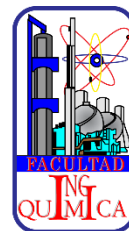




**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**CRITERIOS DE CALIDAD EN FRUTOS DE CHILE**  
**MIAHUATECO (*Capsicum annuum* L.), ACORDE A**  
**CARACTERES DE INTERÉS AGRONÓMICO**

**TESINA**

Que para obtener el Título de:

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**KARLA DANIELA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

DIRECTOR DE TESINA:

**M.I.Q. MONTSERRAT GONZÁLEZ LIMON**

H. Puebla de Z. a, 16 de Agosto de 2024

## **DEDICATORIA**

### **A mis Padres: Ana Rodríguez Guzmán y Nereo Martínez Andrade**

Con todo mi amor, para los seres más hermosos de luz, a quienes agradezco la gran bendición de existir y formar parte de esta vida increíble y maravillosa. El éxito de mis estudios, es la clara respuesta a todo el esfuerzo inalcanzable que han dedicado para brindarme una educación sólida.

### **A mi Prometido: Mario Alejandro Teomitzi Gil**

Mi Ángel, quien en todo momento me impulsa a creer siempre en mí misma. Tu presencia en mi existencia, es el regalo más divino y celestial que Dios me ha otorgado, este éxito es nuestro, en equipo como siempre. Te amo infinitamente mi bello amor eterno.

### **A mis Hermanos: Ana Paola Martínez Rodríguez y Eduardo Martínez Rodríguez**

Deseo ser un ejemplo motivador como su hermana mayor que soy, para que alcancen sus grandes objetivos y logren todo lo que desean, los amo con todo mí ser.

### **A mis abuelos: Marcelina María Elena Guzmán Maceda y Elpidio Rodríguez Martínez (†)**

### **A mi tía: Erika Yazmín Rodríguez Guzmán**

### **A mi prima: Helen Alessandra Guzmán Rodríguez**

A pesar de los desafíos en el camino hasta ahora, sus contribuciones, amor incondicional, amabilidad y apoyo han aligerado considerablemente la carga de esta misión. Les agradezco, y hago presente mi enorme aprecio hacia ustedes, mi hermosa familia. Hasta el cielo te dedico este triunfo abuelito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre Dios, su amor y gracia han sido mi luz en cada paso del camino. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.

A mi amada Alma Máter, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en especial a la Facultad de Ingeniería Química, que, a través del Colegio de Alimentos, me brindaron la oportunidad de realizar mi investigación.

M.I.Q Montserrat González Limon por su orientación precisa, respaldo y paciencia durante el proceso de esta investigación. Y más importante, por su amistad durante todos estos años.

M.E.S Madai Gizeh Sánchez Arzubide, por su esmerada dirección durante el desarrollo de esta investigación y amistad sincera.

Mtra. Janet Heredia Nieves, por aceptar participar en este proyecto de investigación y ayudarme a completar con éxito esta etapa tan importante en mi vida académica.

Por su valioso apoyo durante la fase experimental, Mi Agradecimiento al: Dr. Nereo Martínez Andrade, al “Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N° 184” de Acatlán de Osorio, Puebla, a mis extraordinarios Padres, Hermanos, y a mi amado Prometido.

## RESUMEN GENERAL

### CRITERIOS DE CALIDAD EN FRUTOS DE CHILE MIAHUATECO (*Capsicum annuum* L.), ACORDE A CARACTERES DE INTERÉS AGRONÓMICO

El chile (*Capsicum annuum* L.), es una de las hortalizas más consumidas en México dado a su aroma, color, picor, y sabor característico; y que junto con el maíz y frijol forman parte de la canasta básica de los mexicanos, es tal la importancia de esta hortaliza que el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) dependiente de la SADER, reporta un Consumo Per cápita en México de 16 kg. En México, el chile es el octavo cultivo con mayor valor generado en la agricultura mexicana, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, de las cuales se exportan cerca de 900 mil en fresco, en seco y en preparaciones. Además de ser una fuente rica en Ácido Ascórbico, Carotenoides, Tocoferoles, Flavonoides y Capsaicinoides. Es importante destacar que el fruto de chile es rico en los ya antes mencionados “Carotenoides” (pigmentos naturales que brindan protección contra el daño oxidativo, UV y contaminación), por lo tanto, son de gran interés para la extracción de pigmento rojo, extraído como oleorresinas y utilizados como colorante natural en la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia. El chile tipo “Miahuateco”, su producción y recolección in situ de poblaciones domesticadas lo hace una especie única para un demandante mercado local y regional, dado principalmente por todas las características ya antes mencionadas; sin embargo, pese a su importancia económica, genética y cultural son prácticamente nulos los estudios asociados al análisis de su diversidad morfológica y genética. Por lo que, en esta investigación se realizó la caracterización morfológica de esta especie, con descriptores del IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos), utilizando 95 colectas de chile Miahuateco procedentes del Valle de Tehuacán, Puebla, para definir los criterios de calidad de fruto acorde a caracteres de interés agronómico.

**Palabras Clave:** chile, diversidad genética, caracterización morfológica.

## GENERAL ABSTRACT

### QUALITY CRITERIA IN “MIAHUATECO” CHILI PEPPER (*Capsicum anuum* L.), ACCORDING TO AGRONOMIC CHARACTERS OF INTEREST

The hot pepper (*Capsicum anuum* L.) is one of the most consumed vegetables in Mexico due to its scent, color and characteristic flavor; this chili pepper, along with corn and beans are considered the basis of Mexican food, the importance of this fruit is such that the fishing and Agri-food information service (SIAP, for its acronym in Spanish) of Mexico's Secretariat of Agriculture and Rural Development (SADER), reports a Per capita consumption of this fruit in Mexico of 15.7 kg. this means that it is the eighth vegetable with the highest economical value in Mexican agriculture, nowadays, this fruit is recognized as a rich source of ascorbic acid, tocopherols, flavonoids, Capsaicinoids and carotenoids (natural pigments that protect against oxidative damage, UV and pollution), which makes it of great interest in the obtention of red pigment (oleoresins) used as natural colorants in the cosmetic, pharmaceutical and food industry. Miahuteco chili pepper presents unique characteristics in shape, flavor and color, which make them an essential raw material for the elaboration of the traditional “mole poblano” (mole from Puebla State) as well as a great diversity of Mexican traditional dishes, in this research a morphological characterization of this specie was carried out with descriptors from the international Phylogenetic Resources Institute (IPGRI), using 95 samples of Miahuateco chili pepper from the Tehuacan Valley, Puebla State, Mexico, in order to define the quality criteria of the fruit according to agronomic characters of interest that allows generating actions for its use, exploitation and protection of this important germplasm vegetable.

**Key words:** chili, genetic diversity, morphological characterization.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN GENERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Justificación .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Objetivo General.....</b>	<b>14</b>
3.1 Objetivos Específicos .....	14
<b>4. Marco Teórico.....</b>	<b>15</b>
4.1. El Género <i>Capsicum</i> .....	15
4.2. Taxonomía del Chile .....	16
4.3. Bioquímica del género <i>Capsicum</i> .....	16
4.4. Fitoquímica del género <i>Capsicum</i> .....	17
4.5. Diversidad Genética del género <i>Capsicum</i> .....	19
4.6. La Diversidad Genética del Género <i>Capsicum</i> .....	19
4.7. La importancia de la Conservación de Recursos Fitogenéticos .....	20
4.8. La Caracterización de Germoplasma .....	20
4.9. La importancia de la Caracterización Morfológica.....	21
4.10. Mejoramiento Genético en el género <i>Capsicum</i> .....	22

<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>23</b>
<b>5. Materiales y Métodos</b> .....	<b>23</b>
5.1. Ubicación del Área Experimental .....	23
5.2. Colectas de chile tipo Miahuateco evaluadas.....	24
5.3. Caracterización Morfológica .....	25
5.4. Análisis Estadístico .....	29
<b>CAPITULO 3</b> .....	<b>30</b>
<b>6. Resultados y Discusión</b> .....	<b>30</b>
6.1. Caracterización Morfológica .....	30
6. 2. Criterios de Calidad en Frutos de Chile Miahuateco .....	45
6. 3. Necesidades de Investigación .....	46
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>47</b>
<b>8. Bibliografía</b> .....	<b>48</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del sitio en donde se desarrolló el proyecto (Google maps, 2024).....	23
<b>Figura 2.</b> Invernadero tipo “Baticenital” de nivel tecnológico medio, donde se desarrollo la investigación.....	24
<b>Figura 3.</b> Siembra de colectas en charolas de poliestireno de 200 cavidades. ....	26
<b>Figura 4.</b> Germinación del cultivo. ....	26
<b>Figura 5.</b> Jerarquía de caracteres morfológicos, derivado de distancias gower y algoritmo de mínima varianza de ward, en la evaluación de 95 colectas de chile tipo Miahuateco.....	39
<b>Figura 6.</b> Variables distintivas a partir de caracteres morfológicos en los grupos formados, en la evaluación de 95 colectas de chile tipo Miahuateco.....	40
<b>Figura 7.</b> Variable distintiva: Cavidad peduncular, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.). ....	41
<b>Figura 8.</b> Variable distintiva: Color del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.). ....	41
<b>Figura 9.</b> Variable distintiva: Forma de la sección longitudinal del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.)......	42
<b>Figura 10.</b> Variable distintiva: Forma del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.). ....	43
<b>Figura 11.</b> Variable distintiva: Forma de la sección transversal y número de lóculos, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.)......	44
<b>Figura 12.</b> Variable distintiva:Número de flores y/o frutos presentes por bifurcación, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.)......	44
<b>Figura 13.</b> Variable distintiva: Longitud del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.). ....	45



## INDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 1.</b> Colectas de Chile tipo Miahuateco evaluadas y su lugar de origen. ....	24
<b>Cuadro 2.</b> Descriptores cuantitativos y cualitativos utilizados durante la caracterización morfológica de Chile tipo Miahuateco. ....	26
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.....	30
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en o de Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024. ....	31
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.....	31
<b>Cuadro 6.</b> Pruebas de comparación de Tukey en las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.....	34
<b>Cuadro 7.</b> Pruebas de comparación de Tukey de las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.....	35
<b>Cuadro 8.</b> Pruebas de comparación de Tukey de las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.....	36
<b>Cuadro 9.</b> Resultados de las medidas de variación para la caracterización morfológica de colectas de chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.). ....	38
<b>Cuadro 10.</b> Criterios sobre la calidad del fruto de Chile tipo Miahuateco ( <i>Capsicum annuum</i> L.), acorde a caracteres de interés agronómico. ....	46

## Introducción

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) en México y el mundo, es reconocido por su característico y diversidad en aromas, sabores y picor; donde poblaciones endémicas son dinámicas y marcadamente heterogéneas, por lo que dicha variabilidad es producto de los procesos de dispersión, selección y adaptación a diversos ambientes agroecológicos, dando como resultado un gran número de morfotipos, mismos que constituyen un variado acervo genético (Ramírez-Meraz, 2018; Camacho et al., 2005; Cázares-Sánchez et al., 2005). México es reconocido como el principal centro de domesticación y variabilidad genética de *Capsicum annuum* L. (Pickersgill, 1991; Pickersgill, 2007). Debido al proceso de domesticación y selección permanente, los chiles han sufrido modificaciones en caracteres del fruto tales como: su tamaño, la forma, la masa, el color, apariencia y picor (pungencia) (Borovsky & Paran, 2011), lo cual ha generado una gran diversidad morfológica de las poblaciones nativas (Pacheco-Olvera et al., 2012). Los estudios disponibles sobre la diversidad morfológica de los diferentes tipos de chiles sobresalen los de Adetula & Olakojo (2006); Portis et al. (2007) y Kadri (2009), los cuales revelaron la presencia de diversidad morfológica en *C. frutescens* de Nigeria, *C. annuum* de Italia, *C. annuum* de Turquía y *C. baccatum* de Brasil, respectivamente. Donde las variables de fruto fueron las que presentaron mayor importancia para explicar en mayor porcentaje la variación total. Por lo que, la caracterización morfológica de los recursos fitogenéticos, es de gran utilidad, ya que permite definir y delimitar una serie de descriptores de gran importancia agronómica para la clasificación e identificación de grupos genéticos de interés, donde las estructuras más importantes para la descripción de caracteres morfológicos son aquellos que tienen menos influencia del ambiente, entre los que destacan los frutos, hojas y tallo (Hernández - Verdugo et al., 1999; Ulhoa et al., 2017).

