

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR  
DE SALVATIERRA**



**“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA  
DEL FRUTO DE LÍNEAS AVANZADAS  
DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)  
NATIVO DEL SURESTE DE MÉXICO”**

**TITULACIÓN INTEGRAL  
(TESIS)**

**Elaborada por:**

**MARÍA DEL ROSARIO ZAVALA GALLEGOS**

**Para obtener el título de:**

**INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**Director interno: Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez**

**Director externo: Dr. Enrique González Pérez**

**Salvatierra, Gto.**

**Agosto, 2023**



Salvatierra, Guanajuato, **14/junio/2023**

Oficio No. IIAS/67/2023

ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. ING. LIZBETH ESTEFANÍA ESCOBAR PANIAGUA  
Jefe del Departamento de Servicios Escolares  
ITESS

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto de titulación integral para para su impresión y realización del acto de examen profesional:

Nombre del estudiante y/o egresado:	María Del Rosario Zavala Gallegos
Carrera:	INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE
No. de control:	AG18110138
Nombre del proyecto:	"Caracterización morfológica del fruto de líneas avanzadas de jitomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) nativo del sureste de México"
Producto:	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE  
*Excelencia en Educación Tecnológica*

  
Pedro Eduardo Moreno Zacarías  
Coordinador del P. A. de Ing. Innovación Agrícola

		
DIRECTOR Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez	REVISOR* Ing. M. E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado	REVISOR* Ing. M. C. Maricela Morales Pérez

\* solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p. Expediente



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA**  
**COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA**  
**SUSTENTABLE**

**TESIS**

Presentada por:

C. María del Rosario Zavala Gallegos

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título de

**INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

Aprobado por

Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez

Dr. Enrique González Pérez

---

Nombre del director  
Director de Tesis (Interno)

---

Nombre del director  
Director de Tesis (externo)

M.C. Maricela Morales Pérez

M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado

---

Nombre del revisor  
Revisor

---

Nombre del revisor  
Revisor

---

Dr. Pedro E. Moreno Zacarías  
Coordinador de Innovación en Agrícola Sustentable

## AGRADECIMIENTOS

A Dios creador de la vida, por cuidarme, acompañarme, guiarme y darme las fuerzas para continuar aun cuando todo iba mal, por brindarme ese amor tan perfecto y quedarse conmigo en cada etapa de mi vida, por darme la dicha de haber concluido mis estudios.

Al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra por el aprendizaje adquirido, después de haberme transformado durante estos años de dedicación, sacrificio, constancia y grandes alegrías que me llevo, para recorrer una nueva etapa en mi vida.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP, por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales.

Al Dr. Enrique González Pérez por su disposición y tiempo brindado dentro de mis prácticas profesionales.

Al MC. Salvador Villalobos Reyes por su disposición, paciencia y tiempo brindado dentro de mis prácticas profesionales, por compartir sus conocimientos conmigo.

Al señor don Héctor Mireles por su tiempo, paciencia y ayuda para realizar ciertas actividades.

A mis amigas Mayra, Montse, Fátima, Angélica, Adela, José y Cristian por el apoyo brindado.

A mis revisores de tesis MC. Maricela Morales Pérez y el Ing. Walter Manuel Zúñiga Maldonado.

Y, por último, pero no menos importante a mi asesor el Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez, por la confianza brindada, el tiempo y la dedicación que siempre me brindó.

## **DEDICATORIA**

A mi madre Carmen Gallegos Paredes y a mi padre Manuel Zavala Raya por todos los sacrificios que tuvieron que hacer para que yo estudiará por esas horas extras de trabajo, por ese amor tan sincero, por educarme e inculcarme buenos valores, pero sobre todo por confiar en mí.

A mis hermanas Lupita Zavala Gallegos y Dulce Fernanda Zavala Gallegos, por motivarme y confiar en mí.

A José Eduardo Hurtado Villafuerte por siempre creer en mí, por apoyarme y motivarme a cumplir mis sueños.

A mí misma porque a pesar de las dificultades que se me presentaron en mi camino, nunca me rendí.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	1
LISTA DE CUADROS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
RESUMEN .....	7
EXECUTIVE SUMMARY .....	9
CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Introducción .....	11
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Hipótesis.....	13
1.4 Justificación.....	14
1.5 Objetivos .....	15
1.5.1 General .....	15
1.5.2 Específicos.....	15
CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Antecedentes .....	16
2.2 Cultivo de Jitomate .....	17
2.2.1 Origen e importancia.....	17
2.2.2 Descripción taxonómica.....	18
2.2.3 Morfología.....	19
2.2.4 Hábito de crecimiento .....	21
2.2.4.1 Plantas de crecimiento determinado.....	21
2.2.4.2 Plantas de crecimiento indeterminado.....	21
2.2.4.3 Plantas de crecimiento semi-determinado .....	22
2.3 Requerimientos edafo-climáticos del jitomate.....	22
2.3.1 Temperatura.....	22
2.3.2 Humedad relativa.....	22

2.3.3	Radiación .....	22
2.3.4	Ventilación.....	23
2.3.5	Suelo .....	23
2.3.6	Potencial de hidrógeno (pH).....	23
2.4	Principales plagas del jitomate.....	23
2.4.1	Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ) .....	24
2.4.2	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	24
2.4.3	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	24
2.4.4	Pulgón ( <i>Aphididae</i> ).....	24
2.5	Principales enfermedades del jitomate.....	25
2.5.1	Enfermedades causadas por hongos .....	25
2.5.1.1	Estrangulamiento vascular o damping off.....	25
2.5.1.2	Tizón temprano.....	25
2.5.1.3	Tizón tardío .....	25
2.5.1.4	Marchitez por <i>Fusarium</i> .....	26
2.5.1.5	Marchitez y pudrición de la base del tallo .....	26
2.5.1.6	Pudriciones del fruto .....	26
2.5.2	Enfermedades causadas por bacterias.....	26
2.5.2.1	Marchitez bacteriana o tristeza.....	26
2.5.2.2	Mancha bacteriana .....	27
2.5.2.3	Cáncer bacteriano.....	27
2.5.3	Enfermedades causadas por nematodos .....	27
2.5.3.1	Nematodos Agalladores ( <i>Meloidogyne sp.</i> ) .....	27
2.5.4	Enfermedades causadas por virus.....	27
2.5.4.1	Virus del mosaico del Tabaco (VMT) y virus del mosaico del jitomate (VMTo).....	27
2.5.4.2	Virus jaspeado del Tabaco (VJT).....	28
2.5.4.3	Virus del mosaico del pepino (CMV) .....	28
2.5.4.4	Germinivirus .....	28
2.6	Manejo agronómico del cultivo .....	28
2.6.1	Sustrato .....	28

2.6.2. Siembra de semilleros.....	28
2.6.3. Trasplante .....	29
2.6.4 Tutorado .....	29
2.6.5 Poda .....	30
2.6.6 Riego.....	31
2.6.7 Fertilización .....	31
2.6.8 Polinización .....	32
2.7 Avances en mejoramiento genético del jitomate .....	32
2.8 Directrices para la caracterización morfológica del fruto de acuerdo a la UPOV 2011.....	33
2.8.1 Objetivo de estas directrices de examen.....	33
2.8.2 Material necesario .....	33
2.8.3. Método de examen .....	33
2.8.4. Distinción .....	34
2.8.4.1 Diferencias consistentes .....	34
2.8.4.2 Diferencias claras .....	34
2.8.4.3 Número de plantas/ partes de plantas que se ha de examinar.....	34
2.8.4.4 Método de observación.....	34
2.8.5 Modo de agrupar las variedades y organización de los ensayos en cultivo	35
2.8.6 Introducción a la tabla de caracteres .....	35
2.8.7 Niveles de expresión y notas correspondientes .....	35
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
3.1 Sitio experimental .....	37
3.2 Material vegetal.....	37
3.3 Diseño experimental.....	39
3.4 Establecimiento y manejo del experimento .....	39
3.4.1 Preparación para germinación de plántula .....	39
3.4.1.1 Desinfección de charolas .....	39
3.4.1.2 Desinfección de sustrato para sellado.....	39
3.4.1.3 Siembra y manejo .....	39
3.4.1.4 Riego y fertilización .....	40

3.4.2 Preparación de camas .....	40
3.4.3 Trasplante .....	40
3.4.4 Desinfección de ganchos y rafia.....	41
3.4.5 Tutorado .....	41
3.4.6 Poda.....	41
3.4.7 Polinización.....	41
3.4.8 Riego y nutrición.....	41
3.4.9 Control de maleza.....	42
3.4.10 Control de plagas.....	42
3.4.11 Control de enfermedades.....	43
3.5 Variables de estudio .....	43
3.5.1 Caracterización morfológica del fruto.....	44
3.6. Análisis de los datos.....	44
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
4.1 Caracteres morfológicos.....	45
4.2. Fruto .....	45
CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1 Conclusiones .....	60
5.2. Recomendaciones.....	60
ANEXOS .....	68

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Procedencia de las líneas avanzadas de jitomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) caracterizadas en el ciclo O-I, 2022. ....	38
Cuadro 3.2. Ingredientes activos de insecticidas empleados para el manejo de plagas en el cultivo de jitomate. Ciclo O-I, 2022.....	42
Cuadro 3.3. Ingredientes activos de fungicidas y bactericidas empleados para el manejo de enfermedades en el cultivo de jitomate. Ciclo O-I, 2022.....	43
Cuadro 4.1 Caracteres evaluados en los frutos antes de la madurez de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto., Méx. ....	46
Cuadro 4.2 Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	48
Cuadro 4.3 Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	50
Cuadro 4.4 Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	51
Cuadro 4.5 Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	53
Cuadro 4.6 Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	54
Cuadro 4.7. Eigenectores para componentes principales 1, 2 y 3 para 18 líneas avanzadas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Tabla de caracteres y descriptores de jitomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L). UPOV, 2011.....	36
Figura 3.1 Localización del campo experimental. (INIFAP). Google Earth 2022.....	37
Figura 4.1. Dendrograma de las relaciones genéticas existentes entre 18 líneas avanzadas de jitomate, basado en el Simple matching coefficient. Celaya, Gto., México. 2022. ....	56
Figura 4.2. Diagrama de dispersión de componentes principales PC-1, PC-2 y PC-3 de los caracteres morfológicos de líneas avanzadas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx. ....	59
Figura 1. Línea 22 pubescencia del tallo .....	68
Figura 2. Línea 28 longitud entrenudos .....	68
Figura 3. Línea 4 color exterior del fruto no maduro .....	69
Figura 4. JCM 2 forma predominante del fruto .....	69
Figura 5. JCM 9 tamaño del fruto .....	70
Figura 6. JCM 6 color exterior del fruto maduro.....	70
Figura 7. JCM 4 intensidad del color exterior .....	71
Figura 8. Línea 4 forma del hombro del fruto .....	71
Figura 9. Presencia/ausencia del pedicelo .....	72
Figura 10. JCM 2 tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz del pedicelo .	72
Figura 11. JCM 6 facilidad para pelar el fruto (piel).....	73
Figura 12. JCM 5 color de la piel del fruto maduro .....	73
Figura 13. JCM 2 forma del corte transversal .....	74
Figura 14. JCM 6 cicatriz del pedicelo .....	74
Figura 15. Línea 4 color intensidad del corazón.....	75
Figura 16. Línea 2 número de lóculos .....	75
Figura 17. Línea 2 forma de la cicatriz del pedicelo .....	76

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el ciclo otoño invierno 2022, con el fin de evaluar caracteres morfológicos en frutos de líneas avanzadas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo del sureste de México, bajo condiciones de invernadero. El material genético a utilizar fueron un total de 16 líneas. En los que se evaluó las características varietales de acuerdo a las directrices establecidas por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Código UPOV: SOLAN\_LYC *Solanum lycopersicum* L. (UPOV, 2011), y con los descriptores del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996). Asimismo, se realizó un análisis de conglomerado y de componentes principales. Se identificó dos grupos genéticos (A y B), el A formado por las líneas 15,16,17 y 18, y el B con los doce genotipos y dos variantes que completan este estudio. Los cuatro genotipos del grupo A, mostraron un coeficiente de similitud de 0,93 con respecto al resto de las líneas. Con respecto al grupo B, se apreció la formación de dos subgrupos (B1 y B2). El análisis de componentes principales mostro la importancia de los caracteres asociados al fruto de las 16 líneas avanzadas de jitomate. El análisis de componentes principales en el PC-1 explica que el 35.55% del total de la variabilidad de los caracteres por cada línea. De acuerdo con los resultados, los primeros cinco caracteres con el más alto eigenvector asociado con el componente principal 1 (PC-1) fueron Rayas verdes, Brillo de la epidermis, Intensidad del color verde del hombro, Tamaño del hombro verde, Hombro verde e Intensidad del color verde excepto del hombro. Las líneas caracterizadas, mostraron una variabilidad en ciertos caracteres de fruto. El 68.18% de las líneas presentaron hombro verde, de las cuales el tamaño paso de muy pequeño (27.28%) a pequeño (40.90%), cuya intensidad de color del hombro verde fue clara (9.10%), oscura (13.63%) y media (45.46%). El 72.72% de las líneas presentaron ausencia de rayas verdes en los frutos inmaduros. Para caracteres del fruto con relación a su zona peduncular el 31.81% se identificaron por mostrar un acostillado medio, una depresión débil a media y un tamaño de cicatriz media. Para los caracteres de tamaño de cicatriz pistilar del fruto fue muy pequeña en el 36.36% de las líneas, su forma del extremo distal se distinguió por ser plana en unas de las

líneas y en otras de plana a puntiaguda, asimismo el diámetro del corazón en corte transversal fue de muy pequeño a pequeño. En otros caracteres las líneas el 63.63% de las líneas presentó un espesor del pericarpio grueso, de 2-3 a +6 lóculos, color dominante del fruto (rojo), excepto la línea JCM12 que tuvo color de pulpa verde. Los caracteres de firmeza y vida de anaquel determinados en los frutos de las líneas evaluadas indicaron que el 50% de las líneas presentaron líneas con firmeza firme en las que la vida de anaquel vario de media a muy larga, de las que destacó la JCM09-1 que presento firmeza muy firme y una vida de anaquel muy larga. Las líneas evaluadas pueden ser fuentes de germoplasma para usarse en programas de mejoramiento genético con una mejor adaptación que permita la obtención de líneas, variedades sintéticas e híbridos.

