, J. (2012). Cuantificación de bacterias cultivables mediante el método de “Goteo en Placa por Sellado (o estampado) Masivo”. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(2):147-156.
3. Gómez Expósito, R., de Bruijn, I., Postma, J., & Raaijmakers, J. M. (2017). Current Insights into the Role of Rhizosphere Bacteria in Disease Suppressive Soils. *Frontiers in microbiology*, 8, 2529.
4. Igiehon, N. O., & Babalola, O. O. (2018). Rhizosphere Microbiome Modulators: Contributions of Nitrogen Fixing Bacteria towards Sustainable Agriculture. *International journal of environmental research and public health*, 15(4), 574.
5. Jaizme-Vega, MR (2010). Las micorrizas, microorganismos esenciales en agricultura ecológica. *Revista AE*, 18(9) primavera 2010 26-27
6. Leyva-Mir, S.G., González-Solano, C.M., Rodríguez-Pérez, J.E., Montalvo-Hernández, D., 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 19, 301–313
7. Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z., & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PloS one*, 14(5), e0217018.
8. Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994 Bienes y Servicios “Generalidades para la toma y recolección de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”. Para la preparación de las muestras se utilizó el método microbiológico.
9. Norma Oficial Mexicana NOM110-SSA1-1994 Bienes y Servicios. “Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”.

10. NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
11. Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World journal of microbiology & biotechnology*, 33(11), 197.
12. Paul Chowdhury, S., Babin, D., Sandmann, M., Jacquiod, S., Sommermann, L., Sørensen, S. J., Fliessbach, A., Mäder, P., Geistlinger, J., Smalla, K., Rothballer, M., & Grosch, R. (2019). Effect of long-term organic and mineral fertilization strategies on rhizosphere microbiota assemblage and performance of lettuce. *Environmental microbiology*, 21(7), 2426–2439.
13. Renaut, S., Masse, J., Norrie, J. P., Blal, B., & Hijri, M. (2019). A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. *Microbial biotechnology*, 12(6), 1346–1358.
14. Sheu, S. Y., Li, Y. S., & Chen, W. M. (2016). *Piscinibacterium candidicorallinum* gen. nov., sp. nov., a member of the order *Burkholderiales* isolated from a fish pond. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(12), 5260–5267. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.001505>
15. Urrieta-Velázquez, J.A., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G.A., Ruiz-Posada, L. del M., Cueto-Wong, J.A., 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 18, 371–381.
16. Xu, J., Zhang, Y., Zhang, P., Trivedi, P., Riera, N., Wang, Y., Liu, X., Fan, G., Tang, J., Coletta-Filho, H. D., Cubero, J., Deng, X., Ancona, V., Lu, Z., Zhong, B., Roper, M. C., Capote, N., Catara, V., Pietersen, G., Vernière, C., ... Wang, N. (2018). The structure and function of the global citrus rhizosphere microbiome. *Nature communications*, 9(1), 4894.
17. Zhao, J., Liu, J., Liang, H., Huang, J., Chen, Z., Nie, Y., Wang, C., & Wang,

Y. (2018). Manipulation of the rhizosphere microbial community through application of a new bio-organic fertilizer improves watermelon quality and health. *PloS one*, 13(2), e0192967.

# Capítulo III

## **9. Preferencias de consumo de tomate cherry orgánico (*Solanum lycopersicum* cv. *Ceraciforme*) en el estado de Guerrero**

### **9.1 Resumen**

El tomate es una de las hortalizas más cultivadas a nivel mundial y el cuarto en importancia por su contribución en el valor de la producción del sector primario mexicano, con un consumo per cápita de 16 kg para el año 2017. El tomate tipo cherry se distingue por sus frutos pequeños de diferentes tamaños, colores y sabores; actualmente es muy demandado en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica. Conocer las características cuantitativas y cualitativas que valoran los consumidores de los productos que adquieren, determina el éxito de un producto dentro del mercado. Se realizaron 331 encuestas utilizando la plataforma de Google Forms a personas mayores de 18 años pertenecientes al estado de Guerrero, los resultados se analizaron con la prueba estadística de chi-cuadrada para determinar la asociación entre variables. Los resultados muestran que las variables que consideran los consumidores al momento de elegir el tomate Cherry son: calidad, color, apariencia, certificación, textura, precio, información nutricional, forma, empaquetado y procedencia.

Palabras clave: cherry, consumidores, Guerrero, estudio de mercado

### **9.2 Summary**

The tomato is one of the most cultivated vegetables worldwide and the fourth in importance for its contribution to the production value of the Mexican primary sector, with a per capita consumption of 16 kilograms for the year 2017. The cherry type tomato stands out for its small fruits of different sizes, colors and flavors; It is currently in high demand in the food industry. Knowing the quantitative and qualitative characteristics that consumers value of the products they purchase determines the success of a product in the market. 331 surveys were carried out using the Google Forms platform to people over 18 years of age belonging to the state of Guerrero, the results were analyzed with the Xi-square statistical test to determine the association between variables. The results show that the variables that consumers consider when choosing cherry tomatoes are: quality, color,

appearance, certification, texture, price, nutritional information, shape, packaging and origin.