# CAPITULO 1

## 1. Planteamiento del Problema

El rescate, caracterización y evaluación de la diversidad genética presente en poblaciones vegetales silvestres, es fundamental para mantener, mejorar e impulsar la agricultura moderna, debido a que constituyen una alternativa de gran relevancia, por lo que su conocimiento permite y favorece un adecuado uso, explotación y conservación de estos recursos fitogenéticos (Parry et al., 2021). De allí, que los recursos fitogenéticos con énfasis en el género *Capsicum* adquieren gran importancia debido al potencial genético que representan, ya que el chile es el octavo cultivo con mayor valor económico y por ende social en la agricultura mexicana, logrando ingresos anuales de alrededor de 20,058,035 millones de pesos, con un volumen promedio de producción de 3,324,260 toneladas, equivalentes a 8.3 % de la producción total mundial total, y de las que alrededor de 900 mil toneladas en fresco, deshidratado e industrializado son exportadas (SIAP, 2023).

Chihuahua sobresale en México como el principal estado productor (722,937 toneladas anuales); le sigue Sinaloa y Zacatecas (648,222 y 458,943 toneladas) respectivamente. A nivel internacional, México se ubica como el segundo productor de chiles, para lo cual dedica a este cultivo 159,981.51 hectáreas. Los morfotipos de chile más importantes por su ingreso económico son: jalapeño, poblano, serrano, habanero, y pimiento morrón (SIAP, 2023).

Respecto a los recursos fitogenéticos de importancia agrícola, es prioritario que antes de impulsar su uso en un programa de mejoramiento genético, se requiere conocer e identificar la variabilidad genética que se conserva *in situ*. Para lo cual, la comunidad científica precisa en la necesidad de caracterizar morfológicamente a las colectas, genotipos y/o accesiones de germoplasma, como lo es en este caso el chile tipo Miahuateco, subrayando la importancia de estas investigaciones que son consideradas la base y plataforma de futuros programas de mejoramiento genético.

Con estos antecedentes, por medio de esta investigación, se evaluó la diversidad genética de 95 colectas de chile tipo Miahuateco, con el objetivo identificar, conocer y proponer los criterios de calidad acorde a caracteres de interés agronómico, que identifican a un fruto auténtico de chile tipo Miahuateco, y que estos criterios sean la base de un programa de mejoramiento genético de esta especie.

## 2. Justificación

El chile (*Capsicum annuum* L.) es considerado uno de los cultivos más importantes a nivel nacional e incluso internacional. La creciente producción de sus diferentes variedades y/o tipos, alcanzó las 3, 324, 260 toneladas en 2020, con un valor económico aproximado de 20, 058, 035 millones de pesos. De acuerdo con el SIAP (2023) el consumo per cápita de esta especie en México es de 17.2 kg, con una superficie cultivable de 159, 981.51 hectáreas, donde los principales estados productores son Chihuahua, Sinaloa, Durango y Zacatecas.

El cultivo de chile representa alrededor del 20 % de la producción de hortalizas en México, por lo cual México se posiciona como el segundo productor de chile en el mundo y sus destinos de exportación por excelencia son: Estados Unidos, España y Canadá (SIAP, 2023).

En el sector agrícola, el chile ocupa el tercer sitio en importancia, precedido sólo por el jitomate y el aguacate (SIAP, 2023). La variabilidad de tipos de chiles de *C. annuum* L. se encuentra expresada principalmente en las características de fruto, donde sobresale: la forma, el color, el aroma, su sabor y el grado de pungencia (picor). Estas características distintivas son de importancia para los productores, fitomejoradores, y desde luego para la industria alimenticia, farmacéutica e industrial (Bosland & Votava, 2005; Ramírez-Meraz, 2018; Konishi et al., 2019; Parry et al., 2021).

Hoy la gastronomía mexicana utiliza más de un tipo de chile con el propósito de preparar diversos platillos típicos como lo es el mole poblano, el mole negro de Oaxaca, diversidad de adobos, preparaciones con rajas, una gran variedad de salsas, chiles en nogada y rellenos, por mencionar algunos (Aguilar et al., 2010; Haralayya Asha, 2017; Konishi et al., 2019).

Aunado a los usos culinarios del chile, es importante destacar que este fruto es una fuente rica de vitaminas, antioxidantes, colorantes (carotenoides), por lo que estudios recientes han demostrado que el chile dado sus componentes bioquímicos y fisicoquímicos, puede ayudar en el tratamiento de diversas enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, tipos de cáncer, así como la anemia (Bosland y Reeves, 2012; Xiao-min et al., 2016; Varghese et al., 2017).

Los tipos de chile conocidos como: “Mulato”, “Cristalino”, “Huacle”, “Miahuteco” y “Dulce” son variantes del chile tipo “Ancho”, dentro de estos tipos sobresale el chile tipo Miahuateco, el cual se distingue por presentar una longitud de hasta 13 cm, en fruto maduro un color de epidermis café oscuro (marrón), con ausencia de cavidad peduncular (cajete), es importante mencionar que este tipo de chile se cultiva exclusivamente en el Valle de Tehuacán, Puebla, por lo que es considerado un cultivo endémico de esa región (Aguilar et al., 2010).

Actualmente en el municipio de Acatlán de Osorio, Puebla, se está impulsando la producción de Chile tipo Miahuateco, como cultivo alternativo sustentable, aunado a la puesta en marcha de un programa de mejoramiento genético acorde a criterios de calidad en fruto.

### **3. Objetivo General**

Caracterizar morfológicamente con descriptores del IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos), 95 colectas de chile tipo Miahuateco originarias del Valle de Tehuacán, Puebla, para definir los criterios de calidad de fruto acorde a caracteres de interés agronómico.

#### **3.1 Objetivos Específicos**

- 3.1.1** Recolectar y sembrar, 95 colectas (semillas) de chile tipo Miahuateco provenientes del Valle de Tehuacán, Puebla.
- 3.1.2** Realizar la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco.
- 3.1.3** Categorizar, registrar, y analizar los descriptores cuantitativos y cualitativos morfológicos del chile tipo Miahuateco.
- 3.1.4** Definir los criterios de calidad en fruto acorde a caracteres de interés agronómico.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. El Género *Capsicum*

Los estudios sobre caracterización morfológica y filogenia de *Capsicum*, indican que en México se encuentra la mayor diversidad genética de este género, con más de 64 tipos, de los cuales *C. annuum* L. es el de mayor importancia social y económica, que lo posiciona incluso a nivel mundial, donde su demanda y consumo per cápita lo definen como un alimento funcional dadas sus propiedades bioquímicas y fisicoquímicas, ya sea por su consumo en fresco, seco o procesado, reportándose una creciente demanda en la industria de la cosmetología, medicina, la industria farmacéutica, así como oleorresinas, donde su diversidad en colores, aromas, sabores y nivel de pungencia son determinantes para definir las variedades comerciales que se ponen en el mercado (Pickersgill, 2007; Zhigila et al., 2014; Pereira-Dias et al., 2019).

Debido a los permanentes procesos de domesticación y selección natural o inducida, y dada su alta heterogeneidad de las poblaciones vegetales, a los chiles se les ha modificado características principalmente de fruto como es: el tamaño, la forma, el color, y picor (nivel de pungencia), estos procesos han generado una gran diversidad morfológica de las poblaciones nativas en los diferentes nichos ecológicos donde se desarrollan de forma natural, convirtiéndose estos lugares en un acervo genético de gran trascendencia que hace necesaria la caracterización y resguardo de dicho germoplasma.

Las investigaciones arqueológicas y filogenéticas realizadas sobre esta especie, determinan que el género *Capsicum* es originario de América del Sur (Pickersgill, 1997; Konishi et al., 2019), y que está conformada de alrededor de 32 especies, donde las cinco especies domesticadas de mayor importancia social y económica son *C. annuum* L. (Chile), *C. frutescens* L. (Chile Tabasco), *C. chinense* Jacq. (Chile Habanero), *C. pubescens* R & P. (Chile Manzano) y *C. baccatum* L. (Chile

Ají); de las cuales *C. annuum* L. es considerada la de mayor importancia económica en México y el mundo (Pickersgill, 2007; Zhigila et al., 2014; Pereira-Dias et al., 2019), cuyo centro de diversidad y domesticación es México, debido a que aquí se encuentra su mayor diversidad genética, motivo por cual se estima que en México existen más de 64 tipos de chiles, donde los más conocidos de acuerdo a su demanda son: Jalapeño, Ancho, Guajillo, Piquín, Serrano, Miahuateco y Habanero (Aguilar et al., 2010; Vera-Sánchez, 2016).

#### 4.2. Taxonomía del cultivo de Chile

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: *Capsicum*
- Especie: *annuum* L.

(Heiser & Pickersgill, 1975)



#### 4.3. Bioquímica del género *Capsicum*

Estudios sobre caracterización bioquímica de poblaciones de *C. annuum*, permitieron identificar una alta variabilidad respecto al contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en chiles silvestres de Yucatán, así como una fuerte correlación respecto al picor y usos en la gastronomía (Cázares-Sánchez et al., 2005).

Por su parte, Morán et al. (2004) encontraron amplia variación respecto al contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en poblaciones nativas de *C. annuum* de Puebla; mientras que en poblaciones de chile de Oaxaca, los tipo: 'Solterito', 'Nanchita', 'De Agua', 'Tusta', 'Costeño', 'Canario', 'Tabaquero', 'Güero y 'Piquín',



presentaron diferencias significativas principalmente en contenido de vitamina C, fenoles, flavonoides,  $\beta$ -caroteno, color y capsaicinoides (Vera-Guzmán et al., 2011).

También en los chiles tipo: 'Guajillo', 'Ancho', 'Pasilla', 'Puya', 'Tres Venas', 'Chipotle', 'Jalapeño', 'Mirasol', 'Morita', 'Serrano', 'De Árbol' y 'Piquín', Orellana-Escobedo et al. (2013) determinaron el contenido de capsaicinoides, encontrando variaciones que son principalmente atribuidas al ambiente y a la constitución genética de la población; por su parte, Pacheco-Olvera et al. (2012) encontraron una gran diversidad en contenido de capsaicina y dihidrocapasaicina en poblaciones de chile silvestres y nativas del noreste de México.

#### 4.4. Fitoquímica del género *Capsicum*

Recientemente se han desarrollado estudios en diferentes tipos de chiles silvestres, domesticados y variedades mejoradas para conocer su composición metabólica con énfasis en contenido de capsaicinoides (Schweiggert et al., 2006; Liu et al., 2013; Barbero et al., 2014; Ramírez-Meraz, 2018; Naves et al., 2019), dada la importancia de estos metabolitos para la industria farmacéutica, industrial y alimenticia (Bosland et al., 2012; Meckelmann et al., 2013; Naves et al., 2019; Konishi et al., 2019), estos estudios reportan que el principal uso de los capsaicinoides en la medicina es como analgésico para disminuir dolores de cabeza, trastornos neuropáticos y artritis (Guzmán et al., 2011; Varghese et al., 2017).

La composición metabólica de los capsaicinoides son propios del género *Capsicum*, estos compuestos químicos están relacionados con el nivel de picor (pungencia), característica regulada por la expresión de 18 genes, que inician su acumulación a partir del día 20 después de la anthesis, se almacenan en pequeñas vesículas de la epidermis de la placenta de los frutos, y confieren la sensación de picor al ser consumidos (Stewart et al., 2007; Naves et al., 2019; Zhang et al., 2022).

Los alrededor de 20 diferentes compuestos capsaicinoides identificados, se sintetizan a partir de la vainillilamina y un ácido graso; capsaicina y dihidrocapsaicina son los principales compuestos que dan lugar al 90 % del total de capsaicinoides que contiene un fruto de chile (Vázquez-Flota et al., 2007). Las unidades de picor se expresan en unidades Scoville (SHU, Scoville Heat Units), establecidas por Scoville en 1912, donde 1 ppm equivale a 16 SHU (Guzmán et al., 2011).

La variedad denominada 'Trinidad Moruga Scorpion' es la de mayor picor en el mundo la cual alcanza más de 2 millones de SHU; resultado de la cruce entre *C. chinense* Jacq. (Chile Habanero) y *C. frutescens* (Chile Tabasco) (Bosland et al., 2012).