## EXECUTIVE SUMMARY

The present investigation was carried out in the autumn-winter 2022 cycle, in order to evaluate morphological characters in fruits of advanced lines of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) native to southeastern Mexico, under greenhouse conditions. The genetic material to be used was a total of 16 lines. In which the varietal characteristics were evaluated according to the guidelines established by the International Union for the Protection of New Plant Varieties (UPOV). UPOV Code: SOLAN\_LYC *Solanum lycopersicum* L. (UPOV, 2011), and with the descriptors of the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996). Likewise, a cluster and principal component analysis was performed. Two genetic groups (A and B) were identified, A formed by lines 15,16,17 and 18, and B with the twelve genotypes and two variants that complete this study. The four genotypes of group A showed a similarity coefficient of 0.93 with respect to the rest of the lines. Regarding group B, the formation of two subgroups (B1 and B2) was observed. Principal component analysis showed the importance of the characters associated with the fruit of the 16 advanced tomato lines. The principal component analysis in PC-1 explains that 35.55% of the total variability of the characters for each line. According to the results, the first five characters with the highest eigenvector associated with principal component 1 (PC-1) were Green stripes, Epidermal brightness, Green shoulder color intensity, Green shoulder size, Green shoulder and Intensity of green color except the shoulder. The characterized lines showed variability in certain fruit characters. 68.18% of the lines presented green shoulders, of which the size went from very small (27.28%) to small (40.90%), whose green shoulder color intensity was light (9.10%), dark (13.63%) and average (45.46%). 72.72% of the lines presented absence of green stripes in the immature fruits. For fruit characters in relation to its peduncle zone, 31.81% were identified by showing a medium ribbing, a weak to medium depression and a medium scar size. For the characteristics of the size of the pistilar scar of the fruit, it was very small in 36.36% of the lines, its shape at the distal end was distinguished by being flat in some of the lines and in others from flat to pointed, likewise the diameter of the heart in cross section was from very small to small. In other characters the lines,

63.63% of the lines presented a thickness of the thick pericarp, from 2-3 to +6 locules, dominant color of the fruit (red), except the line JCM12 that had green pulp color. The characters of firmness and shelf life determined in the fruits of the evaluated lines, indicated that 50% of the lines presented lines with firm firmness in which the shelf life varied from medium to very long, of which JCM09-1 stood out that present very firm firmness and a very long shelf life. The evaluated lines can be sources of germplasm to be used in genetic improvement programs with a better adaptation that allows obtaining lines, synthetic varieties and hybrids.

# CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

México es centro de domesticación y diversificación del jitomate, debido a que posee una amplia diversidad genética, tanto de especies domesticadas como silvestres, así mismo de materiales mutantes, recombinantes y exóticos (González *et al*, 2021).

La evolución y amplia distribución de los parientes silvestres del jitomate, así como sus variedades cultivadas dieron lugar al aumento de la productividad, estimulando al mismo tiempo la reducción de la base genética de las variedades actuales. Es por ello, que las variedades cultivadas se han visto afectadas negativamente por factores bióticos y abióticos. Para contrarrestar esta situación, se requiere el uso de germoplasma nativo o parientes silvestres para la introgresión de nuevas combinaciones alélicas de jitomate que incrementen su productividad, calidad, resistencia y tolerancia (Flores *et al.*, 2017).

Los actuales programas de mejoramiento genético buscan, además de mejorar productividad y adaptación, incorporar una alta calidad nutricional y resistencia a patógenos a las variedades, a través de introgresión, retro cruzamientos y otros esquemas de mejoramiento. El uso de germoplasma silvestre inició en Estados Unidos desde 1930.

Antes de promover su utilización en el mejoramiento del jitomate, es necesario conocer la variabilidad genética que se conserva *in situ*. No hay reportes específicos de caracterización morfológica del jitomate semi-domesticado y silvestre de Oaxaca, y sólo se han reportado 20 accesiones en el banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo–Valles Centrales (Carillo y Chávez, 2010).

Es por ello, la importancia de estudiar el material nativo mexicano *per se* y en combinaciones híbridas, para generar germoplasma útil a los programas nacionales de

mejoramiento genético, con una mejor adaptación que permita la eventual obtención de líneas, variedades sintéticas e híbridos (Martínez *et al*, 2016).

Con base a lo anterior, se realizó la presente investigación de caracterización morfológica de fruto de líneas avanzadas nativas del sureste de México en resguardo del departamento de hortalizas del Campo Experimental Bajío dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

## 1.2 Planteamiento del problema

En nuestro país se posee una gran diversidad de jitomates nativos lo que representa una amplia riqueza genética, el mejoramiento genético de tomate en México no ha sido atendido de manera sistemática, ni por instituciones del gobierno ni por centros públicos de investigación, por ende, se tiene una base genética muy estrecha, por lo que la variación de los cultivares es muy pobre; el potencial para el mejoramiento a largo plazo está en peligro, siendo así que la generación tanto de híbridos como de variedades mejoradas y líneas domesticadas de tomate en el país no existe.

Los actuales programas de mejoramiento genético buscan, además de mejorar productividad y adaptación, incorporar una alta calidad nutricional y resistencia a patógenos a través de introgresión, retro cruzamientos y otros esquemas de mejoramiento. Es por ello, la importancia de estudiar el material nativo mexicano *per se* y en combinaciones híbridas, debido a que no hay reportes específicos de caracterización morfológica del fruto de jitomate semi-domesticado y silvestre del sureste de México. Lo anterior, con el fin de proporcionar germoplasma útil a los programas nacionales de mejoramiento genético, con una mejor adaptación que permita la eventual obtención de líneas, variedades sintéticas e híbridos con características de interés agronómico a partir de germoplasma endémico de México.

## 1.3 Hipótesis

El germoplasma de jitomate endémico del sureste de México posee caracteres de interés agronómico que pueden ser empleados por programas de mejoramiento genético para generar materiales genéticamente mejores que, contribuyan a posicionarlos de manera comercial, además de contribuir al rescate, y a la conservación de la variabilidad y riqueza genética de México.

## 1.4 Justificación

México, a pesar de ser considerado como centro de domesticación y diversificación de jitomate, es un país dependiente de tecnología, específicamente en lo relacionado con las semillas mejoradas, actividad que es dominada por empresas trasnacionales. Estas empresas comercializan más del 95% las semillas de hortalizas en México. Por otro lado, existe escasa información que permita la conservación y el aprovechamiento de genotipos nativos o silvestres de esta especie para la generación de nuevos materiales. Por lo que, debido a la carencia de estudios sobre caracterización morfológica del fruto de jitomate (*Solanum Lycopersicum* L.) nativo del sureste de México y los escasos avances en la mejora genética de esta especie, es necesario atender esta línea de investigación con el objetivo de contar con información y materiales genéticos mejorados con propiedades y caracteres de importancia agronómica para los productores, especialmente los que producen en condiciones de invernadero.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 General**

Evaluar caracteres morfológicos en fruto de líneas avanzadas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo del sureste de México, bajo condiciones de invernadero.

### **1.5.2 Específicos**

- Caracterización morfológica de frutos de líneas avanzadas de jitomate del sureste de México.
- Valoración de caracteres en fruto postcosecha, en líneas avanzadas de jitomate del sureste de México.

## CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

De acuerdo al trabajo realizado por Canul *et al.*, (2022) menciona que para establecer un programa de mejoramiento genético de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) se requiere tener acceso a germoplasma que contenga genes de interés comercial y valor nutricional; ya que previamente, se deben conocer las características y atributos de cada población, lo cual se logra con la caracterización. Siendo de esta manera lo establecido por Pérez *et al.* (2020) en su trabajo donde nos menciona que los materiales nativos pueden ser usados en programas de mejoramiento genético para el desarrollo de nuevas variedades con características que se han perdido en las variedades comerciales.

Según Salgado *et al.* (2018) la variabilidad genética de los cultivares modernos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es reducida, por lo que los fitomejoradores requieren explorar germoplasma nativo de jitomate y de parientes silvestres para localizar genes con valor agronómico y comercial. Así mismo, Flores *et al.* (2017) mencionan que, debido a la reducida variabilidad genética de los cultivares modernos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), sus parientes silvestres son una fuente importante de genes de interés agronómico, como resistencia a factores bióticos y abióticos, siendo estos la base para el mejoramiento genético de la especie cultivada.

De igual manera Flores *et al.* (2017) en su investigación hace énfasis en que el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) ha sufrido reducción de su base genética durante los procesos de domesticación y mejoramiento genético moderno, siendo esto documentado ampliamente mediante marcadores moleculares en diferentes genotipos, tanto a nivel nacional como internacional. Ante esta situación, en México algunos fitomejoradores han planteado hacer uso de germoplasma nativo mexicano, así como de la variación genética presente en especies silvestres emparentadas con el jitomate cultivado. Bonilla *et al.* (2014) en su trabajo señala que, en algunas regiones de los estados de Puebla y Oaxaca, los jitomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos

conocidos como “arriñonados”, “chinos criollos”, “cuadrados” o “tipo pimienta”, “ojo de venado” y “cereza”, se usan ampliamente y son cultivados para autoconsumo y comercialización local.

Por tal motivo, Juárez *et al.* (2012) en su investigación menciona que México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sin embargo, existe escasa información que permita el aprovechamiento de las formas nativas de esta especie. Debido a esto Carrillo *et al.* (2010) indaga que los programas de mejoramiento de jitomate generalmente manejan una base genética estrecha, por lo que, requieren explorar y conocer la variación genética natural como fuente de genes para mejorar la productividad, adaptación y resolver problemas de plagas y enfermedades. Con el objetivo de caracterizar la variación agromorfológica de una colección de tomate silvestres y semi-domesticados (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme Dunal) del estado de Oaxaca, México.

## **2.2 Cultivo de Jitomate**

### **2.2.1 Origen e importancia**

Los parientes silvestres del jitomate son endémicos de Sudamérica, en cambio el origen y domesticación del jitomate es controversial porque existen diferentes hipótesis sobre su domesticación (Knapp y Peralta, 2016). Entre estas teorías se encuentra la propuesta por Peralta y Spooner (2007) que consideran que el jitomate se desarrolló de forma independiente en diferentes áreas de Perú y México; pero debido a variabilidad genética que se encontró en colectas silvestres y cultivadas en México, este se considera como un centro de domesticación del jitomate. Así mismo, Blanca *et al.* (2013) plantearon que las plantas de Ecuador y Perú representan poblaciones previas al mejoramiento, en contraste el jitomate se desarrolló como planta cultivada en México y Mesoamérica.

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica en el mundo, presenta una tasa de incremento anual en el rendimiento de

fruto de 2.4% (Ronga *et al.*, 2021). Es el segundo vegetal más cultivado por la humanidad debido a su contenido de compuestos funcionales, sabor, aroma y color de la pulpa del fruto (Casals *et al.*, 2021).

Los jitomates son una fuente de minerales como el calcio, fósforo, hierro, de vitaminas A y C, y de antioxidantes como el licopeno y el glutatión, que contribuyen a la mejora de la salud humana (Alam *et al.*, 2020).

A nivel nacional, San Luis Potosí es el estado líder al concentrar el 17.2% de la producción nacional, seguido de zacatecas y Michoacán con 10.8% y 9.0%, respectivamente, que en conjunto aportan una tercera parte del total nacional. La mayor disminución en términos absolutos (primavera verano 2019-2020) en su volumen de producción se registró en Coahuila (56,938 Ton<sup>-1</sup>), Michoacán (43,665 Ton<sup>-1</sup>) y Nuevo León (24,181 Ton<sup>-1</sup>). En contraparte, Jalisco (47,164 Ton<sup>-1</sup>), Zacatecas (38,808 Ton<sup>-1</sup>) y Oaxaca (14,336 Ton<sup>-1</sup>) son las entidades con aumento significativo en sus volúmenes de producción (SIAP, 2021).

La dirección de Agricultura de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura (SEDAPA 2022) reportó que, en el presente ciclo productivo 2022, en la entidad de Oaxaca se tienen contabilizadas 437 hectáreas plantadas de jitomate, de las cuales se han cosechado 190 hectáreas que tienen un rendimiento promedio de 95.716 Ton<sup>-1</sup>.

### **2.2.2 Descripción taxonómica**

Clasificación taxonómica del jitomate, según Peralta y Spooner (2005).

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pterostide

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotyledoneae

Grupo: Metachlamydae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum* L.

### 2.2.3 Morfología

El jitomate es una planta perenne de tipo arbustivo que se cultiva como planta anual. Puede ser de tipo rastrero, semi-erecta o erecta, existiendo dos tipos de plantas: determinadas, cuyo crecimiento es limitado, e indeterminadas con crecimiento ilimitado (Saavedra *et al.*, 2019).