**Keywords:** Cherry, consumers, Guerrero, market study

### 9.3 Introducción

El jitomate es una planta herbácea de la familia Solanaceae. En el año 2019 México tuvo una producción anual de jitomate de 222,791.43 t cosechadas en 54,510.59 ha; a nivel internacional tiene una participación del 25.11% del valor de las exportaciones mundiales y se prevé una tasa de crecimiento de 5.58% al año 2030 (SAGARPA, 2017; SIAP, 2022). Los principales estados productores de esta hortaliza son Sinaloa, Zacatecas, Jalisco, Puebla y Michoacán, al respecto, el estado de Guerrero destina una superficie de 24.39 ha para la siembra de este cultivo (SIAP, 2022). Existen variedades de tomate las cuales se cultivan por su importancia económica y cultural, en el años 2017 del total de la producción de tomate en México, la variedad saladet representó el 84.6% el tipo bola 12.8% y el cherry 2.6%, siendo los principales estados productores de éste último, Jalisco (25.7%), Guanajuato (19.4%), Colima (13.8%) y Sonora (10.1%).El tomate Cherry ha adquirido gran valor ya que diversos estudios han demostrado un aumento en su popularidad debido a la cultura a base de alimentación con ensaladas (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; SIAP, 2022).

Respecto al consumo se estima que para el año 2030 se tendrá un aumento en la demanda mundial de 8.92 a 11.78 millones de toneladas (MMt), con un crecimiento acumulado del 32.10%, mientras que del 2016 al 2030 para México se prevé una tasa de crecimiento en la producción del 5.58% reflejado en un incremento de 3.35 a 7.56 MMt con un crecimiento acumulado de 125.80% (SAGARPA, 2017). Una de las razones del incremento de esta hortaliza se debe a que el consumidor está empezando a ser consciente del papel que juegan los alimentos en la salud y la disminución del riesgo de enfermedades (Granato *et al.*, 2010), debido a que esta hortaliza aporta múltiples beneficios a la salud por ser fuente de vitaminas, minerales y fibra, contiene diversos nutrientes como ácido ascórbico, vitamina E,

flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides y licopeno (Peryeen *et al.*, 2015). Además de los usos que se le da a esta hortaliza en la industria alimenticia en una diversidad de formas, desde jugos, purés, conservas, deshidratados, fritos, en salsas picantes o dulces, mermeladas, esencia para alimentos, saborizantes, entre otros productos (SAGARPA, 2017).

El sistema agroalimentario está inmerso en un entorno cambiante por lo que el conocimiento que se tiene del mercado y sobre todo de los consumidores es de gran importancia para asegurar la comercialización de cualquier producto. Los valores que influyen en el comportamiento del consumidor son criterios implícitos para hacer juicios de preferencia y de evaluación (Wang *et al.*, 2013). A pesar de la importancia del conocimiento sobre estos valores, no existe una definición comúnmente aceptada y aplicada por igual a los consumidores, sin embargo, la evidencia sugiere que una conceptualización multidimensional de los valores del cliente muestra una capacidad más predictiva sobre la intención de compra del cliente que un enfoque unidimensional (Leroi-Werelds, Streukens, Brady y Swinnen, 2014; Martínez-López *et al.*, 2020). Martínez-López *et al.* (2020) mencionan que la percepción de los consumidores influye en ellos para llevar a cabo su decisión de compra, ya que, por lo general, buscan aquellos productos que puedan mejorar su calidad de vida y no causar daño en el ambiente, dicha percepción cambia la forma en que los bienes y servicios se comercializan (Khan *et al.*, 2017; Biswas *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2013). Por lo tanto, la decisión de compra de un consumidor, resulta muy complejo por estar influenciado por factores objetivos y subjetivos, que determinan su decisión de comprar y consumir determinado bien, en determinado momento y presentación; algunos de estos factores son tangibles y otros intangibles. Los primeros, son los atributos físicos del producto y los segundos relacionados con la personalidad del consumidor que determinan sus gustos y sus hábitos de compra (Hensher *et al.*, 2005)

Sheth, Newman y Gross (1991) mencionan que el comportamiento del consumidor tiene un enfoque multidimensional, esta teoría sostiene que cinco valores de consumo influyen en el comportamiento del consumidor: funcionales, valores

sociales, emocionales, condicionales y epistémicos (Lin y Huang, 2012). En el mismo sentido, Solomon (2008) menciona que el consumidor es influenciado por aspectos culturales, sociales, personales y psicológicos formando segmentos de mercado con características diferenciadas, deseos y conductas distintos.

Algunos estudios en alimentos relacionados con las preferencias de los consumidores mencionan qué características son más valoradas, por mencionar en el consumo de tortilla de maíz orgánico las variables escolaridad, ingreso, sabor, inocuidad y calidad mostraron mayor relevancia (Jaramillo, 2016); para el caso del palmito fresco el olor, sabor y color fueron los más relevantes (Reynolds, 2013); en caso del frijol a granel los factores determinantes de los consumidores son los económicos (ingreso y precio), culturales (tradiciones y costumbres), naturales (clima) y las características sensoriales de color, olor, sabor, tiempo de cocción y vida de anaquel (Rodríguez-Licea *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar las preferencias y gustos de los consumidores de tomate cherry en el estado de Guerrero, México.