La gran diversidad de colores en frutos maduros de chile, se debe a la presencia de carotenoides (pigmentos naturales con propiedades antioxidantes), compuestos químicos sintetizados durante la maduración del fruto, donde la degradación gradual de clorofilas se torna en diversidad de colores: rojos, naranja, amarillos, morados y de color café (marrón), debido a la acumulación de carotenoides en los cromoplastos del pericarpio (Guzmán et al., 2011; Hornero-Méndez et al., 2002).

Estos carotenoides se caracterizan con contener propiedades benéficas a la salud humana, ya que son fuente de antioxidantes naturales que contribuyen a reducir el riesgo o tratar enfermedades como cáncer, antiinflamatorias, espasmos, mejoran la respuesta inmune y algunos son precursores de vitamina A (Zimmer et al., 2012; Silva et al., 2013), de estos carotenoides se extraen pigmentos (oleorresinas) como rojo, naranja, que son utilizados como colorante natural en la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia (Guzmán et al., 2011).

Debido a las cualidades únicas del fruto de chile, respecto a su contenido natural de capsaicina, dihidrocapsaicina y carotenoides, se sugiere su ingesta regular debido a sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antitumorales y adelgazantes; por estas propiedades el chile es considerado un alimento funcional (Varghese et al., 2017).

#### 4.5. Diversidad Genética del género *Capsicum*

Diversidad genética hace referencia a las variaciones heredables en los organismos vivos, entre los individuos de una población y entre poblaciones de una misma especie. De allí que la biodiversidad, es producto de los procesos evolutivos naturales o inducidos que inciden sobre las poblaciones (Lowe et al., 2004; Piñeiro et al., 2008; Pérez-Castañeda et al., 2015).

Sin lugar a dudas que el uso de germoplasma vegetal silvestre es una alternativa viable frente a la pérdida de diversidad en plantas cultivadas debido a los procesos de selección y domesticación producto de la erosión genética (Lowe et al., 2004; Pérez-Castañeda et al., 2015; Piñeiro et al., 2008).

#### 4.6. La Diversidad Genética del Género *Capsicum*

Un estudio sobre Chile 'De Agua', Martínez-Sánchez et al. (2010), en el cual utilizaron caracteres de raíz, tallo, flor, fruto y semilla, contribuyó a conocer la variabilidad morfológica de genotipos prometedores para un programa de mejoramiento genético. Castañón-Nájera et al. (2010), encontraron una amplia diversidad en los chiles tipo 'Piquín', 'Blanco', 'Garbanzo', 'Pico Paloma', 'Amashito', 'Pico Paloma Blanco', 'Muela', 'Ojo de Cangrejo' y 'Habanero', a través de la descripción morfológica *In situ*.

Gracias a los estudios de caracterización morfológica de poblaciones, se ha logrado definir una amplia fuente de variación, en particular para los caracteres de interés agrícola donde sobresale el carácter de fruto (Nicolaï et al., 2013).

#### 4.7. La importancia de la conservación de Recursos Fitogenéticos

Con el propósito de evitar la erosión genética, y con ello la pérdida de especies vegetales, es importante hacer énfasis sobre la conservación de recursos fitogenéticos, ya que representan la fuente principal de variación genética para hacer frente a futuras adaptaciones, de allí la importancia de proteger genes de resistencia a plagas y enfermedades, sin descuidar calidad y rendimiento de dichos genotipos, donde es de vital importancia la conservación tanto *In situ* como *Ex situ*, y donde los bancos de germoplasma juegan un papel trascendental para la preservación de características o atributos de interés, con ello se busca garantizar diversidad genética que impacte en la productividad, sostenibilidad, estabilidad y mejora de los sistemas agrícolas, y así contribuir a la seguridad alimentaria, y enfrentar los desafíos ambientales que representa el cambio climático (Charafi, 2008; FAO, 2010; Iriondo, 2001; Abadie, 2010).

#### 4.8. La Caracterización de Germoplasma

La caracterización morfológica, izoenzimática, bioquímica y molecular, permite identificar, describir, cuantificar y clasificar la diversidad fenotípica y genética de las poblaciones vegetales mediante el uso y/o determinación de descriptores definidos, o incluso durante los procesos se pueden generar y proponer descriptores acorde al objetivo de la investigación, lo cual facilita la identificación y clasificación de caracteres de interés agronómico producto de la interacción de factores medio ambientales prevaecientes en el nicho ecológico en el cual se desarrollan los genotipos de interés; esta interacción adaptativa favorece la acumulación de información genética la cual representa la riqueza, variabilidad o polimorfismo genético de las especies vegetales y que es heredable dentro y entre poblaciones (Franco & Hidalgo, 2003; Hernández, 2013; Ulhoa et al., 2017).

Cualquier diferencia detectable durante la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos, sirve como un marcador genético, el cual será un rasgo característico propio de cada organismo o de la población en estudio (Franco & Hidalgo, 2003).

Así, un descriptor es una característica, atributo o variable cuya expresión es fácil de observar, medir, registrar y evaluar, y que permite discriminar a un organismo o una población. Los descriptores se utilizan en la caracterización morfológica, ya que ayudan a expresar un atributo de manera precisa y uniforme, esencial para la caracterización de colectas vegetales, sin embargo, es importante mencionar que la expresión de estos descriptores, puede estar influenciada por factores ambientales y de manejo agronómico (Azofeita–Delgado, 2006; Khoury et al., 2020; Naresh et al., 2018; Ulhoa et al., 2017).

Para el caso de Capsicum, el IPGRI ha seleccionado los principales descriptores morfológicos, con el fin de generar información homogénea, compatible y robusta, buscando hacer más eficiente el registro de datos y del germoplasma en su conjunto (IPGRI, 1995).

Dentro de estos caracteres considera principalmente atributos particulares de: flor, semilla y fruto (IPGRI, 1995).

#### 4.9. La importancia de la Caracterización Morfológica

Los caracteres o descriptores pueden tomar valores en escalas de medición nominal o categórica, ordinal, de intervalo o de proporción, acorde al tipo y nivel de profundidad de la investigación, buscando que estos descriptores sean de fácil observación, alto poder discriminante, y baja influencia ambiental (Hidalgo, 2003; Ulhoa et al., 2017).

Para ello el IPGRI (1995), sugiere que para la caracterización morfológica se deberán registrar aquellos caracteres altamente heredables, y que pueden ser fácilmente evaluados a simple vista, y que se expresan en todos los ambientes; para el caso particular del género *Capsicum* se han caracterizado morfológicamente diversos órganos de la planta, fruto y componentes del rendimiento (Toledo-Aguilar et al., 2011; Castellón et al., 2014), con ello se busca valorar y conservar la mayor variabilidad genética del genotipo, que favorezca identificar atributos sobresalientes para el éxito de un programa de mejoramiento (Naghavi y Jahansouz, 2005; Martínez-Sánchez et al., 2010; Abu et al., 2019; Parry et al., 2021).

#### 4.10. Mejoramiento Genético en el género *Capsicum*

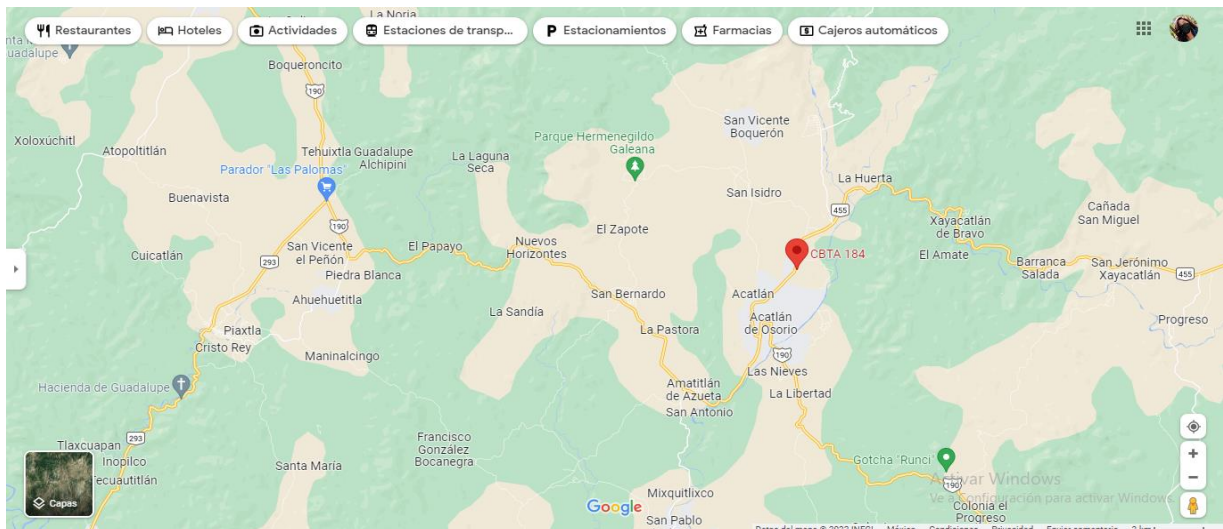
Sin lugar a dudas que las especies silvestres de las plantas cultivadas, representan un acervo importante de genes de interés que ayudarán a resolver problemas de la agricultura actual, entre los que sobresalen la tolerancia o resistencia a sequía, plagas y enfermedades, salinidad, acame, altas y bajas temperaturas, vida de anaquel, donde el mejoramiento genético es factor clave para superar los desafíos (Hernández-Verdugo et al., 2015; Ramírez et al., 2018; Vijeth et al., 2019; Manzila et al., 2020; Ji et al., 2020), de allí la necesidad de asegurar la conservación de éstas fuentes de variabilidad para futuros programas de mejoramiento (González-Cortés et al., 2015; Massot y Barbieri, 2016; Abu et al., 2019).

## CAPITULO 2

### 5. Materiales y Métodos

#### 5.1. Ubicación del Área Experimental

Esta investigación se desarrolló de octubre 2020 a mayo 2022, en un invernadero modelo “Baticenital” nivel tecnológico medio, de 860 m<sup>2</sup> de superficie productiva, cubierto de polietileno blanco lechoso calibre 600 con 70 % de paso de luz, ventilación frontal, lateral y superior, el cual se encuentra en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 184 del municipio de Acatlán de Osorio, Puebla, con coordenadas geográficas los paralelos 18° 13' 29" LN y 98° 02' 17" LO; a 1204 msnm.



**Figura 1.** Localización del sitio en donde se desarrolló el proyecto (Google Maps, 2024)



**Figura 2.** Invernadero tipo “Baticeñal” de nivel tecnológico medio, donde se desarrolló la investigación.

## 5.2. Colectas de chile tipo Miahuateco evaluadas

Los recursos fitogenéticos evaluados fueron 95 colectas de chile tipo Miahuateco, originarias del Valle de Tehuacán, Puebla (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Colectas de Chile tipo Miahuateco evaluadas y su lugar de origen.

Número	Colectas	Lugar de origen
59	C4, C6, C9, C10; C12, C13, C14, C15, C18, C19, C20, C21; C22, C24, C25, C27, C28, C29, C30, C31, C33, C34, C35, C37, C38, C39, C40, C42, C43; C44, C46, C47; C49, C50, C53, C54, C56, C58, C61, C62, C63, C65, C67, C69; C71, C72, C74, C76, C78, C83, C84, C87, C90, C92, C93, C94; C118, C120, C122	Santo Nombre, Tlacotepec de Benito Juárez (18°39'35" LN y 97°41'11" LO)



2	C125 y C130	<p>La Estación, Tlacotepec de Benito Juárez</p> <p>(18°41'51" LN y 97°38'53" LO)</p>
1	C134	<p>La Sabana, Tlacotepec de Benito Juárez</p> <p>(18°40'09" LN y 97°38'34" LO)</p>
32	<p>C144, C149, C150, C151, C156, C157, C163, C164, C167; C168, C170, C171, C173, C174, C175, C176, C178, C180, C182, C183, C185; C187, C188, C189, C191, C194; C202, C203, C204, C213, C214, C220</p>	<p>La Magdalena Cuayucatepec</p> <p>(18°34'40" LN y 97°29'14" LO)</p>

---

### 5.3. Caracterización Morfológica

Las colectas se germinaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se usó como sustrato la mezcla 3:1 de turba (Kekkila®, Europa) y agrolita (Multiperl®, Mexicana). Se procedió al trasplante a los 32 días posteriores a la siembra, el indicador fue la presencia de 5 hojas verdaderas en la plántula. La plántula se estableció directo al suelo, en camas de 40 cm de ancho, 30 cm de alto, 80 cm de separación entre camas, y 40 cm entre plantas, generando una densidad plantación de 2.5 plantas·m<sup>-2</sup>. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 10 plantas de chile.