- Raíz: El sistema radicular presenta una raíz principal pivotante, la cual alcanza aproximadamente a 60 cm de profundidad, produce raíces adventicias y ramificaciones que pueden formar una masa densa con bastante volumen. Aunque el sistema radicular puede alcanzar 1.5 m de profundidad y se estima que el 75% se encuentra en los 45 cm superiores del suelo (Saavedra *et al.*, 2019).
- Tallo: Es erguido durante los primeros estados de desarrollo, pero se tuerce debido al peso en el caso de plantas de crecimiento determinado, aunque en plantas indeterminadas es influenciado por el manejo, poda y conducción durante su crecimiento (Saavedra *et al.*, 2019). Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2.0 y 4.0 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, en donde se desarrollan nuevos primordios florales y foliares (Monardes 2009). Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea y está compuesto de

epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Escobar y Lee, 2009).

- Hoja: Es pinnada y compuesta, presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden de 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados, con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés, recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo (Monardes, 2009). La posición de las hojas en el tallo puede ser semi-erecta, horizontal o inclinada de tipo enana, hoja de papa, estándar, como se denotan en las especies *peruvianum*, *pimpinellifolium* o *hirsutum* (IPGRI 1996).
- Flor: Es perfecta, regular e hipógina con sépalos, pétalos y estambres insertos en el receptáculo por debajo del gineceo (ovario supero). Tiene 5 o más sépalos e igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos helicoidalmente a intervalos de 135°. Igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario puede ser bi o plurilocular, que da origen a un fruto o baya bi o plurilocular constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. (Saavedra *et al.*, 2019).

Las flores se agrupan en inflorescencias tipo racimo, en grupos de tres a diez en variedades comerciales de medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA, 2014). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (Infoagro, 2016).

- Fruto: Es una baya bi o plurilocular, sub-esférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En

estado inmaduro es verde y cuando madura es rojo (EDIFORM, 2006). Existen cultivares de jitomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros (INTA, 2017).

- Semilla: Es pequeña con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo en sus últimas etapas de desarrollo están inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo *et al.*, 2007).

#### **2.2.4 Hábito de crecimiento**

##### **2.2.4.1 Plantas de crecimiento determinado**

Son plantas cuyo tallo principal y laterales detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto de 4 a 5 meses. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. Durante el ciclo de cultivo la cosecha puede realizarse de una a tres veces (López-Marín, 2017).

##### **2.2.4.2 Plantas de crecimiento indeterminado**

Son plantas cuyo tallo principal y laterales crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos de 8 a 9 meses, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren (López-Marín, 2017).

### **2.2.4.3 Plantas de crecimiento semi-determinado**

Se caracterizan por la interrupción del crecimiento de sus tallos después de un determinado número de inflorescencias, usualmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo (Haifa Chemicals, 2014).

## **2.3 Requerimientos edafo-climáticos del jitomate**

La planta de tomate se desarrolla bien en un amplio intervalo de condiciones ambientales, latitudes, tipos de suelos, temperaturas y es moderadamente tolerante a la salinidad, pero prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y suelos con buen drenaje (Chamarro, 2001; Voykovic y Saavedra, 2007).

### **2.3.1 Temperatura**

Es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en cada periodo crítico. El jitomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21° y 27° C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23° y 26° C y, durante la noche entre 14° y 17° C (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **2.3.2 Humedad relativa**

La humedad relativa (HR) óptima oscila entre 60 y 80%. HR muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y agrietamiento del fruto, y dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta ocasionando el aborto de flores. El rajado del fruto puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También la HR baja dificulta la fijación del polen en el estigma de la flor (Jasso *et al.*, 2012).

### **2.3.3 Radiación**

El jitomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere de una buena iluminación. Iluminación limitada origina reducción en la

fotosíntesis neta que implica mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y en la producción. Valores de radiación total diaria alrededor de  $0,85 \text{ MJ m}^2$ , son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminación baja durante un mayor tiempo (Jasso *et al.*, 2012).

#### **2.3.4 Ventilación**

La ventilación es un aspecto fundamental en la producción de cultivos protegidos al facilitar la entrada de aire fresco que elimina el aire caliente que se acumula dentro de la malla sombra, también ayuda a renovar los niveles de oxigenación, por lo que es indispensable que la orientación de la malla sombra permita la circulación del aire con el objeto de renovar el que se encuentra en el interior y bajar la humedad relativa para evitar el desarrollo de enfermedades (Jasso *et al.*, 2012).

#### **2.3.5 Suelo**

El jitomate prospera en diferentes tipos de suelo, aunque los más indicados son los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno y capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes. Debe estar libre de piedras y malas hierbas y, sobre todo, ser uniforme (Jaramillo *et al.*, 2007).

#### **2.3.6 Potencial de hidrogeno (pH)**

El óptimo oscila entre 6 y 6.5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrimentos. Los suelos pueden ser de ligeramente ácidos (5 pH) hasta ligera a medianamente alcalinos (9 pH) (INIA, 2017).

### **2. 4 Principales plagas del jitomate**

Las principales plagas que afectan al cultivo de jitomate son los insectos chupadores que se alimentan de la sabia debilitando a la planta y provocando su muerte. Además de ser vectores que transmiten enfermedades (virosis) (Fierro, 2008).

#### **2.4.1 Araña roja (*Tetranychus urticae*)**

Es la especie más polífaga que se alimenta de una amplia variedad de especies vegetales. Sus principales daños tanto como ninfas y/o adultos pueden causar daños en la planta hospedante al alimentarse del tejido vegetal y la savia. Aparecen en el envés de la hoja (Malais *et al.*, 2016).

#### **2.4.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)**

Se alimenta de la sabia de la planta y excretan melaza que ocasiona maduración irregular de jitomate, amarillamiento de tallos, además de ser un formidable y temido vector de virosis (Malais *et al.*, 2016).

La mosca blanca es una de las plagas más importantes del cultivo de jitomate. Transmite virus tan peligrosos como el virus de la cuchara (TYLCV) y el virus de la clorosis del tomate (ToCV) y parece intervenir en la maduración irregular de la fruta (TIR). Las infecciones combinadas de TYLCV y ToCV provocan una bajada de producción tanto por disminución del número de frutos por planta como por una bajada del tamaño medio del fruto (Santos *et al.*, 2020).

#### **2.4.3 Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Ataca desde la emergencia hasta fructificación. Son un transmisor de virus debido a que, al absorben la estructura del virus la transmiten a otra planta cuando la pican e inyectan junto con la savia que emite antes de succionar (Ríos, 2012).

#### **2.4.4 Pulgón (*Aphididae*)**

Se alimentan de la savia de las plantas y como resultado el crecimiento de la planta se retrasa, provocando hojas deformes o incluso la muerte de plantas jóvenes, así como la mal formación en los puntos de crecimiento (Malais *et al.*, 2016).

#### **2.4.5 Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.)**

Insecto chupador de savia que se alimenta de la savia de las plantas, ocasionando que las plantas se vean amarillas y raquíticas, lo que afecta el rendimiento y calidad de frutos (Pérez -Rodríguez, 2017).

## **2.5 Principales enfermedades del jitomate**

El jitomate es un cultivo de alto riesgo fitosanitario, especialmente por la incidencia y lo impredecible de las enfermedades. A nivel nacional, se han identificado más de 20 enfermedades que atacan al cultivo de jitomate. Estas enfermedades se agrupan de acuerdo con el agente que la causa. Las enfermedades son causadas por hongos, bacterias, nematodos y virus, principalmente (Garrido *et al.*, 2010).

### **2.5.1 Enfermedades causadas por hongos**

#### **2.5.1.1 Estrangulamiento vascular o damping off**

Los primeros síntomas que se presentan son marchitez de las hojas (cuando las plántulas tienen de 2 a 3 hojas), después se produce el estrangulamiento del tallo a nivel de suelo y finalmente la pudrición de la raíz. Estos daños son causados por los hongos de los géneros *Rhizoctonia* y *Pythium* (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.1.2 Tizón temprano**

Enfermedad causada por el hongo *Alternaria solani* cuyos primeros síntomas se presentan en las hojas más viejas en las que se observan manchas irregularmente circulares, con anillos concéntricos y color café oscuro. Alrededor de la lesión se observa un color amarillo. En caso de un fuerte ataque produce defoliación en toda la planta. Los frutos son generalmente afectados cuando se aproximan a la madurez, en este caso las manchas tienen un color que varía de marrón a negro y pueden ser pequeñas, profundas y con bordes bien definidos. En condiciones de alta humedad se puede observar una capa superficial aterciopelada y de color negro, constituida por esporas y micelio del hongo (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.1.3 Tizón tardío**

Causado por el hongo *Phytophthora infestans*. Se puede presentar en cualquiera de las partes de la planta, excepto las raíces. Las hojas presentan manchas grandes, húmedas (acuosas) con centro seco, pardas, rodeadas por un borde claro, principalmente en las puntas o bordes de las hojas inferiores. Debajo de las hojas el hongo desarrolla sus esporas en estructura algodonosa. Bajo condiciones de alta humedad, las manchas se extienden rápidamente y forman zonas pardas atizonadas

(quemadas) con bordes irregulares. El follaje infectado se seca y muere rápidamente, mientras que los Frutos presentan pudrición parda firme (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.1.4 Marchitez por *Fusarium***

Las plantas presentan amarillamiento en hojas inferiores que pueden presentar una parte afectada y la otra completamente sana. Cuando las plantas logran sobrevivir, sus frutos son pequeños y de mala calidad (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.1.5 Marchitez y pudrición de la base del tallo**

Causada por el hongo *Sclerotium rolfsii* que manifiesta marchitamiento y amarillamiento repentino de la planta, después aparece en la base del tallo una podredumbre de color castaño claro que en la superficie presenta un micelio blanco, como algodón. Con alta humedad se forman esclerocios (estructura de resistencia) blancos y café, que es la forma en que este hongo sobrevive en el campo de una estación a otra (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.1.6 Pudriciones del fruto**

Los hongos más comunes son de los géneros *Alternaria* sp., *Pythium* sp., y *Geotrichum* sp. Los frutos afectados presentan manchas hundidas de color café o negro con un margen de forma definida. En el caso de *Alternaria* se puede observar anillos concéntricos característicos de este hongo (Garrido *et al.*, 2010).

### **2.5.2 Enfermedades causadas por bacterias**

#### **2.5.2.1 Marchitez bacteriana o tristeza**

Causada por la bacteria *Pseudomonas corrugata* y *Ralstonia solanacearum*. Los síntomas en planta son la marchitez que conserva su color verde y a medida que avanza la enfermedad las plantas muestran mayor grado de marchitamiento y se comienzan a secar, hasta producir la muerte de la planta. En el tallo se desarrollan manchas pardas y difusas. En estados avanzados de la enfermedad el centro del tallo (medula) se necrosa y se pudre. El tallo se agrieta quedando hueco y aparecen raíces adventicias (Garrido *et al.*, 2010).

### **2.5.2.2 Mancha bacteriana**

Causada por *Xanthomonas campestris*. Esta bacteria ataca el follaje, tallo, peciolo y frutos. En las hojas se presentan manchas pequeñas, oscuras e irregulares, de apariencia grasosa, pudiendo causar defoliación. Ataca también a las flores, ocasionando el aborto. El daño en los frutos se caracteriza por manchas pequeñas, negras, de apariencia húmeda y bordes realzados color blanco verdosos (Garrido *et al.*, 2010).

### **2.5.2.3 Cáncer bacteriano**

Enfermedad causada por la bacteria *Clavibacter michiganensis*, produce manchas en hojas, tallos y frutos, marchitamiento de hojas y en casos severos, de toda la planta. Normalmente se presenta antes de la floración, produciendo una marchitez irreversible y secamiento de los folíolos, se forman grietas en el tallo mientras que los peciolo permanecen firmes. En frutos, los síntomas aparecen primero como pequeñas manchas acuosas y superficiales, cuya parte central más tarde sobresale ligeramente, adquiriendo un color pardo y volviéndose ásperas y rugosas (Garrido *et al.*, 2010).

## **2.5.3. Enfermedades causadas por nematodos**

### **2.5.3.1 Nematodos Agalladores (*Meloidogyne sp.*)**

Las raíces de plantas infectadas con nematodos presentan numerosas agallas o bolitas, esto causa en la planta poco desarrollo, las hojas quedan pequeñas y en menor cantidad, y la planta puede mostrar marchitamiento en las horas de más calor, como si sufriera de falta de agua (Garrido *et al.*, 2010).

## **2.5.4. Enfermedades causadas por virus**

### **2.5.4.1 Virus del mosaico del Tabaco (VMT) y virus del mosaico del jitomate (VMT<sub>o</sub>)**

Los síntomas en la planta jitomate causados por estos dos virus varían desde un mosaico ligero acompañado o no por deformación de las hojas, hasta un mosaico amarillo brillante, necrosis en los tallos, hojas y frutos, y enanismo (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.4.2 Virus jaspeado del Tabaco (VJT)**

El síntoma principal es la presencia de mosaicos en las hojas, muy parecidos a los que causan otros virus, lo que puede ocasionar confusión en su identificación (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.4.3 Virus del mosaico del pepino (CMV)**

Este virus causa mosaicos leves en las hojas o bien deformaciones conocidas como “cintas de zapato”, que provoca que las hojas se alarguen y queden delgadas, dando a la planta un aspecto de poco follaje y desarrollo (Garrido *et al.*, 2010).

#### **2.5.4.4 Germinivirus**

Son transmitidos por la mosquita blanca, presentan mosaicos leves o severos según la etapa de infección de la planta, achaparramiento o enanismo, deformaciones de la hoja y coloraciones en las puntas de estas (Garrido *et al.*, 2010).