#### **9.4 Materiales y métodos**

Se realizó una encuesta de septiembre a octubre de 2021 utilizando la herramienta Google Forms,, se efectuaron 331 encuestas a personas mayores de 18 años, que residen en diferentes municipios del estado de Guerrero. La encuesta se compartió a través de redes sociales. La elección del encuestado fue voluntaria, anónima y al azar. El cuestionario abordó aspectos sociodemográficos (edad, género, escolaridad, ingreso mensual de los hogares, educación, etcétera), los patrones de consumo (frecuencia de consumo, lugar de compra, cantidad de compra, precio, entre otros) y las preferencias de consumo (color, textura, apariencia, forma, etcétera). La medición de las preferencias de consumo se hizo en escala ordinal Likert. También se les preguntó sobre el etiquetado y certificación orgánica en el tomate Cherry.

La recolección y depuración de datos se hizo en el paquete Excel 2019 y el análisis estadístico en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22, mediante estadísticos descriptivos y para determinar si dos variables se

encuentran relacionadas se utilizó una medida de asociación acompañada de su prueba de significación, en este caso se usó la prueba estadística de Chi-cuadrada ( $X^2$ ), la cual proporciona un estadístico que contrasta la hipótesis de independencia entre las variables (Pardo y Ruiz, 2005).

## **9.5 Resultados y discusión**

### **9.5.1 Personas no consumidoras de tomate cherry**

Del total de los encuestados, 60.7% son consumidores de tomate cherry y 39.3% no lo consumen, las principales razones de la falta de consumo son: la no disponibilidad (27.7%), no lo conocen (23.8%), no les gusta (14.6%), tiene un precio alto (11.5%), entre otras razones (22.4%), según Olivares *et al.*, (2008) mencionan que las personas a pesar de conocer los beneficios que tiene para la salud el consumo de frutas y verduras, no lo hacen por pereza o por olvidar comerlas. Asimismo, dentro del grupo de no consumidores, el 55.4% (72) tienen la disposición de comprarlo en productos procesados como (según el orden de preferencia) pasta para sopa, comprimidos vitamínicos, puré, deshidratado, vino, champú y en mermelada. Además, estos potenciales consumidores propusieron otros productos a base de tomate cherry los cuales en orden de preferencia son los siguientes: salsas, ensaladas acompañado con otras verduras, productos de higiene (mascarillas, jabones, cremas faciales y cosméticos), concentrados en polvo y líquido, aderezos, abono para plantas, jugos y enlatados en escabeche. Lo que sugiere es probar cosas nuevas a través de la creación de productos innovadores a base de frutas y verduras como el caso del jitomate.

El perfil de las personas que no consumen tomate Cherry (Tabla 5) la mayoría son mujeres (60.7%), de entre 18 a 26 años (55.3%), con licenciatura (75.7%), con ingresos entre \$4 000.00 y \$8 000.00 MXN (66.2%) y trabajan en el sector privado y público (46.2%).

**Tabla 5.** Variables sociales y económicas de personas no consumidoras

Variable	Total (%)	Frecuencia
<b>Género</b>		
Mujer	60.7	79
Hombre	39.3	51
<b>Edad (años)</b>		
18 a 26	55.3	72
27 a 59	43.1	56
60 en adelante	1.6	2
<b>Escolaridad</b>		
Secundaria	2.3	3
Preparatoria	20.0	26
Licenciatura	75.7	75
Posgrado	20.0	26
<b>Ocupación</b>		
Sector privado	18.5	24
Sector público	27.7	36
Labores del hogar	6.9	9
Negocio propio	9.2	12
Otro	37.7	49
<b>Ingresos (pesos mexicanos)</b>		
Menos de 4,000	38.5	50
Entre 4,001 a 8,000	27.7	36
Entre 8,001 a 12,000	12.3	16
Entre 12,001 a 16,000	13.8	18
Mayor de 16,001	7.7	10

### 9.5.2 Personas consumidoras de tomate cherry

De los 331 encuestados, 201 (60.7%) son consumidores de tomate cherry, el perfil de estos consumidores (Tabla 6) son mayoritariamente (55.2%) mujeres de 18 a 59 años con un nivel educativo de 12 a 17 años en su mayoría (83%), con un ingreso de entre \$4,000.00 a \$12,000.00 MXN, estos consumidores coinciden con consumidores de productos “verdes” reportados por Wang *et al* (2013) y Mohd (2016). Así mismo las mujeres son las responsables del 80% de las decisiones de compra en los hogares, de ahí que son el grupo a las que mayormente se enfoca la publicidad de los productos (Carosio, 2008). El ingreso es un factor determinante en los patrones de consumo de alimentos, sobre los últimos deciles, debido a que determina su capacidad de gasto en productos y servicios (Duana, 2011). Por otro lado, las personas adultas registran mayor consumo de verduras (CEDRSSA,

2020), a partir de los 50 años de edad el consumo de frutas y verduras es mayor, debido al llamado efecto de generación positivo (López y Alarcón, 2018).