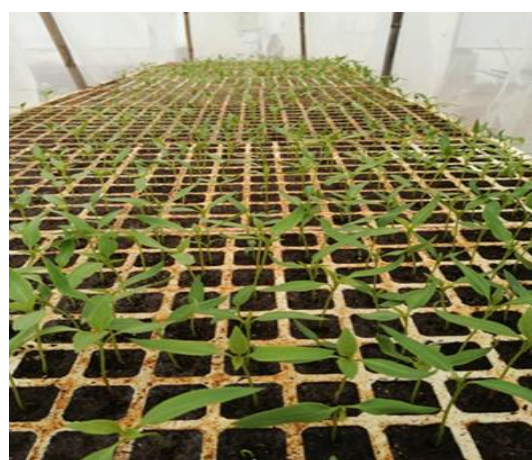
El manejo agronómico del cultivo fue acorde a la fenología y necesidades del mismo. Se procedió a tutorear en espalderas con rafia negra tratada contra rayos UV;

dentro de las principales plagas agrícolas que se presentaron fue la mosquita blanca y trips las cuales fueron controladas con Imidacloprid® y Abamectina® respectivamente, para prevenir enfermedades fungosas de raíz se aplicó Metalaxil 250®.

Para la nutrición del cultivo, se utilizó la solución nutritiva universal de Steiner (1984) a 2.0 dS/m, pH de 6.5, con el siguiente balance iónico en mEq.l<sup>-1</sup> (Ca: 9.0; Mg: 4.0; K: 7.0; NO<sub>3</sub>: 12.0; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 1.0; SO<sub>4</sub>: 7.0), misma que fue proporcionada mediante fertiirrigación.



**Figura 3.** Siembra de colectas en charolas de poliestireno de 200 cavidades.



**Figura 4.** Germinación del cultivo.

Para realizar la caracterización morfológica del chile tipo Miahuateco, se utilizaron 58 descriptores propuestos por el IPGRI (1995) para *Capsicum* (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Descriptores cuantitativos y cualitativos utilizados durante la caracterización morfológica de Chile tipo Miahuateco.

---

a) **De planta:**

Longitud a primera bifurcación

Altura de la planta

Diámetro del tallo

---

- 
- Ancho de la planta
  - Antocianinas en los nudos
  - Pubescencia en tallo
  - Número de ramas en primera bifurcación
  - Número de ramas por planta
  - Hábito de crecimiento
  - b) **De estructuras florales:**
    - Número de pétalos
    - Color de los pétalos
    - Color de las anteras
    - Posición de flor
    - Flores por cada bifurcación
  - c) **De estructuras foliares:**
    - Longitud de la hoja
    - Ancho de la hoja
    - Longitud del peciolo
    - Forma de la hoja
    - Color de la hoja
    - Forma de lámina foliar
    - Pubescencia en las hojas
  - d) **De fruto:**
    - Longitud del fruto
    - Ancho del fruto
    - Grosor del pericarpio
    - Longitud de pedúnculo
    - Diámetro del pedúnculo
    - Longitud de placenta
    - Peso fresco del fruto
    - Número de Frutos comerciales
    - Número de Frutos no comerciales
    - Número de Frutos totales por planta
-

- 
- Color del fruto maduro en fresco
  - Color del fruto en seco
  - Frutos por cada bifurcación
  - Brillantez de fruto
  - Posición de fruto
  - Forma del fruto
  - Forma de la sección longitudinal del fruto
  - Forma de la sección transversal del fruto
  - Forma del ápice del fruto
  - Espesor del pericarpio del fruto
  - Número predominante de lóculos en fruto
  - Cavidad peduncular del fruto
  - Profundidad de la cavidad peduncular del fruto
  - Presencia de capsaicina en la placenta
  - Forma de pedúnculo
  - Textura de fruto
  - Desarrollo de cáliz
  - Desprendimiento de fruto
  - e) **De semilla:**
    - Número de semillas en cada fruto
    - Peso de 1000 semillas
    - Color de la semilla
    - Ancho de la semilla
    - Longitud de la semilla
  - f) **De fenología:**
    - Días a la bifurcación del tallo principal
    - Días a la floración
    - Días a la fructificación
    - Días en producción de fruto fresco
- 

Fuente: IPGRI (1995).

#### 5.4. Análisis Estadístico

A partir del análisis de covarianzas sucesivas a los caracteres morfológicos evaluados, se eliminaron las variables cuantitativas que presentaron colinealidad (nula variabilidad), con las variables cuantitativas y cualitativas seleccionadas se procedió a estimar la matriz de distancias de Gower, y con ello se generaron los agrupamientos con el algoritmo de la mínima varianza de Ward, donde el número de grupos se determinó acorde a los valores de la pseudo estadística  $t^2$  (Hotelling, 1951) y la pseudo F (Johnson, 2000). A estas 18 variables cuantitativas se realizaron análisis de varianzas y pruebas de Tukey, mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

Con el propósito de verificar la pertinencia de los agrupamientos generados, y poder identificar los caracteres responsables de esta agrupación, se realizaron análisis discriminantes considerando como variable categórica los grupos generados, simultáneamente se realizaron pruebas de resustitución para verificar la ubicación de colectas en los grupos generados (Johnson, 2000).

## CAPITULO 3

### 6. Resultados y Discusión

#### 6.1. Caracterización Morfológica

Los resultados del análisis de covarianzas sucesivas, permitió disminuir la dimensionalidad de la matriz de datos morfológicos, y con ello dar cumplimiento al supuesto de no colinealidad estadística, proponiendo así solo el análisis de 18 variables morfológicas seleccionadas como las más representativas o con nula colinealidad (con variabilidad).

Al realizar el Análisis de varianza (ANAVA) a las variables morfológicas más representativas de esta investigación, se encontró que el 100 % de éstas presentan diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 3, 4, 5), lo cual muestra la alta variabilidad intra e interespecífica en las colectas evaluadas, para lo cual se procedió a realizar las pruebas de comparación de medias de Tukey respectivas, a través del programa estadístico SAS.

**Cuadro 3.** Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

FV	GL	Longitud a Primer Bifurcación	Altura de la Planta	Diámetro del Tallo	Longitud de Hoja	Ancho de la Hoja	Longitud de Peciolo
Tratamiento	94	32.16**	235.60**	6.76**	168.62**	82.32**	201.67**
Bloque	2	6.40 <sup>NS</sup>	500.02**	55.39**	737.81**	135.81**	224.18**
Error	188	3.75	30.47	2.74	26.84	17.19	34.18
Total	284						
CV		6.44	4.71	10.26	4.01	6.03	9.63

FV: Fuente de Variación; GL: Grados de Libertad; <sup>NS</sup>, \*\*, \*; No Significativo, Significativo y Altamente Significativo a una  $P \leq 0.05$ .

**Cuadro 4.** Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

FV	GL	Longitud de Fruto	Ancho de Fruto	Grosor del Pericarpio	Longitud del Pedúnculo	Diámetro de Pedúnculo	Longitud de Placenta
Tratamiento	94	506.38**	36.29**	0.3198**	132.73**	1.1116**	77.75**
Bloque	2	82.41 <sup>NS</sup>	17.85 <sup>NS</sup>	0.2331 <sup>NS</sup>	410.57**	2.2429**	171.16**
Error	188	53.85	11.67	0.087	40.57	0.2680	16.31
Total	284						
CV		6.07	8.57	12.21	10.34	11.57	16.90

FV: Fuente de Variación; GL: Grados de Libertad; <sup>NS</sup>,\*,\*\* :No Significativo, Significativo y Altamente Significativo a una  $P \leq 0.05$ .

**Cuadro 5.** Análisis de varianza en las variables morfológicas y el rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

FV	GL	Peso Fresco de Fruto	Frutos Comerciales	Frutos No Comerciales	Frutos Totales	Semillas por Fruto	Peso de Mil Semillas
Tratamiento	94	196506.81**	192.95**	149.56**	351.40**	8141.47**	8.2113**
Bloque	2	89440.18 <sup>NS</sup>	424.27**	47.48**	187.98*	463.67*	0.7196 <sup>NS</sup>
Error	188	47549.89	41.12	7.36	48.85	130.29	0.4248
Total	284						
CV		13.67	11.65	20.4	10.23	6.29	5.08

FV: Fuente de Variación; GL: Grados de Libertad; <sup>NS</sup>,\*,\*\* :No Significativo, Significativo y Altamente Significativo a una  $P \leq 0.05$ .

Las pruebas de comparación de medias de Tukey, permiten corroborar la gran diversidad genética presente al interior y entre las colectas de Chile tipo Miahuateco evaluadas, acorde a las variables morfológicas más representativas en esta investigación, en el caso de la variable longitud de tallo a primera bifurcación sobresale la colecta C27 (39.33 mm) y la C175 (39 mm), variable que está muy relacionada con altura de planta, en la cual sobresalió la colecta C27 (136 cm), C130 (131.67 cm) y

C31 (131cm), esta variable nos permite identificar el porte de las colectas, lo cual en genotipos muy altos representa una desventaja desde el punto de vista agronómico, debido a que son plantas susceptibles al acame a la mínima presencia de vientos, sin embargo este problema puede contrarrestarse con un adecuado sistema de tutoreo.

En cuanto a la variable diámetro del tallo, sobresalió la colecta C71 (19.50 mm), C191 (19.23 mm), C149 (19.17 mm), C58 (19.10 mm), y C176 (18.97 mm), caracter de gran importancia agronómica ya que proporciona resistencia al acame y mayor soporte y arraigo al sustrato en el cual se desarrolla el cultivo (Cuadro 6).

En cuanto a longitud de hoja sobresalió la colecta C34 (146.33 mm), C33 (145.13 mm), y C35 (144.20 mm), mientras que en ancho de la hoja sobresalió la colecta C6 (81.13 mm), C58 (78.80 mm) y C222 (78.57 mm); y en longitud de peciolo sobresalió la colecta C78 (82.10 mm), C39 (78.93 mm), y C59 (76.20 mm), estos tres caracteres son de gran importancia, ya que de ellos depende la cobertura vegetal para garantizar la mayor actividad fotosintéticamente activa de la planta, de la cual depende en gran medida el rendimiento y calidad de fruto expresado en materia seca (Cuadro 6).

La mayor longitud de fruto se presentó en la colecta C87 (159.30 mm), C122 (152.60 mm), C37 (146.20 mm), y C204 (146.10 mm); mientras que en ancho de fruto sobresale la colecta C58 (48.8 mm), C44 (47.30 mm), y C74 (46.70 mm) y C33 (46.37 mm), datos que son contrastantes acorde a los criterios que consideran los agricultores para definir a un fruto de Chile considerado como auténtico Miahuateco (Cuadro 7).

El mayor grosor del pericarpio lo presentó la colecta C134 (3.5 mm), C204 (3.46 mm) y C84 (3.30 mm), caracter que retoma importancia ya que define el peso y con ello el rendimiento en peso fresco y/o seco de fruto (Cuadro 7).

La mayor longitud de pedúnculo (rabo), lo presentó la colecta C151 (84.5 mm), C58 (83.27 mm), y C90 (75.70 mm), mientras que en diámetro de pedúnculo (rabo) sobresalió la colecta C33 (5.77 mm), C67 (5 mm) y C202 (6.53 mm), ambas variables retoman importancia para garantizar el anclaje o inserción del fruto en la planta, su



facilidad al momento de cosecha, y la importancia estética cuando el fruto se presenta en platillos típicos como chiles rellenos, capeados y/o en nogada (Cuadro 7).

La mayor longitud de placenta se presentó en la colecta C90 (36.63 mm), C18 (33.20 mm), C84 (32.97 mm), C189 (32.90 mm), C30 (32.27 mm), la importancia de esta variable es que está directamente relacionada con la longitud del fruto (Cuadro 7).

El mayor rendimiento respecto a peso fresco de fruto se obtuvo en la colecta C6 (2,253.3 g), C93 (2,128.5 g), C35 (2,114.3 g), y C76 (2,096.4 g), así también el mayor número de frutos comerciales lo presentó la colecta C118 (77.33), C58 (71.67), C35 (70), y C122 (70), y por ende el mayor número de frutos totales lo presentó la colecta C176 (94.33), C151 (90.33), C27 (87.67), y C202 (87.67), las tres variables están intrínsecamente relacionadas con uno de los caracteres agronómicos más importante, que es el rendimiento y calidad de frutos (Cuadro 8).