### **2.6 Manejo agronómico del cultivo**

Desinfección de instalaciones, herramientas, y utensilios. Días antes de la plantación se debe limpiar las instalaciones y desinfectarlas junto con herramientas y utensilios empleados. Se pueden utilizar sales cuaternarias de amonio, hipoclorito de sodio y monopersulfato potásico (INTAGRI, 2018).

#### **2.6.1. Sustrato**

Previo al trasplante es necesario desinfestar el sustrato para eliminar los patógenos que posiblemente estén en el sustrato. Existen varios métodos para desinfectar el suelo entre los que destaca la desinfestación con productos químicos o por solarización.

#### **2.6.2. Siembra de semilleros**

Previo a la siembra, el sustrato se humedece con agua, aproximadamente a capacidad de campo. Posteriormente, se llenan las charolas y se prensa el sustrato húmedo con un rodillo que marca los orificios de siembra, la siembra se realiza a una profundidad de  $1.0 \div 0.5$  cm, y se coloca una semilla por cavidad. La semilla se cubre con una

capa de  $\frac{3}{4}$  vermiculita y  $\frac{1}{4}$  de sustrato o bien, con el 100 % de vermiculita para asegurar una buena uniformidad de la humedad y evitar problemas de formación de algas en la superficie del sustrato. En seguida se riega hasta que el agua comience a lixiviarse. Las charolas se estiban y se cubren con plástico para su posterior incubación. En caso de contar con una cámara de germinación, no es necesario cubrir las charolas con plástico. La temperatura de la cámara de germinación se debe mantener de 21° a 27°C, después de tres días se revisan para observar el inicio de la germinación, es conveniente revisar la emergencia dos veces al día, al detectar las primeras plántulas emergidas, se retira el plástico y se distribuyen las charolas sobre las mesas en el invernadero (Jasso *et al.*, 2012).

### **2.6.3. Trasplante**

La fecha de trasplante depende de las condiciones climáticas y del manejo en el proceso de producción de plántulas, pero en general se lleva a cabo de 30 a 35 días después de realizada la siembra (Jasso *et al.*, 2011).

El trasplante de las plántulas se realiza cuando presentan cuatro hojas verdaderas, altura entre 10 y 15 cm, con diámetro del tallo mayor a 0.5 cm, de preferencia en horas de la mañana (Jasso *et al.*, 2012).

### **2.6.4 Tutorado**

Es una práctica necesaria para el cultivo de jitomate, cuando este se desarrolla en condiciones de agricultura protegida y con materiales de tipo de crecimiento de hábito indeterminado. El emparrillado consta en una serie de estructuras metálicas, alambre galvanizado calibre 10, ganchos, anillos para guías y rafia. La altura de la estructura del emparrillado debe ser de aproximadamente 2.5 m sobre el nivel del suelo y construida con tubería de acero galvanizado de 2 pulgadas de diámetro. En la parte superior de los tubos se coloca alambre calibre 10 sobre el cual se sujetarán los ganchos que servirán para conducir la planta. Para sostener las plantas se emplea rafia y anillos de plástico (Jasso *et al.*, 2011).

La colocación temprana evita que las plantas se debiliten por el movimiento causado por los vientos y se evita lesionar a las raíces en forma considerable si esto se realiza más tarde, perjudica el crecimiento de las plantas (FAO, 2013).

Normalmente el tutoreo se realiza cada semana. Cuando las plantas alcanzan de 2.0 a 2.5 m las plantas son descolgadas progresivamente; este descuelgue consiste en desenrollar la rafia 1 0 2 vueltas en el mismo sentido (INTAGRI, 2018).

### **2.6.5 Poda**

La poda es una práctica agronómica utilizada para obtener plantas equilibradas y vigorosas, y a su vez buscar que los frutos no queden ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones. Sin embargo, la poda no debe ser excesiva debido a que el exceso de radiación solar puede provocar en el fruto el llamado “golpe de sol”, que afecta negativamente la calidad física. La eliminación de mucha área foliar supone una reducción de la cosecha. En el cultivo de jitomate se realizan diferentes tipos de poda, dentro de los cuales los más importantes se describen a continuación; (Jasso *et al.*, 2012).

- **Poda de brotes laterales.** Consiste en la eliminación manual de los brotes que se desarrollan en la base de las axilas de las hojas del tallo principal y se lleva a cabo cuando los brotes alcanzan una longitud de entre 3.0 y 5.0 cm.
- **Poda de hojas.** Consiste en eliminar hojas maduras y en caso necesario hojas que todavía presentan actividad fotosintética. La práctica inicia con la eliminación de las hojas más viejas y preferentemente se deben de eliminar entre dos y tres hojas por semana, por tallo productivo. Se realiza en forma manual o bien, utilizando tijeras previamente desinfectadas con cloro diluido, alcohol, sales cuaternarias de amonio, etc.
- **Poda de frutos.** Se realiza con el objetivo de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos a cosechar, así como para obtener frutos de mejor calidad comercial. Consiste en eliminar frutos inmaduros, mal posicionados, que presenten algún daño o deformidad, tamaño reducido, así como el exceso de frutos en el racimo.

- **Poda del ápice o despunte.** Consiste en eliminar la yema terminal de las plantas para que no exista más crecimiento longitudinal, es conveniente dejar de dos a tres hojas arriba del último racimo. La finalidad es manejar el número de racimos y la duración del ciclo, pero sobre todo para controlar los ciclos de producción y planear los siguientes. Se realiza una vez que se ha definido el número de racimos por planta, que se pretende cosechar (INTAGRI, 2018).

### **2.6.6 Riego**

La cantidad y volumen de riego que se aplica al cultivo depende de la temperatura, frecuencia de los vientos, textura del suelo, regularidad de las lluvias (campo abierto) y variedad usada (Aguirre et al., 2001).

Se debe de aplicar un riego que puede variar de 1.5 a 2 h para realizar el trasplante. Posteriormente, para el monitoreo de la humedad del suelo se colocan tensiómetros a 15, 30 y 45 cm de profundidad, dependiendo del perfil del suelo (Jasso *et al.*, 2012).

Durante los primeros 25 días después del trasplante se debe regar cuando la lectura en los tensiómetros colocados a 15 y 30 cm de profundidad esté entre 20-30 kPa; para los siguientes 20 días el riego se aplicará cuando la lectura sea entre 15-25 kPa, de 10-15 kPa en los siguientes 25 días y a partir de los 70 días después del trasplante las lecturas de los tensiómetros se deben mantener alrededor de los 10 kPa hasta el final del ciclo del cultivo (Jasso *et al.*, 2012).

### **2.6.7 Fertilización**

Una fertilización eficiente es aquella que proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en el momento en que el cultivo tiene la mayor demanda. A través de la fertilización se aplica el elemento faltante para mantener un equilibrio adecuado entre los elementos del suelo y la planta (Jaramillo *et al.* 2007).

Aplicar en banda la mitad del nitrógeno y todo el fósforo antes del trasplante, y aplicar la otra parte de nitrógeno al inicio de la floración. En suelos con niveles bajos de Zn es recomendable la aplicación de 20-30 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinc monohidratado al suelo y realizar análisis de suelo en los siguientes años para decidir una segunda aplicación (Jasso *et al.*, 2012).

Aplicar en los almácigos a partir de los 12 días después de la emergencia, una mezcla de 100 g de fosfonitrato, 75 g de 18-46-00 y 100 g de nitrato de potasio, disueltos en 200 L de agua, dos o tres veces por semana (Jasso et al., 2012).

#### **2.6.8 Polinización**

La polinización consiste en la transferencia del polen de los estambres al pistilo. El polen se transmite principalmente a través del viento y a través de los insectos. La flor del tomate es hermafrodita, lo que quiere decir que la flor tiene los dos sexos y es capaz de auto polinizarse (Jasso *et al.*, 2011).

### **2.7 Avances en mejoramiento genético del jitomate**

El jitomate nativo, también conocido como criollo, presenta características morfológicas únicas que lo diferencian de las variedades comerciales, además del color, sabor y calidad de pulpa, los nativos se distinguen por la forma variable de sus frutos que pueden ser redondos, cuadrados, arriñonados, entre otros (Canul-Ku, *et al.* 2022). El conocimiento específico de los caracteres tanto morfológicos como fenológicos requieren conocerse de manera detallada mediante evaluaciones de tipo agronómico.

Se han realizado estudios previos con el objetivo de generar grupos de acuerdo con su similitud genética o de características de interés antropocéntrico, como la calidad postcosecha, formas y colores de fruto, calidad culinaria, calidad nutracéutica, sabor y ventajas agronómicas (Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia, 2010; Crisanto-Juárez *et al.*, 2010). El propósito de estas investigaciones ha sido generar información que permita identificar conjuntos de genotipos con alta variación entre ellos, de tal forma que su discriminación sea evidente; pero a la vez, los grupos en su interior deben ser homogéneos.

## **2.8 Directrices para la caracterización morfológica del fruto de acuerdo a la UPOV 2011.**

### **2.8.1 Objetivo de estas directrices de examen**

La finalidad de estas directrices (“directrices de examen”) es elaborar los principios que figuran en la Introducción General (documento TG/1/3) y sus documentos TGP conexos, con objeto de que sirvan de orientación práctica y detallada para el examen armonizado de la distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE) y en particular, para identificar los caracteres apropiados para el examen DHE y producir descripciones armonizadas de variedades. Siendo estas aplicadas a todas las variedades de *Solanum lycopersicum* L.

### **2.8.2 Material necesario**

Las autoridades competentes deciden cuándo, dónde y en qué cantidad y calidad se deberá entregar el material vegetal necesario para la ejecución del examen de la variedad. El material se entregará en forma de semillas o plantas. Las semillas deberán satisfacer, por lo menos, los requisitos mínimos de germinación, pureza analítica y de la especie, sanidad y contenido de humedad que especifiquen las autoridades competentes. El material vegetal deberá estar exento de todo tratamiento que afecte la expresión de los caracteres de la variedad, salvo autorización en contrario o solicitud expresa de las autoridades competentes.

### **2.8.3. Método de examen**

La duración mínima de los ensayos deberá ser normalmente de dos ciclos de cultivo independientes. Los ensayos deberán efectuarse en un sólo lugar, en condiciones que aseguren un desarrollo satisfactorio para la expresión de los caracteres pertinentes de la variedad y para la ejecución del examen. Cada ensayo deberá tener por finalidad la obtención de al menos 20 plantas, que deberán dividirse al menos en dos repeticiones. Cuando los caracteres de resistencia se utilicen para evaluar la distinción, la homogeneidad y la estabilidad, se deberán tomar registros en condiciones de infección controlada y, salvo indicación en contrario, en al menos 20 plantas.

#### **2.8.4. Distinción**

Es de particular importancia para los usuarios de estas directrices de examen consultar la Introducción General antes de tomar decisiones relativas a la distinción. Sin embargo, a continuación, se citan una serie de aspectos que han de tenerse en cuenta en las directrices de examen.

##### **2.8.4.1 Diferencias consistentes**

Las diferencias observadas entre variedades pueden ser tan evidentes que no sea necesario más de un ciclo de cultivo. En algunas circunstancias, la influencia del medio ambiente no reviste la importancia suficiente como para requerir más de un único ciclo de cultivo con el fin de garantizar que las diferencias observadas entre variedades son suficientemente consistentes.

##### **2.8.4.2 Diferencias claras**

Si una diferencia entre dos variedades es clara depende de muchos factores y, para ello se tendría que considerar, en particular, el tipo de expresión del carácter que se esté examinando, es decir, si éste se expresa de manera cualitativa, cuantitativa o pseudocualitativa. Por consiguiente, es importante que los usuarios de estas directrices de examen estén familiarizados con las recomendaciones contenidas en la Introducción General antes de tomar decisiones relativas a la distinción.

##### **2.8.4.3 Número de plantas/ partes de plantas que se ha de examinar**

Salvo indicación en contrario, a los efectos de la distinción, todas las observaciones de plantas individuales deberán efectuarse en 10 plantas o partes de cada una de las 10 plantas, y cualquier otra observación se efectuará en todas las plantas del ensayo, sin tener en cuenta las plantas fuera de tipo o.

##### **2.8.4.4 Método de observación**

La observación “visual” (V) es una observación basada en la opinión del experto. A los fines del presente documento, por observación “visual” se entienden las observaciones sensoriales de los expertos y, por lo tanto, también incluye el olfato, el gusto y el tacto. La observación visual comprende además las observaciones en las que el experto utiliza referencias (por ejemplo, diagramas, variedades ejemplo, comparación por pares) o gráficos no lineales (por ejemplo, cartas de colores). La

medición (M) es una observación objetiva que se realiza frente a una escala lineal calibrada, por ejemplo, utilizando una regla, una báscula, un colorímetro, fechas, recuentos, etc.

#### **2.8.5 Modo de agrupar las variedades y organización de los ensayos en cultivo**

Los caracteres de agrupamiento contribuyen a seleccionar las variedades notoriamente conocidas que se han de cultivar en el ensayo con las variedades candidatas y a la manera en que estas variedades se dividen en grupos para facilitar la evaluación de la distinción.

#### **2.8.6 Introducción a la tabla de caracteres**

Los caracteres estándar de las directrices de examen son aquellos que han sido aprobados por la UPOV para el examen DHE y de los cuales los Miembros de la Unión pueden elegir los que convengan para determinadas circunstancias.

#### **2.8.7 Niveles de expresión y notas correspondientes**

Se atribuyen a cada carácter niveles de expresión con el fin de definir el carácter y armonizar las descripciones. A cada nivel de expresión corresponde una nota numérica para facilitar el registro de los datos y la elaboración y el intercambio de la descripción (Figura 2.1). En el caso de los caracteres cualitativos y pseudocualitativos, todos los niveles pertinentes de expresión se presentan en el carácter. En el caso de caracteres cuantitativos con cinco o más niveles puede utilizarse una escala abreviada para reducir al mínimo el tamaño de la tabla de caracteres.