**Tabla 6.** Variables sociales y económicas de personas consumidoras de *tomate cherry*

Variable	Total (%)	Frecuencia
<b>Género</b>		
Mujer	55.2	111
Hombre	44.8	90
<b>Edad (años)</b>		
18 a 26	51.7	104
27 a 59	44.3	89
60 en adelante	4.0	8
<b>Escolaridad</b>		
Primaria	0.5	1
Secundaria	2.5	5
Preparatoria	28.3	57
Licenciatura	54.7	110
Posgrado	14.0	28
<b>Ocupación</b>		
Sector privado	17.9	36
Sector público	23.3	47
Labores del hogar	9.4	19
Negocio propio	20.4	41
Otro	29.0	58
<b>Ingresos (pesos mexicanos)</b>		
Menos de 4,000	32.8	66
Entre 4,001 a 8,000	34.3	69
Entre 8,001 a 12,000	12.9	26
Entre 12,001 a 16,000	7.9	16
Mayor de 16,001	12.1	24

Al asociar las diferentes variables económico-sociales con la frecuencia de consumo de *tomate cherry* (Cuadro 3) a través de la prueba estadística de chi cuadrada, se detectó una asociación positiva entre ellas. El consumo es mayor (50.7%) entre jóvenes y adultos de 18 a 59 años, sin embargo, estos consumen menos de 1 kg mensual. Así mismo, el 27.8% de éste mismo grupo etario consume de entre 1 a 2 kg mensualmente. El menor consumo lo representan el grupo etario de 60 años en adelante cuya frecuencia de consumo es de menor de 1 kg (1.5%) hasta 2 kg (1.5%) mensualmente. Este este rango de edad de los consumidores es más amplio comparado con consumidores de amaranto, donde la mayor disposición al consumo de este osciló entre 35 y 46 años de edad (Rojas-Rivas *et al.*, 2020).

Respecto al género, la mayor proporción (55.3%) de consumo fue en mujeres con una frecuencia de 111 consumidoras, a pesar de ello, el 28.9% consumen menos de 1 kg mensual. Por otra parte, los hombres representaron el 44.7% (90) de los consumidores, quienes solo el 23.3% consumen menos de 1 kg mensualmente, dicha tendencia concuerda con Wang *et al.*, (2014) quienes mencionan un comportamiento de consumidores rurales similar para la compra de productos orgánicos en comparación con los consumidores de las áreas urbanas. También en el consumo de chile las mujeres tienen mayor participación que los hombres (Castellón-Martínez *et al.*, 2012).

En cuanto a educación, los encuestados con estudios de licenciatura, consumen tomate cherry en mayor proporción (54.7%), seguido de aquellos con preparatoria (28.9%) y posgrado (13.9%) y los de menor consumo fueron los que tienen estudios de primaria (0.49%) y secundaria (0.49%). Esta variable resultó significativa para el consumo de tomate cherry. Al respecto, Zsóka *et al.*, (2013) y Wang *et al* (2013) mencionan que en el consumo de productos orgánicos la educación es un factor primordial por dar mayores herramientas e información para comprar productos que favorecen la salud humana. Por su parte, Zsóka *et al.* (2013) determinaron que la educación tiene una relación positiva en la decisión de compra de productos proambientales.

Respecto al ingreso mensual, el grupo de consumidores con ingresos mensuales entre \$4,001.00 a \$8,000.00 MXN consume en mayor proporción (34.3%) tomate cherry, seguido de aquellos que obtienen menos de \$4,000.00 MXN con 32.83% y en menor medida (7.9%) los consumidores con ingresos entre \$12,001.00 a \$16,000.00 MXN, esto sugiere que los mayores consumidores a pesar de tener un salario bajo según el INEGI 2019 (\$9,313 para zonas rurales), en esta investigación aquellas personas con ingresos de \$4,000.00 a \$8,000.00 MXN pueden consumir bienes superiores. Esto coincide con los consumidores de productos orgánicos o productos proambientales (Wang *et al.*, 2014).

Las tiendas departamentales son los lugares de preferencia (47.3%) por los consumidores para la compra de tomate cherry, seguido de los mercados locales

(45.3%), compra directo al productor (1.0%), compra de puestos ambulantes (5.4%) entre otros (1.0%). Esta variable resultó significativa para el consumo de tomate cherry. Esto coincide con Suki (2016) quien menciona que para el consumo de productos orgánicos prefieren las tiendas de conveniencia por comodidad, destacando la practicidad de estos lugares para comprar todo en un mismo lugar o por la influencia de ofertas y tipo de pago. Sin embargo, para otras verduras prefieren el mercado local, por mejor calidad, precio y cercanía; a su vez Martínez-Reina *et al.* (2019) mencionan que el sitio de compra de los consumidores de hortalizas frescas está altamente relacionado con el nivel socioeconómico del consumidor, es decir, los de un nivel alto prefieren comprar en los supermercados mientras que los de un nivel bajo prefieren comprar en los mercados públicos y tiendas locales.