El mayor contenido de semillas por fruto se presentó en las colectas C178 (319.33), C53 (290.67), y C202 (275.33), mientras que el mayor peso de 1000 semillas lo presentó la colecta C92 (16.60 g), C6 (16.13 g), C157 (15.83 g), C125 (15.57 g), C14 (15.50 g), C188 (15.46 g) y C130 (15.43 g), ambas variables de gran importancia a considerar, ya que en gran medida de la presencia de semillas depende el tamaño de fruto cosechado, debido que es en las semillas donde se producen las hormonas (Auxinas y Giberelinas) encargadas del crecimiento y desarrollo del fruto, además de la importancia que representan las semillas en la obtención de una variedad mejorada, si consideramos que la venta de semillas mejoradas en este tipo de hortalizas es por unidad de semillas requeridas (Cuadro 8).

**Cuadro 6.** Pruebas de comparación de Tukey en las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

Tratamiento	Longitud a Primer Bifurcación	Altura de la Planta	Diámetro del Tallo	Longitud de la Hoja	Ancho de la Hoja	Longitud de Pecíolo
C4	33.33 abcdefghij	111.00 defghijklmnopqrs	14.13 abcde	115.13 mn	65.47 bcdefghij	58.20 bcdefghijklmnop
C6	30.33 efghijklm	126.00 abcdefghij	18.47 abc	141.67 abcdef	<b>81.13 a</b>	60.50 bcdefghijklmnop
C9	28.00 ghijklm	120.67 abcdefghijklmn	16.74 abcde	124.63 fghijklm	54.97 ij	50.10 hijklmnop
C10	29.67 fghijklm	109.33 efghijklmnopqrs	15.07 abcde	118.63 jklmn	67.00 abcdefghij	64.37 abcdefghijklmn
C12	31.67 cdefghijkl	121.00 abcdefghijklmn	16.83 abcde	117.77 lmn	65.43 abcdefghij	61.27 abcdefghijklmno
C13	26.33 klm	124.00 abcdefghij	16.23 abcde	126.67 bcdefghijklm	69.23 abcdefghi	51.40 ghijklmnop
C14	27.33 ijklm	112.00 bcdefghijklmnopqrs	11.77 e	127.93 abcdefghijklm	65.67 bcdefghij	54.67 efghijklmnop
C15	32.33 bcdefghij	121.00 abcdefghijklmn	15.10 abcde	125.87 cdefghijklm	74.73 abcde	62.57 abcdefghijklmno
C18	32.67 abcdefghij	112.00 bcdefghijklmnopqrs	14.90 abcde	129.93 abcdefghijklm	62.10 efghij	57.47 cdefghijklmnop
C19	27.33 ijklm	92.67 s	14.13 abcde	118.20 klmn	70.53 abcdefgh	63.87 abcdefghijklmn
C20	30.33 efghijklm	127.33 abcdefgh	14.93 abcde	130.03 abcdefghijklm	67.43 abcdefghij	63.73 abcdefghijklmnop
C21	28.67 fghijklm	122.67 abcdefghijklmn	15.00 abcde	143.83 abcd	73.10 abcde	59.20 abcdefghi
C22	32.33 bcdefghij	114.67 bcdefghijklmnopqr	16.27 abcde	129.93 abcdefghijklm	75.10 abcde	68.33 abcdefghij
C24	31.33 cdefghijkl	108.67 ghijklmnopqrs	16.97 abcde	126.80 bcdefghijklm	67.50 abcdefghij	66.40 abcdefghijkl
C25	18.67 n	110.33 defghijklmnopqrs	14.77 abcde	105.83 n	54.17 j	44.60 nop
C27	<b>39.33 a</b>	<b>136.00 a</b>	18.13 abcd	131.97 abcdefghijklm	77.83 abcd	70.87 abcdefgh
C28	29.67 fghijklm	110.33 defghijklmnopqrs	15.80 abcde	125.80 cdefghijklm	69.63 abcdefghi	63.00 abcdefghijklmno
C29	29.67 fghijklm	112.67 bcdefghijklmnopqr	15.10 abcde	119.57 ijklmn	65.07 bcdefghij	49.87 ijklmnop
C30	32.00 cdefghijkl	95.67 rs	14.47 abcde	119.80 ijklmn	65.07 bcdefghij	69.23 abcdefghij
C31	24.67 mn	131.00 abc	<b>18.87 ab</b>	134.47 abcdefghijkl	74.17 abcde	58.87 bcdefghijklmnop
C33	27.67 hijklm	115.67 bcdefghijklmnopq	16.10 abcde	<b>145.13 ab</b>	78.20 abc	69.03 abcdefghij
C34	32.33 bcdefghij	127.00 abcdefgh	16.13 abcde	<b>146.33 a</b>	71.10 abcdefg	75.90 abcd
C35	30.33 efghijklm	103.67 lmnopqrs	16.03 abcde	144.20 abc	73.60 abcde	70.63 abcdefghi
C37	31.00 defghijklm	109.00 fghijklmnopqrs	15.67 abcde	126.97 bcdefghijklm	70.70 abcdefgh	63.10 abcdefghijklmno
C38	33.67 abcdefghi	114.00 bcdefghijklmnopqr	15.37 abcde	130.87 abcdefghijklm	65.87 bcdefghij	66.43 bcdefghijklmnop
C39	31.33 cdefghijkl	114.33 bcdefghijklmnopqr	16.80 abcde	121.33 ghijklmn	66.80 abcdefghij	<b>78.93 ab</b>
C40	29.67 fghijklm	109.33 efghijklmnopqrs	14.56 abcde	128.33 abcdefghijklm	71.67 abcde	60.40 abcdefghijklmno
C42	28.33 fghijklm	126.67 abcdefghi	18.10 abcd	126.53 cdefghijklm	63.93 efghij	53.03 fghijklmnop
C43	32.00 cdefghijkl	109.33 efghijklmnopqrs	15.33 abcde	129.00 abcdefghijklm	68.60 abcdefghij	65.30 abcdefghijklmn
C44	27.00 ijklm	108.00 hijklmnopqrs	14.63 abcde	130.50 abcdefghijklm	67.33 abcdefghij	66.77 abcdefghij
C46	34.33 abcdefgh	116.67 abcdefghijklmnop	17.10 abcde	133.20 abcdefghijklm	67.20 abcdefghij	53.83 fghijklmnop
C47	29.33 fghijklm	103.33 mnopqrs	12.53 de	121.67 ghijklmn	65.80 bcdefghij	40.37 p
C49	31.33 cdefghijkl	122.00 abcdefghijklmn	15.67 abcde	138.67 abcdefg	68.10 abcdefghij	55.70 cdefghijklmnop
C50	29.33 fghijklm	123.33 abcdefghijkl	17.67 abcde	119.53 ijklmn	56.07 hij	63.77 abcdefghijklmn
C53	29.00 fghijklm	117.67 abcdefghijklmno	17.27 abcde	132.30 abcdefghijklm	69.93 abcdefgh	57.27 cdefghijklmnop
C54	33.67 abcdefghi	118.00 abcdefghijklmno	17.10 abcde	136.83 abcdefghij	78.03 abc	64.33 abcdefghijklmn
C56	28.00 ghijklm	111.67 cdefghijklmnopqrs	16.17 abcde	133.40 abcdefghijklm	70.07 abcdefgh	70.60 abcdefghi
C58	29.33 fghijklm	116.67 abcdefghijklmnop	<b>19.10 ab</b>	128.13 abcdefghijklm	<b>78.80 ab</b>	76.20 abc
C61	28.67 fghijklm	110.00 efghijklmnopqrs	14.00 abcde	119.30 ijklmn	56.83 fghij	62.63 abcdefghijklmno
C62	27.67 hijklm	124.33 abcdefghij	17.27 abcde	125.43 defghijklm	78.07 abc	54.73 efghijklmnop
C63	28.67 fghijklm	119.00 abcdefghijklmno	15.17 abcde	131.73 abcdefghijklm	63.17 defghij	62.70 abcdefghijklmno
C65	25.33 lmn	108.67 fghijklmnopqrs	15.27 abcde	132.00 abcdefghijklm	68.80 abcdefghij	55.10 defghijklmnop
C67	34.67 abcdefg	130.00 abcd	16.67 abcde	136.70 abcdefghijkl	76.30 abcde	60.27 abcdefghijklmnop
C69	27.67 hijklm	128.00 abcdefg	18.23 abcd	128.33 abcdefghijklm	67.13 abcdefgh	55.80 cdefghijklmnop
C71	29.00 fghijklm	120.33 abcdefghijklmno	<b>19.50 a</b>	119.97 hijklmn	70.93 abcdefg	59.93 abcdefghijklmnop
C72	31.33 cdefghijkl	126.67 abcdefghi	16.67 abcde	134.27 abcdefghijkl	78.10 abc	71.37 abcdefg
C74	27.67 hijklm	119.33 abcdefghijklmno	16.20 abcde	119.47 ijklmn	63.87 cdefghij	45.07 mnop
C76	31.33 cdefghijkl	112.67 bcdefghijklmnopqr	16.90 abcde	125.90 cdefghijklm	66.57 abcdefghij	53.67 fghijklmnop
C78	33.67 abcdefghi	124.67 abcdefghij	14.93 abcde	131.90 abcdefghijklm	73.03 abcde	<b>82.10 a</b>
C83	25.33 lmn	96.67 qrs	14.63 abcde	127.00 bcdefghijklm	63.83 cdefghij	72.97 abcdef
C84	31.33 cdefghijkl	113.33 bcdefghijklmnopqr	14.20 abcde	120.60 ghijklmn	68.27 abcdefghij	59.03 abcdefghijklmnop
C87	28.00 ghijklm	127.33 abcdefgh	16.77 abcde	125.83 cdefghijklm	66.47 abcdefghij	65.03 abcdefghijklmn
C90	31.67 cdefghijkl	118.33 abcdefghijklmno	16.80 abcde	136.23 abcdefghijkl	68.37 abcdefghij	72.07 abcdefg
C92	27.33 ijklm	127.33 abcdefgh	17.67 abcde	115.47 mn	68.43 abcdefghij	57.27 cdefghijklmnop
C93	28.00 ghijklm	128.33 abcdef	16.97 abcde	129.30 abcdefghijklm	75.10 abcde	54.20 efghijklmnop
C94	29.00 fghijklm	128.00 abcdefg	17.43 abcde	136.13 abcdefghijkl	75.40 abcde	72.17 abcdefg
C118	32.33 bcdefghij	112.67 bcdefghijklmnopqr	15.33 abcde	122.40 ghijklmn	75.97 abcde	69.60 abcdefghij
C120	28.00 ghijklm	115.67 bcdefghijklmnopq	15.00 abcde	133.07 abcdefghijklm	64.37 bcdefghij	68.07 abcdefghij
C122	27.33 ijklm	115.67 bcdefghijklmnopq	16.23 abcde	126.97 bcdefghijklm	64.60 bcdefghij	50.10 hijklmnop
C125	33.00 abcdefghij	115.67 bcdefghijklmnopq	15.50 abcde	143.83 abcd	72.63 abcde	70.47 abcdefghi
C130	33.00 abcdefghij	<b>131.67 ab</b>	15.23 abcde	125.57 defghijklm	70.26 abcdefgh	56.80 cdefghijklmnop
C134	27.33 ijklm	122.67 abcdefghijklmn	18.10 abcd	135.13 abcdefghijkl	70.33 abcdefgh	58.57 bcdefghijklmnop
C144	28.67 fghijklm	125.00 abcdefghij	16.67 abcde	129.43 abcdefghijklm	64.60 bcdefghij	60.23 bcdefghijklmnop
C149	32.67 abcdefghij	112.67 bcdefghijklmnopqr	<b>19.17 a</b>	138.37 abcdefgh	67.03 abcdefghij	67.17 abcdefghij
C150	27.33 ijklm	122.67 abcdefghijklmn	17.80 abcd	130.33 abcdefghijklm	67.60 abcdefghij	45.77 lmnop
C151	32.67 abcdefghij	122.33 abcdefghijklmn	15.53 abcde	132.17 abcdefghijklm	67.57 abcdefghij	65.87 abcdefghijklm
C156	28.67 fghijklm	118.67 abcdefghijklmno	16.93 abcde	132.53 abcdefghijklm	67.13 abcdefghij	57.03 cdefghijklmnop
C157	28.00 ghijklm	122.67 abcdefghijklmn	14.87 abcde	143.23 abcde	70.47 abcdefgh	55.37 cdefghijklmnop
C163	29.00 fghijklm	106.67 jklmnopqrs	12.77 cde	124.93 efghijklm	70.90 abcdefg	42.33 op
C164	28.00 ghijklm	120.33 abcdefghijklmn	16.17 abcde	119.67 ijklmn	69.67 abcdefghi	60.33 bcdefghijklmnop
C167	28.67 fghijklm	120.33 abcdefghijklmn	17.73 abcd	123.07 ghijklmn	68.70 abcdefghij	58.80 abcdefghijklmnop
C168	33.67 abcdefghi	125.67 abcdefghij	16.83 abcde	128.40 abcdefghijklm	69.90 abcdefgh	57.53 cdefghijklmnop
C170	35.00 abcd	114.33 bcdefghijklmnopqr	16.90 abcde	120.13 hijklmn	64.50 bcdefghij	48.93 jklmnop
C171	37.00 abcde	119.00 abcdefghijklmno	16.20 abcde	127.93 abcdefghijklm	65.10 bcdefghij	45.83 klmnop
C173	26.67 jklm	103.00 nopqrs	15.47 abcde	124.43 fghijklm	67.03 abcdefghij	59.30 bcdefghijklmnop
C174	38.00 abc	117.67 abcdefghijklmno	16.60 abcde	134.07 abcdefghijkl	67.17 abcdefghij	54.77 efghijklmnop
C175	<b>39.00 ab</b>	128.33 abcdef	15.87 abcde	134.43 abcdefghijkl	66.23 bcdefghij	69.97 abcdefghi
C176	32.00 cdefghijkl	130.00 abcd	<b>18.97 ab</b>	128.10 abcdefghijklm	68.27 abcdefghij	60.77 bcdefghijklmnop
C178	27.00 ijklm	124.67 abcdefghij	16.20 abcde	127.70 bcdefghijklm	68.07 abcdefghij	59.70 bcdefghijklmnop
C180	34.33 abcdefgh	126.67 abcdefghi	17.43 abcde	142.50 abcd	68.67 abcdefghij	55.93 cdefghijklmnop
C182	27.67 hijklm	113.00 bcdefghijklmnopqr	13.20 bcde	136.53 abcdefghij	67.87 abcdefghij	62.00 abcdefghijklmno