	English	français	deutsch	español	Example Varieties Exemples Beispielsorten Variedades ejemplo	Note/ Nota
<b>1.</b>	<b>VG</b>	<b><u>Seed-propagated varieties only:</u></b>	<b><u>Variétés reproduites par voie sexuée</u></b>	<b><u>Nur samenvermehrte Sorten:</u></b>	<b><u>Sólo variedades de reproducción sexuada:</u></b>	
(+)	Seedling: anthocyanin coloration of hypocotyl	Plantule : pigmentation anthocyanique de l'hypocotyle	Sämling: Anthocyanfärbung des Hypocotyls	Plántula: pigmentación antociánica del hipocótilo		
<b>QL</b>	absent	absente	fehlend	ausente	Colt, Heinz 8104, Mogeor, Momorvert, VTM215	1
	present	présente	vorhanden	presente	DG-039, Montfavet H 63.4	9
<b>2.</b>	<b>VG</b>	<b>Plant: growth type</b>	<b>Plante : type de croissance</b>	<b>Pflanze: Wuchstyp</b>	<b>Planta: hábito de crecimiento</b>	
(*) (+)						
<b>QL</b>	determinate	déterminée	begrenzt wachsend	determinado	Campbell 1327, Prisca	1
	indeterminate	indéterminée	unbegrenzt wachsend	indeterminado	Marmande VR, Saint-Pierre, San Marzano 2	2

**Figura 2.1.** Tabla de caracteres y descriptores de jitomate (*Solanum lycopersicum* L). UPOV, 2011.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

### 3.1 Sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, ubicado en la carretera Celaya-San Miguel Allende Km. 6.5, Celaya Gto., en las coordenadas geográficas 20° 32' 05" latitud norte y 100° 48' 49" longitud oeste, a 1750 m de altitud. Temperatura máxima de 30.7°C en septiembre y una mínima de -1.5°C en enero (Guzmán *et al.*, 2018).



**Figura 3.1** Localización del campo experimental. (INIFAP). Google Earth 2022

### 3.2 Material vegetal

Como material genético se utilizaron un total de 16 líneas avanzadas de jitomate nativo del sureste de México, proporcionadas por el programa de hortalizas del Campo Experimental Bajío-INIFAP (cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1.** Procedencia de las líneas avanzadas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) caracterizadas en el ciclo O-I, 2022.

Clave	Forma de fruto	Municipio	Estado	LN	LO	Altitud
JCM02	Riñón	Huachinango	Puebla	20°10'20.25"	98°03'44.66"	1565
JCM03	Riñón	Tlacolula	Oaxaca	16°57'04.32"	96°28'28.67"	1631
JCM04	Riñón	Poza Riza	Veracruz	20°31'18.81"	97°27'45.54"	67
JCM05	Cherry grande	Xoxocotla	Morelos	18°40'52.69"	99°14'46.61"	1023
JCM06	Cherry	Tlacolula	Oaxaca	16°57'04.32"	96°28'28.67"	1631
JCM07	Riñón	Teapa	Tabasco	17°33'52.71"	92°57'00.39"	40
JCM08	Medio riñón	Dzitbalché	Campeche	20°19'18.30"	90°03'29.59"	17
JCM09	Medio saladete	Tlacolula	Oaxaca	16°57'04.32"	96°28'28.67"	1631
JCM10	Riñón	Huachinango	Puebla	20°10'20.25"	98°03'44.66"	1565
JCM11	Riñón	Zitlala	Puebla	20°01'57.91"	97°40'04.53"	732
JCM12	Riñón	Zozocolco de Hidalgo	Veracruz	20°08'22.30"	97°34'30.02"	305
JCM13	Cherry	Zozocolco de Hidalgo	Veracruz	20°08'22.30"	97°34'30.02"	305
JCM15	Chino criollo	Altepexi	Puebla	18°21'27.55"	97°18'01.51"	1229
JCM16	Chino criollo	San Sebastián, Zinacatepec	Puebla	18°20'04.21"	97°14'46.67"	1143
JCM17	Chino criollo	San José Miahuatlán	Puebla	18°17'25.50"	97°17'22.36"	1122
JCM18	Chino criollo	San Sebastián, Tehuacán	Puebla	18°27'39.89"	97°24'25.47"	1658

### **3.3 Diseño experimental**

Con la finalidad de evitar sesgo por la interacción del ambiente y propiedades edáficas del suelo sobre los caracteres del fruto, se utilizó un diseño experimental en bloques completos con 16 tratamientos aleatorizados (líneas) y cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de ocho plantas, distribuidas en una superficie de 4.0 m<sup>2</sup>, en un arreglo topológico en zigzag con distancia entre líneas de 1.0 m y entre plantas de 0.50 m.

### **3.4 Establecimiento y manejo del experimento**

#### **3.4.1 Preparación para germinación de plántula**

##### **3.4.1.1 Desinfección de charolas**

Se utilizaron tres recipientes de 100 L para el desinfectado de las charolas, el primer recipiente contenía solo agua, esto con el fin de quitar toda la suciedad que fuera posible. En el segundo recipiente, que contenía 100 L de agua con 2 L de hipoclorito de sodio comercial se sumergieron por 5 min. Por último, se sumergieron en el tercer recipiente que contenía 100 L de agua con 2 kg sulfato de cobre por 5 min. Finalmente, las charolas se secaron de forma natural.

##### **3.4.1.2 Desinfección de sustrato para sellado**

La arena fue colocada en un recipiente el cual contenía 8.0 L de agua con 150 ml de cloro, se dejó por un lapso de tres horas, para después realizar un triple lavado con agua simple a chorro, esto con la finalidad de que no quedaran residuos de cloro en la arena.

##### **3.4.1.3 Siembra y manejo**

La siembra se llevó a cabo de forma manual en charolas de unicel de 200 cavidades, previamente desinfectadas como indicado en apartado anterior. Se utilizó como sustrato humus (compaqpeat Qts), y en cada orificio se colocó una semilla a una profundidad de  $1.0 \pm 0.5$  cm, que fueron cubiertas con arena. Se aplicó un riego para

asegurarse que tuvieran la humedad necesaria para germinar. Las charolas se apilaron y fueron cubiertas completamente con plástico negro y se incubaron a temperatura de laboratorio de 25 °C en promedio y humeado del 100%. Las charolas al tercer día fueron revisadas para registrar la emergencia. Después de tener más del 50% de germinación en cada charola, estas fueron reubicadas en un macro túnel.

#### **3.4.1.4 Riego y fertilización**

A partir de la emergencia se aplicó un riego diario de forma manual. Cuando las plántulas presentaron la aparición de las primeras hojas verdaderas (25 DDS) se inició con la aplicación de *Trichodermas* (trichosym bio inoculante) 2 g L<sup>-1</sup> una vez por semana.

#### **3.4.2 Preparación de camas**

Las camas se formaron de forma manual a un ancho de 50 cm y 25 cm de altura. Cada cama con un largo de 30 cm. En medio del surco se realizó un canal a lo largo del surco a una profundidad de 10 a 20 cm, en el que se colocó yeso agrícola y composta. Posteriormente, se colocó cintilla de riego por goteo a doble línea acomodadas al centro de la cama con una separación entre líneas de 15 cm.

Las camas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio comercial 10 L y peróxido de hidrógeno 40 L, primero se aplicó el riego con hipoclorito de sodio comercial y después se aplicó el riego con peróxido de hidrógeno.

#### **3.4.3 Trasplante**

El trasplante se realizó manualmente a los 62 DDS (Días Después de la Siembra), cuando la planta alcanzó una altura promedio de 13 cm, con cinco y seis hojas verdaderas. Se trasplanta en zigzag con una distancia de 0.50 m de distancia entre cada planta, con un metro de distancia entre cada línea. Antes de trasplantar se aplicó un riego de una hora y después de trasplantar se volvió a aplicar otro riego de una hora para el sellado de la cama.

#### **3.4.4 Desinfección de ganchos y rafia**

Los ganchos y la rafia fueron colocados en un tambo con 200 L de agua y 300 ml de hipoclorito de sodio comercial, ambos tenían que estar totalmente cubiertos, se dejaron en el tambo por un tiempo de 3 horas. Finalmente fueron sacados y colocados en otro recipiente totalmente limpio, para su secado.

#### **3.4.5 Tutorado**

Los ganchos con rafia fueron colocados al día siguiente del trasplante, para que en el momento en que se desarrollara el tallo principal, la planta se tutorara bajo un sistema de colgado con rafia, para sostén de la planta conforme a su desarrollo, cuando el tallo empezó a encorvar o ladear por el peso de la planta.

#### **3.4.6 Poda**

La poda se realizó a un tallo con la eliminación de todos los brotes que aparecían en las axilas de las hojas, a partir de la aparición del primer racimo floral, posteriormente se monitoreo el brazo. La poda se realizó manualmente esto con la ayuda de unas tijeras de podar que fueron desinfestadas con cloro ( $15\text{ml L}^{-1}$  de agua). Además de esto se utilizó oxiclورو de cobre  $2\text{ g L}^{-1}$  para aplicar a las heridas causadas por la poda.

#### **3.4.7 Polinización**

Esta actividad se realizó manualmente, agitando mecánicamente las plantas por medio de la rafia de tutoreo. Esta actividad se ejecutó diariamente, dos veces al día, entre las 8:00 y 12:00 h, ya que a estas horas coincide la luminosidad, temperatura y humedad relativa.

#### **3.4.8 Riego y nutrición**

Para el manejo de la humedad se colocaron tres sensores a 0.20 m de profundidad, al inicio, mitad y final de la cama, para leer la lectura con ayuda de un tensiómetro como referencia para la aplicación del riego. El riego se aplicó cada que el tensiómetro indicaba una tensión de humedad de 15 a 20 PSI, con un volumen de riego de  $98\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ .

A partir de los 15 DDT se aplicó una vez por semana mediante el agua de riego 5.0 L de lixiviado de lombriz, 5 kg de fosfonitrato y 5 kg de nitrato de potasio.

### 3.4.9 Control de maleza

Antes de establecer el cultivo se aplicó paraquat (herbicida químico) para eliminar toda la maleza que estaba presente. Esta actividad se implementó de forma manual una vez por semana después del trasplante, para evitar la competencia de la maleza por agua, nutrimentos y luz.

### 3.4.10 Control de plagas

Al día siguiente del trasplante se inició con la aplicación preventiva de insecticidas. Las aplicaciones fueron realizadas con aspersor de mochila de 20 L dos veces por semana. Los productos utilizados y las dosis se indican en el Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2.** Ingredientes activos de insecticidas empleados para el manejo de plagas en el cultivo de jitomate. Ciclo O-I, 2022

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis de aplicación</b>	<b>Intervalo de aplicación*</b>
Extracto de neem, aceite esencial de canela y aceite esencial de naranja.	2 ml L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana
Lambda cyhalotrina	2 ml L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana
Metamidofos	2 ml L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana

\*Aplicación a partir del inicio de síntomas de daño hasta el final del ciclo del cultivo.

### 3.4.11 Control de enfermedades

A los 10 DDT se inició la aplicación de fungicidas y bactericidas, dos veces por semana con el fin de prevenir alguna enfermedad.

**Cuadro 3.3.** Ingredientes activos de fungicidas y bactericidas empleados para el manejo de enfermedades en el cultivo de jitomate. Ciclo O-I, 2022

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis de aplicación</b>	<b>Intervalo de aplicación*</b>
Tiofanato de metilo	2 gr L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana
Sulfato de gentamicina + Clorhidrato de oxitetraciclina	2 gr L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana
Oxitetraciclina	2 gr L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana

\*Aplicación a partir del inicio de síntomas de daño hasta el final del ciclo del cultivo.

Para la prevención de virus, cuando se observó que alguna planta presentaba síntomas inmediatamente se procedía a extraer la planta completa y se colocaba en bolsas de plástico para ser desechada.

### 3.5 Variables de estudio

En el material genético empleado se evaluó características del fruto con base a lo establecido en las directrices para la ejecución del examen de distinción, la homogeneidad y la estabilidad en jitomate aprobadas por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Código UPOV: SOLAN\_LYC *Solanum lycopersicum* L. (UPOV, 2011), y a los descriptores del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996).

### **3.5.1 Caracterización morfológica del fruto**

En los frutos de las 16 líneas avanzadas de jitomate se realizó la caracterización morfológica de los caracteres siguientes:

1. Hombro verde (antes de la madurez).
2. Tamaño del hombro verde (antes de la madurez).
3. Intensidad del color verde del hombro verde (antes de la madurez).
4. Intensidad del color verde excepto del hombro (antes de la madurez).
5. Rayas verdes (antes de la madurez).
6. Tamaño
7. Relación longitud/ diámetro.
8. Forma en sección longitudinal.
9. Acostillado en la zona pedúncular.
10. Depresión en la zona pedúncular.
11. Tamaño de la cicatriz pedúncular.
12. Tamaño de la cicatriz pistilar.
13. Forma del extremo distal.
14. Diámetro del corazón en corte transversal en relación con el diámetro total.
15. Espesor del pericarpio.
16. Numero de lóculos.
17. Color (en la madurez).
18. Color de la pulpa (en la madurez).
19. Brillo de la epidermis.
20. Color de la epidermis.
21. Firmeza.
22. Vida de anaquel.

### **3.6. Análisis de los datos.**

Con la información obtenida de la caracterización morfológica de los frutos se determinó el porcentaje de las líneas que presentaron caracteres similares. Asimismo, para comprobar la similitud entre las accesiones se realizó un análisis de conglomerados y un análisis de componentes principales de los caracteres de cada línea evaluada con el programa NTSYS 2.2 (Rolfh, 2005).