.

En el precio de venta el 85.3% de los consumidores está dispuesto a pagar de \$60.00 a \$90.00 MXN (Tabla 7). El precio de venta en los mercados locales es mucho menor (\$30.00 MXN) con ello esta variable es determinante en la decisión de compra (ley de la demanda) de cualquier producto como lo menciona Tomek y Kaiser, (2014) y Suki (2016) menciona para el consumo de productos proambientales al precio como un factor determinante, similarmente, Wang *et al.* (2014) y Zsóka *et al.* (2013) también lo consideran determinante en el consumo de productos orgánicos. En el mismo sentido, Rojas-Rivas *et al.* (2020) indican que el precio es uno de los factores más importantes en la decisión de compra para los consumidores de amaranto. (

**Tabla 7.** Relación de variables económicas-sociales con la frecuencia de consumo

Variables	Prueba de chi cuadrada	Frecuencia de consumo de tomate cherry								
		Menos de 1 kg		De 1 a 2 kg		De 2 a 3 kg		Más de 4 kg		
		Frecuencia	% Frecuencia	Frecuencia	% Frecuencia	Frecuencia	% Frecuencia	Frecuencia	%	
<b>Edad (años)</b>										
18 a 26		50	24.9	35	17.4	15	7.5	4	2	
27 a 59		52	25.8	21	10.4	9	4.5	7	3.5	
60 en adelante		3	1.5	3	1.5	28	1	0	0	
<b>Género</b>										
Mujer		58	28.9	35	17.4	13	6.5	5	2.5	
Hombre		47	23.3	24	11.9	13	6.5	6	3	
<b>Educación</b>										
Primaria	0.000*	0	0	0	0	0	0	1	0.5	
Secundaria		3	1.5	0	0	0	0	1	0.5	
Preparatoria		30	14.9	20	10	7	3.4	1	0.5	
Licenciatura		55	27.4	33	16.4	14	7	8	4	

Posgrado	17	8.5	6	3	5	2.5	0	0
<b>Ingreso mensual</b>								
Menos de \$4,000	31	15.4	24	11.9	9	4.5	2	1
Entre \$4001 a \$8,000	38	18.9	20	10	5	2.5	6	3
Entre 8001 a 12,000	15	7.5	6	3	5	2.5	0	0
Entre 12,001 a 16,000	8	4	3	1.5	2	1	3	1.5
Mayor a 16,000	13	6.5	6	3	5	2.5	0	0
<b>Lugar de compra</b>								
Mercado local	36	17.9	32	15.9	15	7.5	8	4
Tienda departamental	61	30.3	22	10.9	10	5	2	1
Compra directo al portador	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0
Compra en puestos ambulantes	5	2.5	4	2	1	0.5	1	0.5
Otra	2	1	0	0	0	0	0	0
<b>Precio de venta</b>								
Menos de \$60	59	29.4	32	15.9	19	9.5	8	4
De \$61 a \$90	38	18.9	25	12.4	5	2.5	3	1.5
De \$91 a \$120	8	4	1	0.5	0	0	0	0
Mayor de \$120	0	0	1	0.5	2	1	0	0

\* Valores estadísticamente significativos.

### **Valoración de variables por parte de los consumidores respecto a su frecuencia de consumo**

Con base en el estadístico de chi cuadrada (Tabla 8), se tuvo que todas las variables fueron significativas, por lo tanto, existe asociación entre la frecuencia de consumo con cada variable. Con respecto al precio, la mayoría de los consumidores (66.6%) consideran que es importante para decidir consumir el tomate cherry, en especial los que consumen de 2 a 3 kg de mensualmente (37.3%). Aunado a lo anterior, el 52.8% considera que el precio es muy importante en la decisión de compra, cabe mencionar que su precio en el mercado puede alcanzar de dos a tres veces más que otros tipos de tomate (Simonne *et al.*, 2005).

En lo que refiriere las características sensoriales, estos son los elementos de mayor importancia entre las motivaciones de consumo (Rojas-Rivas *et al.*, 2020). Con relación a la textura, 58.8% de los consumidores la consideran como un atributo muy importante en la decisión de compra, así mismo 27.4% de los consumidores precisaron que es importante. En este mismo sentido, la apariencia es significativa en la decisión de compra ya que la consideran muy importante (61.3%) e importante (26.4%) al momento de consumirlo. El color lo consideran muy importante (63.4%) e importante (23%) y al igual que el atributo de la forma el 38.9% considera esta característica como muy importante y 23.5% importante. Acerca de la procedencia el 37% lo considera muy importante y 33.5% importante, a pesar que el 24.5% le es indiferente. Para el caso de los consumidores de tortillas el sabor, la frescura y el olor son los determinantes clave en la compra de este bien (Escobedo-Garrido y Jaramillo-Villanueva, 2019).