C183	37.33 abcd	129.00 abcde	15.67 abcde	134.10 abcdefghijkl	68.53 abcdefghij	52.16 fghijklmnop
C185	26.67 jklm	123.00 abcdefghijklm	16.60 abcde	130.13 abcdefghijklm	70.20 abcdefgh	59.63 abcdefghijklmnop
C187	28.67 fghijklm	117.00 abcdefghijklmno	17.36 abcde	126.30 cdefghijklm	68.90 abcdefghij	59.10 abcdefghijklmnop
C188	26.67 jklm	127.00 abcdefgh	16.93 abcde	135.20 abcdefghijkl	63.23 defghij	59.40 abcdefghijklmnop
C189	27.00 ijklm	113.33 abcdefghijklmnopqr	15.30 abcde	127.93 abcdefghijklm	76.33 abcde	74.77 abcde
C191	32.33 abcdefghij	122.33 abcdefghijklmn	<b>19.23 a</b>	133.50 abcdefghijklm	68.67 abcdefghij	62.67 abcdefghijklmnop
C194	28.00 ghijklm	110.00 efghijklmnopqrs	15.43 abcde	127.40 abcdefghijklm	63.13 defghij	55.27 defghijklmnop
C202	32.33 abcdefghij	116.00 abcdefghijklmnopq	15.17 abcde	131.73 abcdefghijklm	64.03 abcdefghij	64.27 abcdefghijklmn
C203	28.67 fghijklm	113.00 abcdefghijklmnopqr	15.10 abcde	134.80 abcdefghijkl	68.30 abcdefghij	60.73 abcdefghijklmnop
C204	29.00 fghijklm	111.00 defghijklmnopqrs	16.90 abcde	137.23 abcdefghi	71.60 abcdef	58.67 abcdefghijklmnop
C213	28.67 fghijklm	106.00 klmnopqrs	15.63 abcde	132.27 abcdefghijklm	56.70 ghij	53.37 fghijklmnop
C214	29.00 ghijklm	99.00 opqrs	16.67 abcde	122.47 ghijklmn	70.87 abcdefg	56.63 abcdefghijklmnop
C220	28.00 ghijklm	97.00 pqrs	14.60 abcde	119.30 ijklmn	67.17 abcdefghij	50.07 hijklmnop
C222	31.67 cdefghijkl	107.00 ijklmnopqrs	16.63 abcde	121.13 ghijklmn	<b>78.57 abc</b>	66.67 abcdefghij
<b>CV</b>	6.44	4.71	10.26	4.01	6.03	9.63
<b>DMS</b>	6.9031	19.6750	5.9023	18.4690	14.7760	20.8380

Los Valores con la misma letra estadísticamente son iguales; C.V.: coeficiente de variación (%); DMS: Diferencia Mínima Significativa

**Cuadro 7.** Pruebas de comparación de Tukey de las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

Tratamiento	Longitud de Fruto	Ancho de Fruto	Grosor de Pericarpio	Longitud del Pedúnculo	Diámetro de Pedúnculo	Longitud de Placenta
C4	112.17 mnopqrstuvwxy	41.53 abcd	2.80 abcdef	61.13 bcdefg	4.27 abcdefghi	29.90 abcdefgh
C6	114.40 jklmnopqrstuvwxy	42.97 abcd	2.53 abcdefgh	58.93 cdefg	4.57 abcdefghi	27.57 abcdefghij
C9	110.53 mnopqrstuvwxy	40.57 abcd	2.37 cdefgh	54.47 cdefg	4.30 abcdefghi	21.07 abcdefghij
C10	140.83 abcdefghi	42.03 abcd	2.83 abcde	66.47 abcdef	4.33 abcdefghi	24.80 abcdefghij
C12	114.60 jklmnopqrstuvwxy	36.40 bcde	2.17 defgh	58.53 cdefg	3.83 defghi	27.43 abcdefghij
C13	103.07 rstuvwxy	40.20 abcd	2.50 abcdefgh	56.37 cdefg	4.47 abcdefghi	27.57 abcdefghij
C14	123.63 cdefghijklmnopqrstuvwxy	35.73 bcde	2.60 abcdefgh	58.27 cdefg	5.13 abcdefghi	14.23 j
C15	102.90 rstuvwxy	39.13 abcd	2.20 defgh	62.70 abcdefg	3.83 defghi	23.33 abcdefghij
C18	128.97 abcdefghijklmnopqr	38.50 abcd	2.37 cdefgh	64.53 abcdefg	3.63 ghi	33.20 abc
C19	140.50 abcdefghi	33.43 de	2.43 abcdefgh	53.17 cdefg	3.83 defghi	22.90 abcdefghij
C20	116.17 ghijklmnopqrstuvwxy	36.50 bcde	2.60 abcdefgh	63.80 abcdefg	4.07 abcdefghi	<b>32.97 abc</b>
C21	101.60 vwxy	40.90 abcd	2.23 defgh	57.50 cdefg	4.57 abcdefghi	20.27 abcdefghij
C22	127.47 abcdefghijklmnopqrstuv	37.53 abcde	2.47 abcdefgh	52.77 defg	4.80 abcdefghi	21.97 abcdefghij
C24	126.37 cdefghijklmnopqrstuv	38.77 abcd	2.33 cdefgh	65.33 abcdefg	3.86 defghi	17.00 efghij
C25	111.73 mnopqrstuvwxy	44.37 abcd	2.57 abcdefgh	56.47 cdefg	4.40 abcdefghi	17.90 defghij
C27	102.63 stuvwxy	38.30 abcd	2.37 cdefgh	66.57 abcdef	5.16 abcdefgh	21.33 abcdefghij
C28	120.13 cdefghijklmnopqrstuvwxy	38.70 abcd	2.37 cdefgh	67.57 abcdef	3.93 cdefghi	22.63 abcdefghij
C29	117.57 efghijklmnopqrstuvwxy	38.37 abcd	1.73 gh	56.33 cdefg	3.97 abcdefghi	19.47 abcdefghij
C30	115.33 ijklmnopqrstuvwxy	38.60 abcd	2.50 abcdefgh	71.03 abcde	4.37 abcdefghi	<b>33.27 ab</b>
C31	118.60 defghijklmnopqrstuvwxy	43.47 abcd	2.27 cdefgh	65.63 abcdefg	5.57 abcde	21.87 abcdefghij
C33	119.80 defghijklmnopqrstuvwxy	<b>46.87 ab</b>	2.60 abcdefgh	63.73 abcdefg	<b>5.77 abc</b>	19.53 abcdefghij
C34	111.13 mnopqrstuvwxy	46.00 abc	2.70 abcdefg	63.33 abcdefg	4.63 abcdefghi	24.37 abcdefghij
C35	142.17 abcdefg	41.50 abcd	2.30 cdefgh	62.97 abcdefg	4.40 abcdefghi	26.20 abcdefghij
C37	146.20 abc	40.53 abcd	2.37 cdefgh	59.43 cdefg	5.40 abcdefg	21.57 abcdefghij
C38	128.90 abcdefghijklmnopqrs	37.60 abcde	2.80 abcdef	58.33 cdefg	5.10 abcdefghi	23.13 abcdefghij
C39	115.17 ijklmnopqrstuvwxy	46.23 abc	2.37 cdefgh	64.73 abcdefg	4.50 abcdefghi	14.80 ij
C40	129.20 abcdefghijklmnopq	37.57 abcde	2.73 abcdefg	63.03 abcdefg	4.67 abcdefghi	24.83 abcdefghij
C42	122.07 cdefghijklmnopqrstuvwxy	37.17 abcde	2.97 abcd	55.33 cdefg	4.73 abcdefghi	30.74 abcdef
C43	143.13 abcde	41.87 abcd	2.47 abcdefgh	57.13 cdefg	4.63 abcdefghi	30.80 abcdef
C44	141.83 abcdefgh	<b>47.30 ab</b>	2.57 abcdefgh	59.37 cdefg	4.33 abcdefghi	14.93 ij
C46	107.40 opqrstuvwxy	39.27 abcd	2.27 cdefgh	63.63 abcdefg	3.97 abcdefghi	24.80 abcdefghij
C47	122.60 cdefghijklmnopqrstuvwxy	37.57 abcde	1.93 defgh	43.23 g	3.73 efghi	22.47 abcdefghij
C49	130.23 abcdefghijklmnop	46.33 abc	2.40 cdefgh	69.57 abcdef	4.67 abcdefghi	25.60 abcdefghij
C50	128.23 abcdefghijklmnopqrst	36.53 bcde	2.53 abcdefgh	67.80 abcdef	4.50 abcdefghi	30.33 abcdefg
C53	121.43 cdefghijklmnopqrstuvwxy	40.03 abcd	2.30 cdefgh	64.47 abcdefg	4.53 abcdefghi	24.63 abcdefghij
C54	102.23 tuvwxy	42.77 abcd	2.57 abcdefgh	62.57 abcdefg	5.50 abcdef	23.70 abcdefghij
C56	142.90 abcdef	39.73 abcd	1.97 defgh	70.87 abcde	4.50 abcdefghi	26.77 abcdefghij
C58	125.10 cdefghijklmnopqrstuvw	<b>48.8 a</b>	2.80 abcdef	<b>83.27 ab</b>	4.63 abcdefghi	26.10 abcdefghij
C61	120.10 cdefghijklmnopqrstuvwxy	35.30 bcde	2.57 abcdefgh	65.10 abcdefg	5.37 abcdefghi	24.77 abcdefghij
C62	116.83 fghijklmnopqrstuvwxy	38.17 abcd	2.20 defgh	58.27 cdefg	4.30 abcdefghi	26.33 abcdefghij
C63	124.83 cdefghijklmnopqrstuvw	41.43 abcd	2.33 cdefgh	70.67 abcde	4.70 abcdefghi	24.80 abcdefghij
C65	122.63 cdefghijklmnopqrstuvwxy	42.40 abcd	2.50 abcdefgh	55.60 cdefg	4.57 abcdefghi	15.13 ij
C67	119.80 defghijklmnopqrstuvwxy	39.00 abcd	2.23 defgh	61.40 abcdefg	<b>5.80 ab</b>	28.50 abcdefghij
C69	135.50 abcdefghijklm	36.87 abcde	2.40 cdefgh	65.00 abcdefg	3.90 defghi	25.30 abcdefghij
C71	127.93 abcdefghijklmnopqrstu	44.87 abcd	2.33 cdefgh	47.73 fg	4.87 abcdefghi	22.90 abcdefghij
C72	108.03 nopqrstuvwxy	35.40 bcde	2.73 abcdefg	63.43 abcdefg	4.77 abcdefghi	24.90 abcdefghij
C74	122.03 cdefghijklmnopqrstuvwxy	<b>46.70 ab</b>	2.87 abcd	51.47 defg	4.93 abcdefghi	25.20 abcdefghij
C76	128.90 abcdefghijklmnopqr	41.77 abcd	2.80 abcdef	68.23 abcdef	4.57 abcdefghi	26.40 abcdefghij
C78	124.20 cdefghijklmnopqrstuvw	42.20 abcd	2.63 abcdefgh	58.40 cdefg	4.30 abcdefghi	25.50 abcdefghij
C83	144.70 abcd	34.43 cde	2.20 defgh	54.13 cdefg	4.63 abcdefghi	31.60 abcd
C84	140.10 abcdefghijkl	40.23 abcd	3.30 abc	65.27 abcdefg	5.63 abcd	32.97 abc
C87	<b>159.30 a</b>	44.87 abcd	2.33 cdefgh	67.17 abcdef	4.73 abcdefghi	28.43 abcdefghij
C90	111.00 mnopqrstuvwxy	36.10 bcde	2.33 cdefgh	<b>75.70 abc</b>	4.27 abcdefghi	<b>36.63 a</b>
C92	128.47 abcdefghijklmnopqrs	39.56 abcd	2.00 defgh	63.23 abcdefg	4.57 abcdefghi	22.27 abcdefghij
C93	105.63 pqrstuvwxy	45.07 abcd	2.47 abcdefgh	64.60 abcdefg	4.27 abcdefghi	16.43 fghij
C94	130.97 abcdefghijklmnop	41.50 abcd	2.43 abcdefgh	58.27 cdefg	4.47 abcdefghi	30.13 abcdefg