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Caracteres morfológicos**

Se caracterizaron morfológicamente 16 líneas avanzadas de jitomate utilizando las directrices de la UPOV 2011 y el manual de descriptores del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1996). Los valores de las variables están expresados en porcentajes de acuerdo con el número de plantas evaluadas, los cuales se observaron con el mismo nivel de caracterización. Y se describen a continuación (Cuadro 4.1 a 4.6). Las líneas JCM09 y JCM11 presentaron dos tipos de frutos los cuales se identificaron como JCM09-1 y JCM11-1.

### **4.2. Fruto**

Para los caracteres de fruto antes de la madurez, estos se registraron en el tercer racimo (Cuadro 4.1). Las líneas JCM09 y JCM11 presentaron dos tipos de frutos los cuales se identificaron como JCM09-1 y JCM11-1.

El 68.18% de las líneas presentaron hombro verde, de las cuales el tamaño paso de muy pequeño (27.28%) a pequeño (40.90%), cuya intensidad de color del hombro verde fue clara (9.10%), oscura (13.63%) y media (45.46%). Entre las que se destacó las líneas JCM09 y JCM06. Estos resultados son similares fueron reportados por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servía (2010), en la caracterización de jitomate procedente de Oaxaca, en poblaciones semi - domesticadas que presentaron frutos en forma de riñón con presencia de hombro verde que debieron ser producto de una selección realizada por el agricultor.

Por otro lado, el 72.72% de las líneas presentaron ausencia de rayas verdes en los frutos inmaduros.

**Cuadro 4.1** Caracteres evaluados en los frutos antes de la madurez de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto., Méx.

Línea	Hombro verde	Tamaño del hombro verde	Intensidad del hombro verde	Intensidad del color verde excepto el hombro	Rayas verdes
	VG QL (b)	VG QN (b)	VG QN (b)	VG QN (b)	VG QL (b)
<b>JCM05</b>	Ausente	No aplica	No aplica	Clara	Ausente
<b>JCM15</b>	Ausente	No aplica	No aplica	Media	Ausente
<b>JCM16</b>	Ausente	No aplica	No aplica	Media	Ausente
<b>JCM17</b>	Ausente	No aplica	No aplica	Media	Ausente
<b>JCM18</b>	Ausente	No aplica	No aplica	Media	Ausente
<b>JCM11</b>	Presente	Muy pequeño	Media	Muy clara	Presente
<b>JCM11-1</b>	Presente	Muy pequeño	Media	Clara	Presente
<b>JCM02</b>	Presente	Muy pequeño	Media	Clara	Ausente
<b>JCM07</b>	Presente	Muy pequeño	Media	Clara	Ausente
<b>JCM10</b>	Presente	Muy pequeño	Media	Clara	Ausente
<b>JCM09</b>	Presente	Pequeño	Clara	Muy clara	Ausente
<b>JCM09-1</b>	Presente	Pequeño	Clara	Muy clara	Ausente
<b>JCM06</b>	Presente	Pequeño	Media	Muy clara	Presente
<b>JCM08</b>	Presente	Pequeño	Media	Muy clara	Ausente
<b>JCM12</b>	Presente	Pequeño	Media	Muy clara	Presente
<b>JCM13</b>	Presente	Pequeño	Media	Muy clara	Presente
<b>JCM03</b>	Presente	Pequeño	Oscura	Clara	Ausente
<b>JCM04</b>	Presente	Pequeño	Oscura	Clara	Ausente

Dos líneas (9.10%) presentaron un tamaño de fruto pequeño, relación longitud/diámetro medio y forma longitudinal circular. Tres líneas (13.63%) se caracterizaron por presentar tamaño de fruto muy pequeño, pero su relación longitud-diámetro y forma longitudinal circular fue variada. 11 líneas (50%) mostraron un tamaño medio, de ellas la línea JCM09-1 tuvo forma longitudinal circular, las líneas JCM02, JCM04 y JCM05 forma achatada, con relación longitud/diámetro moderadamente comprimida, y el resto presentaron forma longitudinal cordada, con relación moderadamente alargada.

Cuatro líneas (18.18%) se identificaron por un tamaño de fruto grande, donde su relación longitud-diámetro paso de modernamente comprimida a muy comprimida con forma longitudinal del fruto achatada-aplanada. Por ultimo las líneas JCM01 Y JCM10 (9.10%) se caracterizaron por mostrar un tamaño de fruto muy grande, relación longitud-diámetro muy comprimida y forma aplanada (Cuadro 4.2).

Para el tamaño del fruto se ha señalado que la transición evolutiva del jitomate silvestre a domesticado se basa en mutaciones asociadas con el aumento del tamaño de fruto y a que fueron seleccionadas y acumuladas por los agricultores (Bai y Lindhout, 2007).

**Cuadro 4.2** Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

Línea	Tamaño	Relación longitud/ diámetro	Forma en sección longitudinal
	VG QN (c)	VG/MS QN (c)	VG PQ (c)
<b>JCM06</b>	Muy pequeño	Media	Circular
<b>JCM13</b>	Muy pequeño	Media	Circular
<b>JCM11-1</b>	Pequeño	Moderadamente comprimida	Circular
<b>JCM11</b>	Pequeño	Muy comprimida	Achatada
<b>JCM09</b>	Pequeño	Moderadamente alargada	Cilíndrica
<b>JCM02</b>	Medio	Muy comprimida	Achatada
<b>JCM04</b>	Medio	Moderadamente comprimida	Achatada
<b>JCM05</b>	Medio	Moderadamente comprimida	Achatada
<b>JCM09-1</b>	Medio	Moderadamente comprimida	Circular
<b>JCM15</b>	Medio	Moderadamente alargada	Cordada
<b>JCM16</b>	Medio	Moderadamente alargada	Cordada
<b>JCM17</b>	Medio	Moderadamente alargada	Cordada
<b>JCM18</b>	Medio	Moderadamente alargada	Cordada
<b>JCM03</b>	Grande	Moderadamente comprimida	Achatada
<b>JCM07</b>	Grande	Moderadamente comprimida	Achatada
<b>JCM08</b>	Grande	Moderadamente comprimida	Achatada
<b>JCM12</b>	Grande	Muy comprimida	Aplanada
<b>JCM10</b>	Muy grande	Muy comprimida	Aplanada

Para caracteres del fruto con relación a su zona peduncular los resultados obtenidos de las líneas evaluadas se ordenaron de acuerdo al primer carácter (Cuadro 4.3).

Las dos primeras y únicas líneas (9.10%) se caracterizaron por que en la zona peduncular no presentaron acostillado, ni depresión y su tamaño de cicatriz peduncular fue muy pequeña. Las líneas JCM09 y JCM11-1 (9.10%) mostraron un acostillado y una depresión débil y su tamaño de cicatriz vareo de pequeña a media.

Siete líneas (31.81%) se identificaron por mostrar un acostillado medio, una depresión débil a media y un tamaño de cicatriz media. Cinco líneas (22.72%) mostraron acostillado fuerte, depresión media y un tamaño de cicatriz de media a grande. Finalmente, las líneas restantes (27.27%) presentaron acostillado muy fuerte, depresión fuerte y tamaño de la cicatriz peduncular de grande a muy grande (Cuadro 4.3).

Para los caracteres de tamaño de cicatriz pistilar del fruto, se registró que el tamaño de cicatriz pistilar del fruto fue muy pequeña en el 36.36% de las líneas, su forma del extremo distal se distinguió por ser plana en unas de las líneas y en otras de plana a puntiaguda, asimismo el diámetro del corazón en corte transversal fue de muy pequeño a pequeño. El 22.72% de las líneas obtuvieron tamaño de cicatriz pistilar pequeña, la forma del extremo distal hundida a plana excepto en la línea JCM11-1 en la que fue plana, y el diámetro del corazón fue medio. El 18.18% de las líneas se caracterizaron por presentar un tamaño de cicatriz media, forma del extremo plana salvo la JCM03 que presento una forma hundida a plana, y diámetro del corazón grande.

De igual forma se identificaron líneas 18.18% con un tamaño de cicatriz pistilar grande, con forma de hundida a plana con diámetro de grande a muy grande. Finalmente, del 4.44% restante solo la línea JCM10 mostro un tamaño de cicatriz muy grande, forma del extremo distal de hundida a plana y diámetro del corazón en corte transversal muy grande (Cuadro 4.4).

En otros estudios en jitomate en México se menciona que las diferencias entre cicatriz del pistilo en el fruto, forma en corte transversal, tipo de inflorescencia y

densidad del follaje son características útiles para distinguir poblaciones con diferentes formas de frutos (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010).

**Cuadro 4.3** Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

Línea	Acostillado en la zona peduncular	Depresión en la zona peduncular	Tamaño de la cicatriz peduncular
	VG QN (c)	VG QN (c)	VG/MS QN (c)
JCM06	Ausente	Ausente	Muy pequeña
JCM13	Ausente	Ausente	Muy Pequeña
JCM09	Débil	Débil	Pequeña
JCM11-1	Débil	Débil	Media
JCM15	Medio	Débil	Media
JCM16	Medio	Débil	Media
JCM17	Medio	Débil	Media
JCM18	Medio	Débil	Media
JCM09-1	Medio	Media	Media
JCM04	Fuerte	Media	Media
JCM05	Fuerte	Media	Media
JCM08	Fuerte	Media	Grande
JCM11	Fuerte	Media	Grande
JCM02	Muy fuerte	Débil	Media
JCM03	Muy fuerte	Fuerte	Grande
JCM07	Muy fuerte	Fuerte	Grande
JCM12	Muy fuerte	Fuerte	Grande
JCM10	Muy fuerte	Fuerte	Muy grande

**Cuadro 4.4** Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

Línea	Tamaño de la cicatriz pistilar	Forma del extremo distal	Diámetro del corazón en corte transversal
	VG/MS QN (c)	VG QN (c)	VG/MS QN (c)
<b>JCM06</b>	Muy pequeña	Plana	Muy pequeño
<b>JCM13</b>	Muy pequeña	Plana	Muy pequeño
<b>JCM15</b>	Muy pequeña	Plana a puntiaguda	Pequeño
<b>JCM16</b>	Muy pequeña	Plana a puntiaguda	Pequeño
<b>JCM17</b>	Muy pequeña	Plana a puntiaguda	Pequeño
<b>JCM18</b>	Muy pequeña	Plana a puntiaguda	Pequeño
<b>JCM04</b>	Pequeña	Hundida a plana	Medio
<b>JCM09</b>	Pequeña	Hundida a plana	Medio
<b>JCM09-1</b>	Pequeña	Hundida a plana	Medio
<b>JCM11-1</b>	Pequeña	Plana	Medio
<b>JCM02</b>	Media	Plana	Grande
<b>JCM05</b>	Media	Plana	Grande
<b>JCM08</b>	Media	Plana	Grande
<b>JCM03</b>	Media	Hundida a plana	Grande
<b>JCM11</b>	Grande	Plana	Grande
<b>JCM07</b>	Grande	Hundida a plana	Grande
<b>JCM12</b>	Grande	Hundida a plana	Muy grande
<b>JCM10</b>	Muy grande	Hundida a plana	Muy grande

En otros caracteres las líneas JCM06 y JCM13 (9.09%) fueron significativamente iguales al presentar espesor del pericarpio muy delgado, dos lóculos, color del fruto y color de la pulpa anaranjado. El 22.72% lo representan las líneas con espesor del pericarpio medio, de 2 a +6 lóculos, color del fruto rojo y color de la pulpa de anaranjado a rojo. El 63.63% lo integran las líneas con un espesor del pericarpio grueso, de 2-3 a +6 lóculos, color dominante del fruto (rojo), excepto la línea JCM12 que tuvo color de pulpa verde. Así, la caracterización de la línea JCM10 (4.54%) indico espesor muy grueso, +6 lóculos, color de fruto rojo y color de la pulpa anaranjado (Cuadro 4.5).

Los resultados de número de lóculos de esta investigación son similares a los reportados por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), quienes en frutos de poblaciones semi-domesticadas y nativas de jitomate encontraron que el número de lóculos varió de 2.0 a 4.4 lóculos. Asimismo, concuerdan a los reportados por Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), quienes al evaluar colectas de poblaciones nativas de jitomate reportaron frutos con dos a seis lóculos.

Los caracteres de firmeza y vida de anaquel determinados en los frutos de las líneas evaluadas indicaron que el 40.90% de las líneas se caracterizaron por una firmeza blanda, con vida de anaquel de muy corta a larga (Cuadro 4.7). El 4.45% lo represento la línea JCM08 la cual tuvo una firmeza media con una vida de anaquel larga. El restante 50% presentaron líneas con firmeza firme en las que la vida de anaquel vareo de media a muy larga. Por último, la JCM09-1 (4.45%) presento firmeza muy firme y una vida de anaquel muy larga.

Los resultados obtenidos en este estudio difieren de lo indicado por Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), quienes mencionan que los frutos de jitomates criollos tienen menor firmeza y vida de anaquel que los de híbridos comerciales, y solo se comercializan en mercados locales.