Sobre la importancia de una certificación orgánica, el 59.4% y 21.3% consideran que es muy importante e importante respectivamente, para tener garantía de lo que consumen es saludable y amigable con el medio ambiente. Además, facilita la comercialización y al tenerla estar certificado el producto, este puede introducirse a mayores segmentos de mercado (Soto, 2001), así mismo, esto coincide con lo escrito por Ping *et al.*, (2014) quienes indican que la acreditación de lo orgánico aumenta el consumo. Aunado a esto, garantizar la calidad es muy importante

(64.5%) e importante (21.0%) para los consumidores. En los últimos años el consumo de alimentos orgánicos, entre ellos las hortalizas han aumentado su importancia dentro del mercado mundial, con incrementos en su participación, justificada por las decisiones que han tomado los mercados de estos productos, clasificándolos por su precio, disponibilidad y calidad, incluyendo también factores culturales que contribuyen al aumento de su consumo (Zsóka *et al.* 2013).

Con respecto al empaquetado, los consumidores lo consideran muy importante (37.5%) e importante (30.5%) ya que esto contribuye en la conservación del producto en buenas condiciones y alarga la vida de anaquel, sin embargo, 23% de los consumidores le es indiferente el empaquetado, caso contrario para los consumidores de amaranto quienes no consideran importante la parte del etiquetado (Rojas-Rivas *et al.*, 2020). En el mismo sentido, el 51.4% de los consumidores considera muy importante y el 27.0% importante la información nutricional del tomate cherry empaquetado con la finalidad conocer los nutrimentos contenidos en una porción del producto. Sento-Sé *et al.*, (2014) mencionan que existen características deseadas por el mercado consumidor, como son la apariencia, sabor y alto contenido nutricional deseado por los compradores, favoreciendo así la posibilidad de agregar valor al proceso productivo (Torri *et al.*, 2017). El tomate tipo cherry ha ido ganando terreno y aumentando su cuota de mercado. Sin embargo, se necesita mayor difusión para resaltar sus beneficios a la salud y los elementos nutritivos que contiene (Azevedo *et al.*, 2010).

**Tabla 8.** Valoración de variables por los consumidores con su frecuencia de consumo

Variables	Prueba de chi cuadrada	Frecuencia de consumo de tomate cherry n (%)							
		Menos de 1 kg		De 1 a 2 kg		De 2 a 3 kg		Más de 4 kg	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
<b>Precio</b>									
Muy importante		53	26.4	32	15.9	17	8.5	4	2
Importante		32	15.9	21	10.4	7	37.3	6	3
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	9	4.5	4	2	1	0.5	1	0.5
Poco importante		6	3	1	0.5	1	0.5	0	0
Sin importancia		5	2.5	1	0.5	0	0	0	0
<b>Textura</b>									
Muy importante		54	26.9	36	17.9	19	9.5	9	4.5
Importante		32	15.9	15	7.5	6	3	2	1
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	9	4.5	3	1.5	1	0.5	0	0
Poco importante		6	3	3	1.5	0	0	0	0
Sin importancia		4	2	2	1	0	0	0	0
<b>Apariencia</b>									
Muy importante		60	29.9	36	17.9	18	9	9	4.5
Importante		28	13.9	16	8	7	3.5	2	1
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	8	4	2	1	1	0.5	0	0
Poco importante		5	2.5	2	1	0	0	0	0
Sin importancia		4	2	3	1.5	0	0	0	0
<b>Color</b>									
Muy importante	<b>0.000*</b>	60	29.9	39	19.5	20	10	8	4

Importante		25	12.5	13	6.5	5	2.5	3	1.5
Me es indiferente		14	7	2	1	1	0.5	0	0
Poco importante		4	2	3	1.5	0	0	0	0
Sin importancia		2	1	2	1	0	0	0	0
<b>Forma</b>									
Muy importante		37	18.4	26	13	10	5	5	2.5
Importante		31	15.5	21	10.4	7	3.5	2	1
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	30	15	6	3	8	4	3	1.5
Poco importante		6	3	5	2.5	0	0	1	0.5
Sin importancia		1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0
<b>Procedencia</b>									
Muy importante		31	15.5	26	13	13	6.5	4	2
Importante		36	18	18	9	9	4.5	4	2
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	28	14	11	5.5	4	2	2	1
Poco importante		6	3	3	1.5	0	0	1	0.5
Sin importancia		4	2	1	0.5	0	0	0	0
<b>Importancia de una certificación</b>									
Muy importante		53	26.4	41	20.5	19	9.5	6	3
Importante		27	13.4	9	4.5	6	3	1	0.5
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	16	8	6	3	1	0.5	4	2
Poco importante		4	2	2	1	0	0	0	0
Sin importancia		5	2.5	1	0.5	0	0	0	0
<b>Calidad</b>									
Muy importante		61	30.5	40	20	21	10.5	9	4.5
Importante		27	13	11	5.5	4	2	1	0.5
Me es indiferente	<b>0.000*</b>	9	4.5	4	2	1	0.5	0	0
Poco importante		5	2.5	3	1.5	0	0	1	0.5