C118	120.87	cdefghijklmnopqrstuvwxy	37.87	abcde	2.23	defgh	59.00	cdefg	3.90	defghi	23.63	abcdefghij
C120	113.10	lmnopqrstuvwxy	38.57	abcd	2.27	cdefgh	58.47	cdefg	4.07	bcdefghi	29.83	abcdefgh
C122	<b>152.60</b>	<b>ab</b>	38.20	abcd	2.07	defgh	63.40	abcdefg	3.93	cdefghi	27.37	abcdefghij
C125	110.10	mnopqrstuvwxy	38.23	abcd	2.30	cdefgh	60.80	bcdefg	3.70	fg hij	14.50	j
C130	128.27	bcdefghijklmnopqrst	41.50	abcd	2.40	cdefgh	51.20	defg	5.57	abcde	26.00	abcdefghij
C134	100.07	wxy	38.90	abcd	<b>3.50</b>	<b>a</b>	64.93	abcdefg	4.73	bcdefghi	15.53	hij
C144	113.53	lmnopqrstuvwxy	38.20	abcd	2.37	cdefgh	60.23	cdefg	5.57	abcde	20.50	bcdefghij
C149	111.43	mnopqrstuvwxy	41.37	abcd	2.60	abcdefgh	65.83	abcdefg	4.10	bcdefghi	23.33	abcdefghij
C150	123.47	cdefghijklmnopqrstuvw	36.77	abcde	1.63	h	50.20	efg	5.30	abcdefg	26.37	abcdefghij
C151	106.70	opqrstuvwxy	25.80	e	1.73	gh	<b>84.5</b>	<b>a</b>	3.83	defghi	28.47	abcdefghij
C156	113.30	lmnopqrstuvwxy	37.03	abcde	2.30	cdefgh	58.40	cdefg	4.00	bcdefghi	20.30	bcdefghij
C157	127.80	bcdefghijklmnopqrstu	41.93	abcd	2.50	abcdefgh	68.00	abcdef	4.40	bcdefghi	23.60	abcdefghij
C163	116.53	ghijklmnopqrstuvwxy	42.27	abcd	1.76	fgh	52.07	defg	3.56	ghi	15.67	hij
C164	111.33	mnopqrstuvwxy	36.47	bcde	2.47	abcdefgh	67.80	abcdef	3.30	i	29.13	abcdefghi
C167	96.57	y	43.73	abcd	2.67	abcdefgh	62.27	abcdefg	5.30	abcdefg	29.53	abcdefghij
C168	100.07	wxy	40.47	abcd	2.17	defgh	63.27	abcdefg	4.50	bcdefghi	22.33	bcdefghij
C170	116.77	ghijklmnopqrstuvwxy	38.47	abcd	2.33	cdefgh	52.77	defg	4.80	abcdefghi	16.80	efghij
C171	119.57	defghijklmnopqrstuvwxy	38.33	abcd	2.33	cdefgh	60.73	bcdefg	4.30	bcdefghi	16.47	efghij
C173	125.77	cdefghijklmnopqrstuvw	37.00	abcde	2.10	defgh	53.83	cdefg	3.80	defghi	23.27	abcdefghij
C174	117.83	efghijklmnopqrstuvwxy	39.97	abcd	1.70	gh	73.03	abcd	4.00	bcdefghi	21.67	bcdefghij
C175	108.40	nopqrstuvwxy	39.27	abcd	2.20	defgh	62.87	abcdefg	4.30	bcdefghi	16.07	ghij
C176	97.57	xy	37.90	abcde	2.73	abcdefg	61.23	bcdefg	5.60	abcd	20.97	bcdefghij
C178	127.73	bcdefghijklmnopqrstuv	43.50	abcd	2.37	cdefgh	65.27	abcdefg	4.50	bcdefghi	21.73	abcdefghij
C180	107.83	nopqrstuvwxy	42.23	abcd	2.47	abcdefgh	59.37	cdefg	4.03	bcdefghi	18.30	defghij
C182	132.80	bcdefghijklmno	40.97	abcd	2.67	abcdefgh	67.10	abcdef	4.77	abcdefghi	27.93	abcdefghij
C183	106.07	pqrstuvwxy	39.53	abcd	1.80	efgh	61.50	bcdefg	4.70	bcdefghi	18.03	defghij
C185	108.67	nopqrstuvwxy	38.80	abcd	2.40	cdefgh	51.93	defg	4.73	abcdefghi	23.13	abcdefghij
C187	115.93	hijklmnopqrstuvwxy	40.90	abcd	2.50	abcdefgh	55.17	cdefg	4.37	bcdefghi	26.63	abcdefghij
C188	117.03	efghijklmnopqrstuvwxy	38.67	abcd	2.50	abcdefgh	52.13	defg	3.56	ghi	30.83	abcde
C189	124.10	cdefghijklmnopqrstuvw	38.17	abcd	2.50	abcdefgh	64.53	abcdefg	3.73	efghi	<b>32.90</b>	<b>abc</b>
C191	111.63	mnopqrstuvwxy	39.27	abcd	2.47	abcdefgh	59.47	cdefg	4.67	bcdefghi	19.53	bcdefghij
C194	110.77	mnopqrstuvwxy	34.47	cde	2.67	abcdefgh	60.17	cdefg	3.33	hi	25.63	abcdefghij
C202	114.03	klmnopqrstuvwxy	37.03	abcde	2.30	cdefgh	68.13	abcdef	<b>6.53</b>	<b>a</b>	16.60	efghij
C203	133.80	abcde fghijklmno	36.00	bcde	1.80	efgh	63.07	abcdefg	3.83	defghi	18.83	cdefghij
C204	<b>146.10</b>	<b>abc</b>	44.07	abcd	<b>3.46</b>	<b>ab</b>	66.83	abcdef	3.90	defghi	21.53	bcdefghij
C213	114.07	klmnopqrstuvwxy	39.40	abcd	2.43	bcdefgh	58.47	cdefg	4.20	bcdefghi	27.90	abcdefghij
C214	113.10	lmnopqrstuvwxy	41.23	abcd	2.57	abcdefgh	57.20	cdefg	4.13	bcdefghi	22.00	bcdefghij
C220	138.53	abcde fghijkl	38.30	abcd	2.47	abcdefgh	58.73	cdefg	3.69	ghi	20.40	bcdefghij
C222	130.47	bcdefghijklmnop	39.23	abcd	2.20	defgh	65.00	abcdefg	4.10	bcdefghi	19.40	bcdefghij
<b>CV</b>	6.07		8.57		12.21		10.34		11.57		16.90	
<b>DMS</b>	26.1570		12.1740		1.0514		22.7020		1.8454		14.3930	

Los Valores con la misma letra estadísticamente son iguales; C.V.: coeficiente de variación (%); DMS: Diferencia Mínima Significativa

**Cuadro 8.** Pruebas de comparación de Tukey de las variables morfológicas y del rendimiento, en Chile tipo Miahuateco. Puebla, México. 2024.

Tratamiento	Peso Fresco del Fruto	Número de Frutos Comerciales	Número de Frutos No Comerciales	Número de Frutos Totales	Semillas en un Fruto	Peso en Mil Semillas						
C4	1638.2	abcde fghijk	49.67	bcdefghi	12.67	jklmnopqrstu	62.33	defghijklmnopqr	176.67	klmnop	12.77	ijklmnopqrstu
C6	<b>2253.3</b>	<b>a</b>	59.33	abcde fghijk	7.33	opqrstuv	66.67	bcdefghijklmnopqr	65.67	fg	<b>16.13</b>	<b>a</b>
C9	1577.2	abcde fghijk	54.67	bcde fghijk	15.67	efghijklmnopq	70.33	abcde fghijklmnopq	150.00	mnopqrstuvwxy	14.63	abcde fghijkl
C10	1745.7	abcde fghijk	49.67	bcde fghijk	4.67	tuv	54.33	lmnopqr	147.00	nopqrstuvwxy	12.77	ijklmnopqrstu
C12	1539.7	abcde fghijk	52.67	bcde fghijk	15.00	hijklmnopqrs	67.67	bcde fghijklmnopqr	135.33	qrstuvwxyza	13.00	efghijklmnop
C13	1363.3	bcde fghijk	41.67	hi	18.00	efghijklmno	59.67	ghijklmnopqr	127.67	tuvwxyzab	12.93	ghijklmnopqr
C14	1112.7	jk	44.67	fghi	4.33	uv	49.00	pqr	119.00	vxyzabcd	<b>15.50</b>	<b>ab</b>
C15	1573.1	abcde fghijk	52.67	abcde fghijk	7.33	opqrstuv	60.00	efghijklmnopqr	249.67	cdefg	12.50	lmnopqrstuv
C18	1745.5	abcde fghijk	66.67	abcde f	13.67	ijklmnopqrstu	80.33	abcde fghijk	179.33	ijklmnop	12.93	ghijklmnopqr
C19	1424.5	bcde fghijk	67.33	abcde f	18.67	efghijkl	86.00	abcd	159.00	mnopqrstuv	10.73	pqrstuvw
C20	1533.9	abcde fghijk	55.33	abcde fghijk	30.00	abcd	85.33	abcde	224.00	efgh	11.17	nopqrstuvw
C21	1586.7	abcde fghijk	53.00	abcde fghijk	<b>33.33</b>	<b>ab</b>	86.33	abcd	177.67	ijklmnop	9.83	w
C22	1709.7	abcde fghijk	60.00	abcde fghijk	15.00	hijklmnopqrs	75.00	abcde fghijklmno	128.67	stuvwxyzab	13.13	cde fghijklmno
C24	1929.1	abcde fghijk	68.00	abcde	13.00	ijklmnopqrstu	81.00	abcde fghijk	219.00	fghi	13.00	efghijklmnop
C25	1618.4	abcde fghijk	47.33	cde fghijk	25.33	bcde f	72.67	abcde fghijklmnopq	184.00	hijklmno	13.07	efghijklmno
C27	2042.2	abcd	68.00	abcde	19.67	efghijk	87.67	abc	172.00	lmnopqr	10.86	opqrstuvw
C28	1779.3	abcde fghijk	56.33	abcde fghijk	10.00	klmnopqrstuv	66.33	bcde fghijklmnopqr	181.67	ijklmno	12.93	ghijklmnopqr
C29	1356.5	bcde fghijk	42.67	ghi	12.00	ijklmnopqrstu	54.67	lmnopqr	162.33	mnopqrstu	13.23	bcde fghijklmno
C30	1882.9	abcde fghijk	62.33	abcde fghijk	16.33	efghijklmnop	78.67	bcde fghijklmno	230.33	efg	14.37	abcde fghijklm
C31	1388.6	bcde fghijk	43.33	hi	5.67	rstuv	48.00	qr	177.00	klmnop	14.83	abcde fghijk
C33	1644.4	abcde fghijk	42.33	ghi	8.67	mnopqrstuv	52.00	opqr	109.67	zabcde	14.57	abcde fghijkl
C34	1745.5	abcde fghijk	52.00	abcde fghijk	9.67	lmnopqrstuv	61.67	defghijklmnopqr	164.33	mnopqrstu	13.03	efghijklmnop
C35	<b>2114.3</b>	<b>ab</b>	<b>70.00</b>	<b>abc</b>	7.00	opqrstuv	77.00	abcde fghijklmno	147.00	nopqrstuvwxy	10.83	opqrstuvw
C37	1454.2	bcde fghijk	45.67	efghi	8.67	mnopqrstuv	54.33	lmnopqr	144.00	opqrstuvwxyza	13.07	efghijklmno
C38	1636.3	abcde fghijk	46.33	defghi	7.67	opqrstuv	54.00	lmnopqr	178.67	ijklmnop	14.67	abcde fghijkl
C39	1858.0	abcde fghijk	51.33	bcde fghijk	7.00	opqrstuv	58.33	hijklmnopqr	74.33	efg	11.17	nopqrstuvw
C40	1768.9	abcde fghijk	50.00	bcde fghijk	13.67	ijklmnopqrstu	63.67	cde fghijklmnopqr	54.33	g	12.83	hijklmnopqrstu
C42	1909.6	abcde fghijk	54.00	abcde fghijk	15.00	hijklmnopqrs	69.00	bcde fghijklmnopqr	151.33	mnopqrstuvwxy	10.53	tuvw
C43	2031.9	abcde	54.33	abcde fghijk	5.33	stuv	59.67	ghijklmnopqr	152.00	mnopqrstuvw	12.83	hijklmnopqrstu
C44	1647.5	abcde fghijk	46.33	defghi	8.67	mnopqrstuv	55.00	klmnopqr	180.33	ijklmno	11.03	nopqrstuvw
C46	1609.9	abcde fghijk	59.67	abcde fghijk	12.33	ijklmnopqrstu	72.00	abcde fghijklmnopq	81.33	cdefg	11.30	nopqrstuvw