**Cuadro 4.5** Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

Línea	Espesor del pericarpio	Núm. De lóculos	Color	Color de la pulpa	Brillo de la epidermis	Color de la epidermis
	VG QN (c)	VG/MS QN (c)	VG PQ (c)	VG PQ (c)	VG QN (c)	VG QL (c)
<b>JCM06</b>	Muy delgado	2	Anaranjado	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM13</b>	Muy delgado	2	Anaranjado	Anaranjado	Fuerte	Incoloro
<b>JCM09</b>	Medio	2	Rojo	Anaranjado	Fuerte	Incoloro
<b>JCM09-1</b>	Medio	4,5 y 6	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM11</b>	Medio	2 y 3	Rojo	Rojo	Medio	Incoloro
<b>JCM11-1</b>	Medio	2 y 3	Rojo	Rojo	Medio	Incoloro
<b>JCM05</b>	Medio	+6	Rojo	Rojo	Medio	Incoloro
<b>JCM02</b>	Grueso	+6	Rojo	Rojo	Medio	Incoloro
<b>JCM03</b>	Grueso	+6	Rojo	Rojo	Medio	Incoloro
<b>JCM04</b>	Grueso	+ 6	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM07</b>	Grueso	+6	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM08</b>	Grueso	+6	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM12</b>	Grueso	4,5 y 6	Rojo	Verde	Medio	Incoloro
<b>JCM15</b>	Grueso	2 y 3	Rojo	Anaranjado	Fuerte	Incoloro
<b>JCM16</b>	Grueso	2 y 3	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM17</b>	Grueso	2 y 3	Rojo	Anaranjado	Fuerte	Incoloro
<b>JCM18</b>	Grueso	2 y 3	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro
<b>JCM10</b>	Muy grueso	+6	Rojo	Anaranjado	Medio	Incoloro

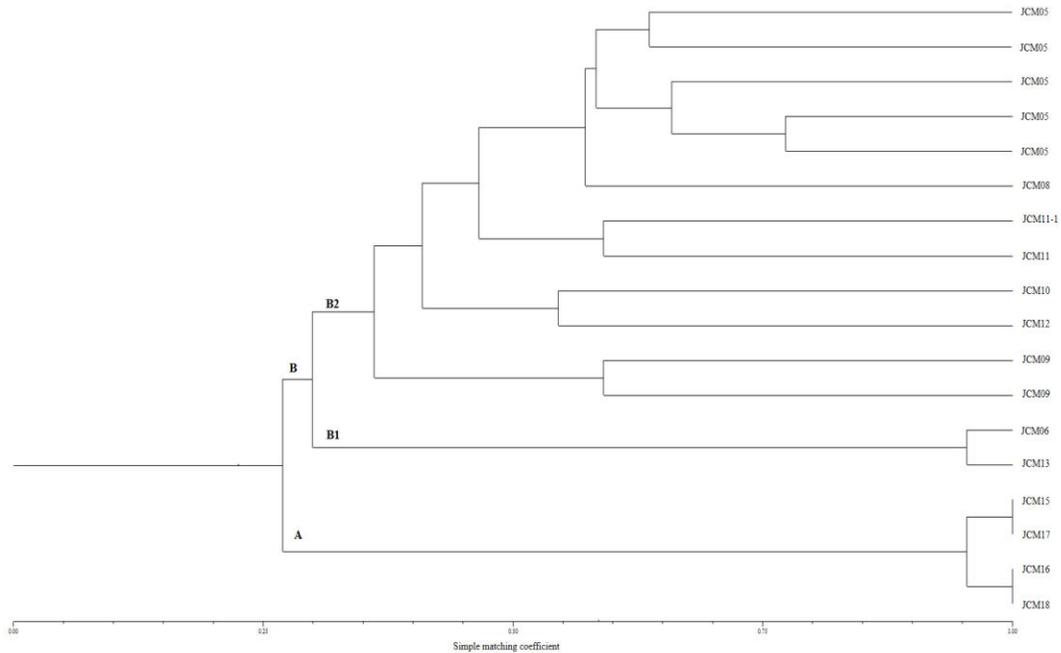
**Cuadro 4.6** Caracteres evaluados en los frutos maduros de 16 líneas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

Línea	Firmeza	Vida de anaquel
	VG QN (c)	VG QN
<b>JCM10</b>	Blando	Muy corta
<b>JCM12</b>	Blando	Media
<b>JCM15</b>	Blando	Larga
<b>JCM16</b>	Blando	Larga
<b>JCM17</b>	Blando	Larga
<b>JCM18</b>	Blando	Larga
<b>JCM08</b>	Medio	Larga
<b>JCM02</b>	Firme	Media
<b>JCM03</b>	Firme	Media
<b>JCM04</b>	Firme	Media
<b>JCM05</b>	Firme	Media
<b>JCM06</b>	Firme	Media
<b>JCM07</b>	Firme	Media
<b>JCM11</b>	Firme	Media
<b>JCM13</b>	Firme	Media
<b>JCM11-1</b>	Firme	Larga
<b>JCM09</b>	Firme	Muy larga
<b>JCM09-1</b>	Muy firme	Muy larga

### 4.3 Análisis de poblaciones

En las relaciones genéticas encontradas, se puede apreciar en el dendrograma (Figura 1), que a pesar de que el promedio general de similitud entre el total de las líneas fue bajo, se formaron dos grupos (A y B), el A formado por las líneas 15,16,17 y 18, y el B con los catorce genotipos que completan este estudio. Los cuatro genotipos del grupo A, mostraron un coeficiente de similitud de 0,93 con respecto al resto de las líneas. Con respecto al grupo B, se apreció la formación de dos subgrupos (B1 y B2), en el subgrupo B2 se agruparon los genotipos 6 y 13, que por su alto índice de similitud de 94% podrían considerarse como duplicados (Figura 4.1). De igual forma, en este subgrupo B2, se tuvieron doce materiales que fueron muy parecidos genéticamente a nivel morfológico y rendimientos estadísticamente iguales, por lo que, con base en estos criterios, podría considerarse su empleo indistintamente en los diferentes procesos de mejoramiento, y mezclarlos para ser usados como una variedad de polinización libre.

Al analizar el grupo B del dendrograma generado, se puede observar que existió una tendencia de separar los genotipos por su lugar de origen. En el grupo B1 se ubicó una línea con origen de Oaxaca y uno de Veracruz, mientras que en el grupo B2 todos los materiales procedentes de tabasco, Campeche, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Morelos, que indica que son de regiones agroecológicas similares. La formación de estos dos grandes grupos podría señalar la presencia de dos fuentes de diversidad en este germoplasma, este agrupamiento, que correspondió a un patrón geográfico, indicó alta diseminación o flujo genético entre estas zonas.



**Figura 4.1.** Dendrograma de las relaciones genéticas existentes entre 18 líneas avanzadas de jitomate, basado en el Simple matching coefficient. Celaya, Gto., México. 2022.

#### 4.4 Análisis de componentes principales

El análisis mostró la importancia de los caracteres asociados al fruto de las 16 líneas y dos variantes de fruto de línea JCM09 Y JCM11 avanzadas de jitomate. Los valores de la varianza obtenidos explican cada componente como un porcentaje del total de la varianza. El análisis de componentes principales en el PC-1 explica que el 35.55% del total de la variabilidad de los caracteres por cada línea, mientras que el segundo componente PC-2 lo explica en 33.8% (Cuadro 4.8)

En cada uno de los componentes principales, las variables que lo integran (caracteres) tienen un peso dentro de cada uno. De acuerdo a los resultados, los primeros cinco caracteres con el más alto eigenvector asociado con el componente principal 1 (PC-1) fueron Rayas verdes, Brillo de la epidermis, Intensidad del color verde del hombro, Tamaño del hombro verde, Hombro verde e Intensidad del color verde excepto del

hombro (Figura 4.2). la presencia de cada carácter fue variable en cada línea evaluada.

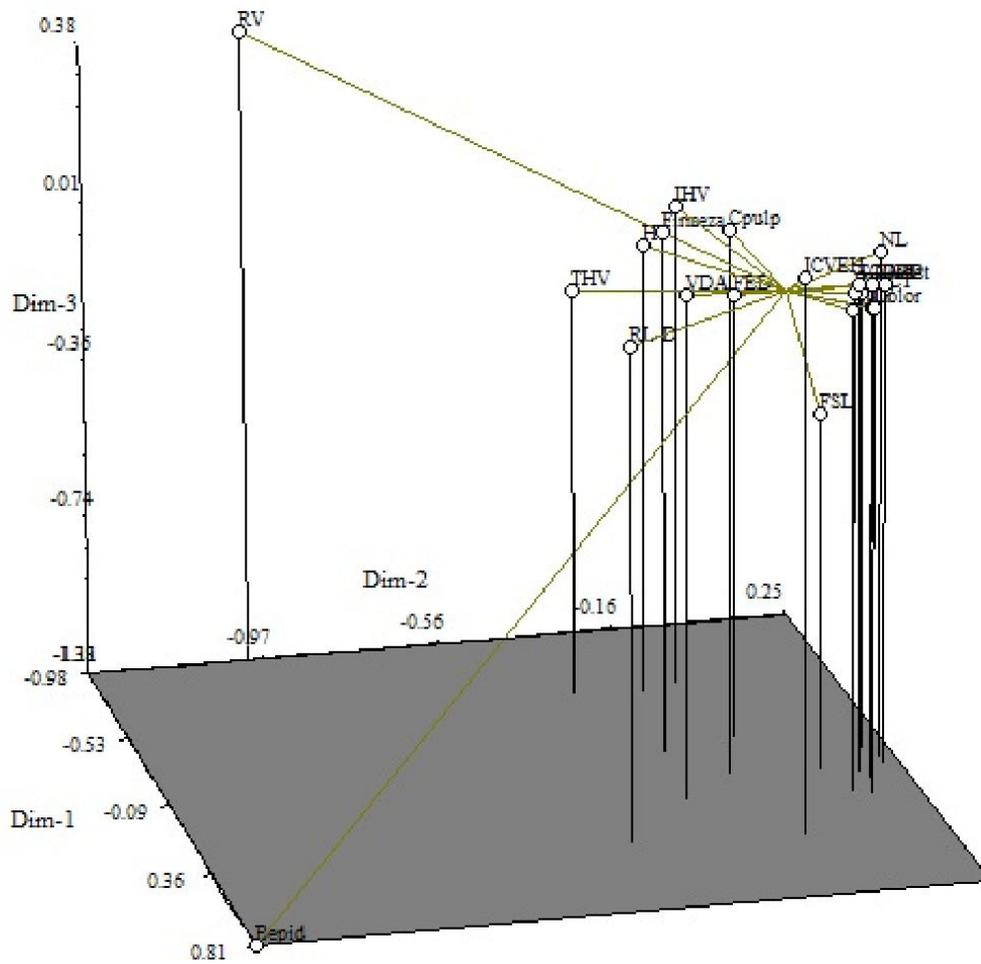
El carácter de Rayas verdes, Brillo de la epidermis, Intensidad del color verde del hombro, Tamaño del hombro verde, Hombro verde e Intensidad del color verde excepto del hombro fueron los caracteres seleccionados como representativos del PC-1 no solo por el valor del eigenvector, sino también por la importancia de cada carácter en la morfología del fruto de jitomate (IPGRI, 1996).

En el componente principal 2 (PC-2), las tres variables con la más alta magnitud fueron Brillo de la epidermis, Rayas verdes y Relación longitud/diámetro (Cuadro 4.8).

**Cuadro 4.7.** Eigenvalues para componentes principales 1, 2 y 3 para 18 líneas avanzadas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

	<b>PC-1</b>	<b>PC-2</b>	<b>PC-3</b>
<b>Eigenvalue</b>	0.0614	0.0584	0.0160
<b>Proportion of variance</b>	<b>35.55</b>	<b>33.84</b>	<b>9.20</b>
<b>Cumulative variance</b>	35.55	69.40	<b>78.68</b>
Hombro verde	-0.5601*	-0.1854	-0.0522
Tamaño del hombro verde	-0.5813*	-0.3445	-0.1549
Intensidad del color verde del hombro	-0.5936*	-0.1033	0.022
Intensidad del color verde excepto del hombro	0.4228	-0.0628	0.17
Rayas verdes	-0.9829*	-1.0118*	0.3839
Tamaño del fruto	0.1174	0.1647	-0.0179
Relación longitud/diámetro	0.3851	-0.4459*	0.0296
Forma en sección longitudinal	0.0386	0.0691	-0.2799
Acostillado en la zona peduncular	0.0350	0.2171	0.0071
Depresión en la zona peduncular	-0.0275	0.1639	-0.0264
Tamaño de la cicatriz peduncular	0.0678	0.1524	0.0242
Tamaño de la cicatriz peduncular	-0.2083	0.2531	-0.0711
Forma del extremo distal	-0.2187	-0.0630	-0.0749
Diámetro del corazón en corte transversal en relación con el diámetro total	-0.0739	0.1929	-0.0425
Espesor del pericarpio	0.1878	0.1059	0.0047
Numero de lóculos	-0.0136	0.2208	0.067
Color (madurez)	0.2090	0.1466	0.0135
Color de la pulpa (madurez)	0.0176	-0.1309	0.1541
Brillo de la epidermis	0.8098*	-1.3831*	-1.1133
Firmeza	-0.1600	-0.2386	0.1073
Vida de anaquel	0.1499	-0.2622	0.0589

\*Mayor correlación con el componente principal.



**Figura 4.2.** Diagrama de dispersión de componentes principales PC-1, PC-2 y PC-3 de los caracteres morfológicos de líneas avanzadas de jitomate. Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya, Gto, Méx.

# **CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1 Conclusiones**

El análisis de componentes principales sugiere que el carácter de Rayas verdes, Brillo de la epidermis, Intensidad del color verde del hombro, Tamaño del hombro verde, Hombro verde e Intensidad del color verde excepto del hombro son los caracteres de mayor influencia por lo que, en los trabajos de mejora genética se debe considerar estos caracteres para el desarrollo de nuevos materiales.