Sin importancia	3	1.5	1	0.5	0	0	0	0
<b>Empaquetado</b>								
Muy importante	34	17	26	13	10	5	5	2.5
Importante	31	15.5	20	10	9	4.5	1	0.5
Me <sup>es</sup> indiferente	<b>0.000*</b> 31	15.5	8	4	5	2.5	2	1
Poco importante	6	3	2	1	2	1	3	1.5
Sin importancia	3	1.5	3	1.5	0	0	0	0
<b>Información nutricional</b>								
Muy importante	45	22.5	37	18.4	15	7.5	6	3
Importante	30	15	14	7	8	4	2	1
Me <sup>es</sup> indiferente	<b>0.000*</b> 19	9.5	5	2.5	3	3	1	0.5
Poco importante	7	3.5	1	0.5	0	0	2	1
Sin importancia	4	2	2	1	0	0	0	0

\* Valores estadísticamente significativos.

## 9.6 Conclusiones

- De acuerdo con los resultados del presente estudio, falta de consumo de tomate cherry es por escasa disponibilidad de esta hortaliza durante todo el año los lugares de origen de los entrevistados, sin embargo, mostraron interés por productos procesados a base de tomate cherry.
- El consumo de tomate cherry se da en mujeres con trabajo remunerado y con estudios, debido a que estas realizan las compras para los hogares.
- La educación, lugar de compra y precio de venta, resultaron factores determinantes en la decisión de compra del tomate cherry. El mayor consumo lo realizan personas nivel de estudios licenciatura, quienes adquieren este producto en tiendas departamentales a precios inferiores a \$60.00 por cada 200 gramos.
- Los aspectos que los consumidores consideran para la compra y consumo de tomate cherry son (en orden descendente de preferencia): calidad, color, apariencia, certificación, textura, precio, información nutricional, forma, empaquetado y procedencia, por lo tanto, a mayor calidad mayor probabilidad de compra de este fruto.

## 9.7 Bibliografía

Biswas, A., & Roy, M. (2015). Green products: An exploratory study on the consumer behavior in emerging economies of the East. *Journal of Cleaner Production*, 87, 463–468.

Carosio A. (2008). El género del consumo en la sociedad de consumo. *La ventana*. 3(27): 130-169.

Castellón-Martínez E., Chávez-Servia J. L., Carrillo-Rodríguez J. C., Vera-Guzmán A. M. (2012). Preferencias del consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(5):27-35.

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2020). Análisis de la producción y consumo de hortalizas. Palacio Legislativo de San Lázaro, México. 1-41.

Duana A. D. (2011). Consumo de los alimentos y su vinculación con el lugar de compra, en la zona Norte de México. *Suma de Negocios*. 2(1): 61-77.

Escobedo-Garrido J. S. y Jaramillo-Villanueva J. L. (2019). Las preferencias de los consumidores por tortillas de maíz. El caso de Puebla, México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. 29(53):2-25.

Granato, D.; Branco, G.F.; Nazzaro, F.; Cruz, A.G.; Faria, J.A.F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9: 292-302.

INEGI, (2021) Cuantificando la Clase Media en México 2010-2020. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmmedia/doc/cm\\_desarrollo.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/cmmedia/doc/cm_desarrollo.pdf)

Jaramillo V. J. L. (2016). Preferencias del consumidor y disposición a pagar por el consumo de tortilla de maíz orgánico. *Estudios Sociales Vol. 47*: 145-161.

Khan, Shamila Nabi; Mohsin, Muhammad (2017). The power of emotional value: Exploring the effects of values on green product consumer choice behavior. *Journal*

of Cleaner Production, 150(), 65–74. doi:10.1016/j.jclepro.2017.02.187

López G. F. y Alarcón O. M. A. (2018). Cambio generacional del consumo de frutas y verduras en México a través de un análisis de edad-periodo-cohorte 1994-2014. Población y Salud en Mesoamérica. 15 (2):1-13.

Martínez-López, A., Millan-Linares, M.C., Rodríguez-Martín, N.M., Millan, F. y Monserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwichua (*Amarantus caudatus* L.), Journal of Functional Foods, Vol. 65, Article ID 103735. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>

Martínez-Reina, A., Tordecilla-Zumaqué, L., Rodríguez-Pinto, M. y Grandett-Martínez, L. (2019). Análisis de las preferencias del consumidor por las hortalizas frescas en el Caribe colombiano. Temas Agrarios, 24(2):119-128.

Mohd Suki, N. (2016). Green product purchase intention: impact of green brands, attitude, and knowledge. British Food Journal, 118(12), 2893–2910. doi:10.1108/bfj-06-2016-0295

Olivares C., Lera M. and Bustos Z. (2008). Stages of change, Benefit sandbarriers on physical activity and fruit and vegetables in take in chile an university students. Revista chilena de nutrición. 35(1):25-35.

Pardo M. A. y Ruiz Díaz M. A. (2005). Análisis de datos con SPSS 13 Base. Carmelo Sánchez González (editor). MxGraw-Hill. Madrid, España.