Las líneas caracterizadas morfológicamente mediante el fruto en esta investigación procedentes de diversas regiones del sureste de México mostraron variabilidad en varios caracteres de fruto. Esto indica que la variabilidad genética existente en el sureste puede ser aprovechada para obtener materiales mejorados típicos de jitomates de tipo Cherry, riñón, saladette y chino.

## **5.2. Recomendaciones**

La mejora genética del jitomate involucra diversos aspectos basados en el conocimiento del germoplasma, por lo que, para establecer programas de mejora genética de esta especie es necesario contar con una amplia base de germoplasma identificado morfológicamente en planta y fruto, así como genéticamente a través de análisis moleculares. Razón por la que trabajos de este tipo son la base para el desarrollo de nuevos materiales.

## BIBLIOGRAFÍAS

Alcubierre Pueyo, L. (2016). caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades tradicionales de tomate (trabajo de fin de master en mejora genética vegetal). Universidad Politécnica De Valencia.

Álvarez Gil, M. (2011). Revisión bibliográfica La selección asistida por marcadores (MAS, «Marker-Assisted Selection») en el mejoramiento genético del tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Cultivos Tropicales, 32 (3), 46-58 pp.

Bonilla Barrientos, O., Lobato Ortiz, R., García Zavala, J. J., Cruz Izquierdo, S., Reyes López, D., Hernández Leal, E. & Hernández Bautista, A. (2014). Diversidad Agronómica Y Morfológica De Tomates Arriñonados Y Tipo Pimiento De Uso Local En Puebla Y Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 37 (2), 129-139 pp.

Canul Ku, J., González Pérez, E., Barrios Gómez, E. J., Hernández Meneses, E. & Rangel Estrada, S. E. (2022). Variación morfológica cualitativa de germoplasma nativo de jitomate del sur de México. Revista Brasileña de Investigación Animal y Ambiental, 5 (2), 1590-1602. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-012>

Canul Ku, J., González Pérez, E., Barrios Gómez, E. J., Pons Hernández, J. L. & Rangel Estrada, S. E. (2022). Caracterización Morfológica Y Agronómica De Germoplasma De Tomate Nativo Del Sur De México. Revista Fitotecnia Mexicana, 45 (1), 23-31 pp.

Carillo Rodríguez, J. C., & Chávez Servia, J. L. (2010). Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. Revista fitotecnia mexicana, (33) 1-6 pp.

Crisanto-Juárez, A. U., Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., & Carrillo-Rodríguez, J. C. (2010). Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon*

esculentum var. cerasiforme Dunal) de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 33(4), 7-13.

FAO, 2013. El Cultivo De Tomate Con Buenas Prácticas Agrícolas En La Agricultura Urbana Y Periurbana. Paraguay.1-72 pp.

Fierro Coronado, J. A. (2008). Detección y Caracterización Molecular de Fitoplasmas en Híbridos Comerciales de Tomate y Hospedantes Alternos en Sinaloa (Para obtener el grado en maestría en recursos naturales y medio ambiente). Instituto Politécnico Nacional.

Flores Hernández, L. A., Lobato Ortiz, R., García Zavala, J. J., Molina Galán, J. D., Sargerman Jarquín, D. Ma. & Velasco Alvarado, M. de J. (2017). Parientes Silvestres Del Tomate Como Fuente De Germoplasma Para El Mejoramiento Genético De La Especie. Revista Fitotecnia Mexicana, 40 (1).

Flores Hernández, L. A., Lobato Ortiz, R., García Zavala, J. J., Molina Galán, J. D., Sargerman Jarquín, D. M., & Velasco Alvarado, M. d. (2017). Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. Revista Fitotecnia Mexicana, 40 (1).

Flores-Hernández, L. A., Lobato-Ortiz, R., Sangerman-Jarquín, D. M., García-Zavala, J. J., Molina-Galán, J. D., Velasco-Alvarado, M. J., & Marín-Montes, I. M. (2018). Diversidad genética dentro de especies silvestres de Solanum. Revista Chapingo Serie Horticultura, 24(2), 85-96 pp.

Fortalecerá Oaxaca mercado interno y nacional para hacer frente a arancel impuesto por EU a exportación de jitomate. (2022). Oaxaca.gob.mx. <https://www.oaxaca.gob.mx/comunicacion/fortalecera-oaxaca-mercado-interno-y-nacional-para-hacer-frente-a-arancel-impuesto-por-eu-a-exportacion-de-jitomate/#:~:text=La%20direcci%C3%B3n%20de%20Agricultura%20de,del%20ciclo%2C%20una%20producci%C3%B3n%20%E2%80%93oto%C3%B1o>

Garrido-Ramírez, E. R., Hernández-Gómez, E., Camas-Gómez, R., Quiroga-Madrigal, R., Noriega-Cantú, D. H y Farrera-Ruiz, D. (2010). Manejo integrado de las principales plagas y enfermedades del jitomate en Chiapas. Folleto Para Productores N° 9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 46 pp.

Garza U. E. 2002. Manejo integrado de las plagas del jitomate en la Planicie Huasteca. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Ébano. Folleto Técnico Núm. 9. San Luis Potosí, México. 31 pp.

Garzón Rendón, J. P. (2011). Caracterización y Evaluación Morfoagronómica de la Colección de Tomate Tipo Cherry de La Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (Trabajo de tesis para optar al título de Magíster en Ciencias Agrarias línea de investigación Fitomejoramiento). Universidad Nacional De Colombia Sede Palmira Facultad De Ciencias Agropecuarias Escuela De Posgrados.

González Pérez, E., Ramírez Meraz, M., Canul Ku, J., Flores López, R., & Macías Valdez, L. M. (2021). Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 25 1-13pp.

González Pérez, E., Ramírez Meraz, M., Canul Ku, J., Flores López, R. & Macías Valdez, L. M. (2021, 15 julio). Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 25 pp.

Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Ébano. 2001. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Ébano. Guía Técnica. San Luis Potosí, México. 139 pp.

INTAGRI. 2018. El Cultivo de Tomate. Serie Hortalizas. Núm. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 9 pp.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”.

Jasso Chaverría, C., Martínez Gamiño, M. Á., Chávez Vázquez, J. R., Ramírez Télles, J. A. & Garza Urbina, E. (2012). Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. Folleto técnico.

Jasso Chaverría, C., Martínez Gamiño, M. Á., Alpuche Solís, A. G., Garza Urbina, E. (2011). Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. Folleto técnico.

Juárez López, P., Castro Brindis, R., Colinas León, T., Sandoval Villa, M., Ramírez Vallejo, P., Reed, D. Wm. & Cisneros Zevallos, L. (2012). Evaluación De Características De Interés Agronómico De Siete Genotipos Nativos De Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivados En Hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura, 18 (2), 207-216 pp.

Juárez-López, Porfirio; Castro-Brindis, Rogelio; Colinas-León, Teresa; Sandoval-Villa, Manuel; Ramírez-Vallejo, Porfirio; Wm. Reed, David; Cisneros-Zevallos, Luis; King, Stephen. (2018). Evaluación De Características De Interés Agronómico De Siete Genotipos Nativos De Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivados En Hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura, 18 (2), 207-216 pp.

López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). San José, Costa Rica: INTA. 130 pp.

López, E., Gabriel, J., Angulo, A., Magne, J., La Torre, J., & Crespo, M. (2015). Herencia Y Relación Genética Asociados Al Rendimiento, Madurez En Híbridos De

Tomate [*Solanum lycopersicum* L. (MILL.)]. *Agronomía Costarricense*, (39(1) :), 107–119 pp.

Magallanes López, A. M., Martínez Damián, M. T., Sahagún Castellanos, J., Pérez Flores, L. J., Marín Montes, I. M. & Rodríguez Pérez, J. E. (2020). Calidad Poscosecha De 40 Poblaciones De Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Nativas De México. *Agrociencia*, 54: (6).

Manual del cultivo de tomate al aire libre. (2017). Santiago, Chile: INIA.

Marín Montes, I. M. (2016). Diversidad de jitomates nativos de Oaxaca, Puebla y Veracruz (Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias). Colegio de postgraduados Institución de Enseñanza E Investigación En Ciencias Agrícolas Campo Montecillo.

Marín Montes, I. M., Lobato Ortiz, R., Carrillo Castañeda, G., Rodríguez Pérez, J. E., García Zavala, J. J., Hernández Rodríguez, M., & Velasco García, A. M. (2021). Parámetros Genéticos De Las Generaciones F1 Y F2 Del Cruzamiento *Solanum lycopersicum* L. × *S. habrochaites* LA1223. *Revista Fitotecnia Mexicana*, (Vol. 44 (4), 503–510 pp.

Marín Montes, I. M., Rodríguez Pérez, J. E., Sahagún Castellanos, J., Hernández-Ibáñez, L., & Velasco-García, A. M. (2016). Variación morfológica y molecular en 55 colecciones de tomates nativos de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 117-131 pp.

Marín-Montes, I. M., Lobato-Ortiz, R., Carrillo-Castañeda, G., Rodríguez-Pérez, J. E., García-Zavala, J. J., Hernández-Rodríguez, M., & Velasco-García, A. M. (2020). Parámetros genéticos de un cruce interespecífico entre *S. lycopersicum* L. y *S. habrochaites* Knapp & Spooner. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 26(2), 111-123 pp.

Martínez Vázquez, E. d., Lobato Ortiz, R., García Zavala, J. J., & Reyes López, D. (2016). Heterosis de cruces entre líneas de tomate (*solanum lycopersicum* L.) nativo

mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista Fitotecnia Mexicana* (39) (1), 66-67 pp.

Mastretta Yanes, A., R. Bellon, M., Acevedo, F., Burgeff, C., Piñero, D. & Sarukhán, J. (2019). Un Programa Para México De Conservación Y Uso De La Diversidad Genética De Las Plantas Domesticadas Y Sus Parientes Silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42 (4), 321-334 pp.

Monge Pérez, J. E., & Loría Coto, M. (2019). Producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) en invernadero: comparación agronómica entre tipos de tomate. *Revista Posgrado Y Sociedad*, (2215-2172), 1–20 pp.

Morales Palacio, M. N., Morales Astudillo, Ángel R., Artiles Valor, A., Milián García, Y., & Espinosa López, G. (2016). Caracterización Fenotípica Y Genética De Cuatro Especies Silvestres Del Género *Solanum*, Sección *Lycopersicon*. *Cultivos Tropicales*, (vol. 37, no. 3,), 109–119 pp.

Nord, R. (2017). Caracterización De Genotipos Mexicanos De Jitomate (*Solanum lycopersicum* L): Su Potencial Como Portainjertos De Variedades Comerciales En El Occidente De México (Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán.

Pacheco Triste, I.A., Chávez Servia, J.L., Carrillo Rodríguez, J.C. (2014). Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 1. 28-39 pp.

Peralta, E. I. y Spooner, M. D. (2005). New Especies de tomates silvestres (*Solanum lycopersicum*: Solanaceae) del norte del sistema Perú. *Bot.* 343 pp.

Pérez Díaz, F., Arévalo Galarza, M. de L., Pérez Flores, L. J., Lobato Ortiz, R., & Ramírez Guzmán, M. E. (2020). Crecimiento Y Características Postcosecha De

Frutos De Genotipos Nativos De Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana, (Vol. 43 (1), 89 -99 pp.

Pérez Díaz, F., Arévalo Galarza, Ma. de L., Pérez Flores, L. J., Lobato-Ortiz, R. & Ramírez, Guzmán, M. E. (2020). Crecimiento Y Características Postcosecha De Frutos De Genotipos Nativos De Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 43 (1): 89-99 pp.

Pérez Rodríguez, G. (2017). Comportamiento fenológico y agronómico de la variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Sahel bajo condiciones en campo abierto y casa sombra (Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Rohlf FJ. (2005) NTSY Spc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System version 2.2. Exeter Software. New York City, New York, USA.

Saavedra, G., Jana, C. y Kehr, E. (2019). Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N.º 411. 272 p.

Salgado Meraz, L., Lobato Ortiz, R., Pérez Flores, L. J., Cruz Izquierdo, S., Peña Valdivia, C. & García Zavala, J. J. (2018). Diversidad Agronómica De Poblaciones De Jitomate Tipo “Cherry” *S. lycopersicum* L. Y *S. pimpinellifolium* L. Con Potencial En El Mejoramiento Genético. Revista Fitotecnia Mexicana, 41 (4A), 499-507 pp.

Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP), (2020). Panorama Agroalimentario 2020. México.

Unión Internacional Para La Protección De Las Obtenciones Vegetales (UPOV), (2011). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Código UPOV: SOLAN\_LYC *Solanum lycopersicum* L. Ginebra. TG/44/11 Rev. 3.

## ANEXOS



**Figura 1.** Línea 22 pubescencia del tallo



**Figura 2.** Línea 28 longitud entrenudos



**Figura 3.** Línea 4 color exterior del fruto no maduro



**Figura 4.** JCM 2 forma predominante del fruto



**Figura 5.** JCM 9 tamaño del fruto



**Figura 6.** JCM 6 color exterior del fruto maduro



**Figura 7.** JCM 4 intensidad del color exterior



**Figura 8.** Línea 4 forma del hombro del fruto



**Figura 9.** Presencia/ausencia del pedicelo



**Figura 10.** JCM 2 tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz del pedicelo



**Figura 11.** JCM 6 facilidad para pelar el fruto (piel)



**Figura 12.** JCM 5 color de la piel del fruto maduro



**Figura 13.** JCM 2 forma del corte transversal



**Figura 14.** JCM 6 cicatriz del pedicelo



**Figura 15.** Línea 4 color intensidad del corazón



**Figura 16.** Línea 2 número de lóculos



**Figura 17.** Línea 2 forma de la cicatriz del pedicelo