Rodríguez-Licea G., García-Salazar J.A., Rebollar-Rebollar S. y A.C. Cruz-Contreras. (2010). Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. Paradigma económico (1):121-145.

Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortíz, H., Moctezuma-Pérez, S., y Cuffia, F. (2019). Comprender la percepción y los motivos de consumo de los consumidores hacia el amaranto en México utilizando el concepto teórico de Habitus de Pierre Bourdieu. *Apetito*. doi: 10.1016 / j.appet.2019.04.021

Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortíz, H., Moctezuma-Pérez, S., y

Cuffia, F. (2020). Consumo e intención de compra de amaranto (*Amaranthus* spp.) en México; un grano ancestral con propiedades funcionales. *Agroproductividad* 13(3): 65-70.

Rojas-Rivas, E. y Cuffia, F. (2020). Identificación del perfil de los consumidores y factores asociados a la valorización del pulque: una bebida fermentada tradicional en el centro de México. *Food Science and Technology International*, 108201322091755. doi: 10.1177 / 1082013220917554

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Recuperado septiembre-2022.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

Sento-SÉ GVT; Gomes AS; Gonçalves FM; Silva MC; Costa ND; Yuri JE; Resende GM. (2014). Desempenho de cultivares de mini tomate em condições de verão do Submédio do Vale do São Francisco. *Horticultura Brasileira* 31: S1017 – S1022.

Simonne.; Sargent SA; Studstill D; Simonne A; Hochmuth R; Kerr S. (2005). Field performance, chemical composition and sensory evaluation of red and yellow grape tomato varieties. *Proceedings Florida State Horticultural Society*.118: 376-378.

SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pesquera). 2022. Boletín producción mensual agrícola. México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)

Tomek, W. G y Kaiser, H. M. (2014). *Agricultural product prices*. Ithaca and London. Cornell University Press. 394 p.

Torri, L., Jeon, S.-Y., Piochi, M., Morini, G. y Kim, K.-O. (2017). Percepción del consumidor del vinagre balsámico: un estudio intercultural entre Corea e Italia. *Food Research International*, 91, 148–160. doi: 10.1016 / j.foodres.2016.12.003

Urrieta-Velázquez, J.A., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G.A., Ruiz-Posada, L. del M., Cueto-Wong, J.A., 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum*

lycopersicum L.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 18, 371–381.

Wang, Hsiu-Yu; Liao, checheno; Yang, Ling-Hui (2013). ¿Qué afecta el uso de aplicaciones móviles? Los roles de los valores de consumo. Revista internacional de estudios de marketing, 5 (2), -. doi: 10.5539 / ijms.v5n2p11

Wang, Ping; Liu, Qian; Qi, Yu (2014). Factors influencing sustainable consumption behaviors: a survey of the rural residents in China. Journal of Cleaner Production, 63(), 152–165. doi:10.1016/j.jclepro.2013.05.007

Zsóka, Ágnes & Szerényi, Zsuzsanna & Széchy, Anna & Kocsis, Tamás. (2013). Greening due to environmental education? Environmental knowledge, attitudes, consumer behavior and everyday pro-environmental activities of Hungarian high school and university students. Journal of Cleaner Production. 48. 126–138. 10.1016/j.jclepro.2012.11.030.

## 10 Conclusiones generales

- El rendimiento del cultivo de tomate cherry en sustrato inerte con solución nutritiva inorgánica supera hasta en 90% el rendimiento con manejo orgánico y mejora el tamaño, peso, firmeza de los frutos y el contenido de potasio en el jugo de estos. El cultivo orgánico de tomate cherry con la mezcla de sustratos (lombricomposta y fibra de coco) mejora algunas características de los frutos, al incrementar los sólidos solubles totales y nitratos. Así como la fibra de coco aumenta la presencia de calcio en el jugo de los frutos de tomate cherry. A pesar que en este estudio el testigo superó el rendimiento obtenido con manejo orgánico, la producción orgánica de tomate cherry es una alternativa de producción sustentable que puede mejorar la calidad de frutos.
- La mayor cantidad de UFC se observaron cuando el cultivo se estableció en la mezcla. El orden más frecuente en los sustratos fue *Burkholderiaceae*. Las familias más frecuentes fueron *Pseudomonadaceae* y las no cultivables. El género *Pseudomonas* fue el más abundante el sustrato de la mezcla. No se detectó presencia de coliformes totales, fecales y *E. Coli*, por lo tanto, el uso de sustratos orgánicos es seguro para los cultivos de alimentos siempre y cuando se procesen de correctamente.
- El consumo de tomate cherry se da en mujeres con trabajo remunerado y con estudios, debido a que estas realizan las compras para los hogares. La educación, lugar de compra y precio de venta, resultaron factores determinantes en la decisión de compra del tomate cherry. El mayor consumo lo realizan personas nivel de estudios licenciatura, quienes adquieren este producto en tiendas departamentales a precios inferiores a \$60.00 por cada 200 gramos.