C47	1485.0 abcdefghijk	55.00 abcdefghi	7.67 opqrstuv	62.67 defghijklmnopqr	133.33 rstuvwxyza	12.90 ghijklmnopqrs
C49	1966.9 abcdefg	52.00 abcdefghi	8.33 nopqrstuv	60.33 fghijklmnopqr	112.00 xyzabcde	14.77 abcdefghijkl
C50	1859.1 abcdefghijk	69.00 abcd	14.00 iklmnopqrstu	83.00 abcdefgh	166.67 mnopqrst	13.07 efghijklmno
C53	1798.5 abcdefghijk	56.33 abcdefghi	11.33 klmnopqrstuv	67.67 bcdefghijklmnopqr	<b>290.67 ab</b>	11.37 nopqrstuvw
C54	1708.7 abcdefghijk	61.33 abcdefghi	8.67 mnopqrstuv	70.00 abcdefghijklmnopq	224.33 efgh	13.10 defghijklmno
C56	1592.2 abcdefghijk	63.33 abcdefgh	5.00 tuv	68.33 bcdefghijklmnopqr	111.00 yzabcde	12.73 iklmnopqrstu
C58	1715.3 abcdefghijk	<b>71.67 ab</b>	4.33 uv	76.00 abcdefghijklmno	181.67 iklmno	14.93 abcdefghijk
C61	1780.7 abcdefghijk	50.00 bcdefghi	10.00 klmnopqrstuv	60.00 fghijklmnopqr	114.67 wxyzabcde	11.03 nopqrstuvw
C62	1695.6 abcdefghijk	61.67 abcdefghi	6.67 parstuv	68.33 bcdefghijklmnopqr	233.67 defg	14.87 abcdefghijk
C63	1478.8 abcdefghijk	48.67 cdefghi	11.67 klmnopqrstu	60.33 fghijklmnopqr	120.00 vwxyzabc	14.70 abcdefghijkl
C65	1797.5 abcdefghijk	52.00 abcdefghi	6.67 parstuv	58.67 hijklmnopqr	132.67 rstuvwxyza	15.17 abcdefg
C67	1576.7 abcdefghijk	49.00 bcdefghi	15.67 fghijklmnopq	64.67 cdefghijklmnopqr	176.33 klmnop	12.73 iklmnopqrstu
C69	1415.3 bcdefghijk	54.00 abcdefghi	16.67 fghijklmno	70.67 abcdefghijklmnopq	139.00 pqrstuvwxyza	11.27 nopqrstuvw
C71	1671.0 abcdefghijk	49.67 bcdefghi	6.67 parstuv	56.33 iklmnopqr	181.00 iklmno	12.87 ghijklmnopqrs
C72	1331.5 cdefghijk	41.33 hi	15.33 ghijklmnopqr	56.67 iklmnopqr	169.00 mnopqrs	12.93 ghijklmnopqr
C74	1877.3 abcdefghijk	42.00 hi	7.33 opqrstuv	49.33 pqr	231.67 efg	13.13 cdefghijklmno
C76	<b>2096.4 abc</b>	51.33 bcdefghi	1.67 v	53.00 nopqr	218.00 fghij	11.03 nopqrstuvw
C78	1401.4 bcdefghijk	48.00 cdefghi	20.33 defghij	68.33 bcdefghijklmnopqr	167.00 mnopqrst	12.73 iklmnopqrstu
C83	1382.1 bcdefghijk	61.33 abcdefghi	10.00 klmnopqrstuv	71.33 abcdefghijklmnopq	146.67 nopqrstuvwxyza	10.83 opqrstuvw
C84	1630.4 abcdefghijk	45.00 fghi	4.33 uv	49.33 pqr	147.33 nopqrstuvwxyza	13.07 efghijklmno
C87	1398.3 bcdefghijk	39.33 i	5.67 rstuv	45.00 r	264.33 bcde	12.83 hijklmnopqrstu
C90	1503.1 abcdefghijk	59.33 abcdefghi	25.00 bcdefg	84.33 abcdefg	237.67 cdefg	10.17 w
C92	1511.6 abcdefghijk	62.67 abcdefgh	15.67 fghijklmnopq	78.33 abcdefghijklm	166.33 mnopqrst	<b>16.60 a</b>
C93	<b>2128.5 ab</b>	60.33 abcdefghi	12.67 klmnopqrstu	73.00 abcdefghijklmnop	158.67 mnopqrstuv	12.70 iklmnopqrstu
C94	1798.6 abcdefghijk	58.00 abcdefghi	9.00 mnopqrstuv	66.67 bcdefghijklmnopqr	181.33 iklmno	12.63 klmnopqrstu
C118	1826.1 abcdefghijk	<b>77.33 a</b>	7.00 opqrstuv	81.33 abcdefghi	175.67 lmnopq	10.60 stuvw
C120	1670.6 abcdefghijk	65.33 abcdefgh	13.33 klmnopqrstu	78.67 abcdefghijklm	106.00 abcdef	10.93 nopqrstuvw
C122	1388.8 bcdefghijk	70.00 abc	8.67 mnopqrstuv	78.67 abcdefghijklm	274.00 bcd	11.87 nopqrstuvw
C125	1388.2 bcdefghijk	59.00 abcdefghi	13.00 klmnopqrstu	72.00 abcdefghijklmnopq	131.00 stuvwxyza	<b>15.57 a</b>
C130	1188.2 hijk	57.33 abcdefghi	18.67 efghijkl	76.00 abcdefghijklmno	89.67 bcdefg	15.43 abc
C134	1374.3 bcdefghijk	50.33 bcdefghi	13.33 klmnopqrstu	63.67 cdefghijklmnopqr	224.33 efgh	14.97 abcdefghi
C144	1426.6 bcdefghijk	56.67 abcdefghi	15.33 ghijklmnopqr	72.00 abcdefghijklmnopq	189.00 hijklm	11.23 nopqrstuvw
C149	1989.6 abcdefg	55.33 abcdefgh	15.67 fghijklmnopq	71.00 abcdefghijklmnopq	144.00 opqrstuvwxyza	10.50 uvw
C150	1404.9 bcdefghijk	63.00 abcdefgh	12.33 klmnopqrstu	75.33 abcdefghijklmno	78.67 defg	15.40 abcd
C151	1440.8 bcdefghijk	66.33 abcdef	24.00 bcdefgh	<b>90.33 ab</b>	167.00 mnopqrst	10.36 vw
C156	1581.4 abcdefghijk	56.33 abcdefghi	24.00 bcdefgh	80.33 abcdefghij	212.67 ghijkl	10.03 w
C157	1586.4 abcdefghijk	42.33 hi	18.33 efghijklm	60.67 efghijklmnopqr	68.00 fg	<b>15.83 a</b>
C163	1409.2 bcdefghijk	48.00 cdefghi	31.00 abc	79.00 abcdefghijkl	66.00 fg	12.77 iklmnopqrstu
C164	1189.1 hijk	64.00 abcdefgh	8.67 mnopqrstuv	72.67 abcdefghijklmnopq	264.33 bcde	12.63 klmnopqrstu
C167	2014.3 abcdef	51.00 bcdefghi	6.67 parstuv	57.67 iklmnopqr	145.33 opqrstuvwxyza	12.83 hijklmnopqrstu
C168	1581.4 abcdefghijk	47.67 cdefghi	<b>35.33 a</b>	83.00 abcdefgh	166.00 mnopqrst	10.63 rstuvw
C170	1231.3 ghijk	50.67 bcdefghi	12.33 klmnopqrstu	63.00 cdefghijklmnopqr	254.00 bcdef	12.80 hijklmnopqrstu
C171	1537.3 abcdefghijk	53.67 abcdefghi	14.00 iklmnopqrstu	67.67 bcdefghijklmnopqr	216.67 fghijk	14.90 abcdefghijk
C173	1253.0 fghijk	62.67 abcdefgh	6.67 parstuv	69.33 bcdefghijklmnopqr	124.00 uvwxyzab	12.77 iklmnopqrstu
C174	1240.3 fghijk	54.00 abcdefghi	13.33 iklmnopqrstu	67.33 bcdefghijklmnopqr	186.67 hijklmn	12.80 hijklmnopqrstu
C175	1249.7 fghijk	49.33 bcdefghi	13.33 klmnopqrstu	62.67 defghijklmnopqr	162.00 mnopqrstu	12.97 fghijklmnopq
C176	1598.1 abcdefghijk	66.67 abcdef	27.67 abcde	<b>94.33 a</b>	144.67 opqrstuvwxyza	10.67 qrstuvw
C178	1933.8 abcdefgh	63.67 abcdefgh	7.00 opqrstuv	70.67 abcdefghijklmnopq	<b>319.33 a</b>	15.10 abcdefgh
C180	1422.7 bcdefghijk	50.33 bcdefghi	23.00 cdefghi	73.33 abcdefghijklmnopq	180.00 iklmno	15.26 abcdef
C182	1280.4 defghijk	46.00 efghi	6.67 parstuv	52.67 nopqr	163.67 mnopqrstu	10.63 rstuvw
C183	1556.4 abcdefghijk	55.67 abcdefghi	24.00 bcdefgh	79.67 abcdefghijk	184.00 hijklmno	12.070 mnopqrstuvw
C185	1464.5 bcdefghijk	55.00 abcdefghi	20.67 defghij	75.67 abcdefghijklmno	163.33 mnopqrstu	14.53 abcdefghijkl
C187	1588.5 abcdefghijk	56.67 abcdefghi	15.00 hijklmnopqrs	71.67 abcdefghijklmnopq	181.33 iklmno	12.80 hijklmnopqrstu
C188	1811.4 abcdefghijk	64.00 abcdefgh	20.67 defghij	84.67 abcdef	148.67 mnopqrstuvwxyza	<b>15.46 ab</b>
C189	1456.5 bcdefghijk	59.00 abcdefghi	6.00 qrstuv	65.00 cdefghijklmnopqr	158.67 mnopqrstuv	13.07 efghijklmno
C191	1509.1 abcdefghijk	55.33 abcdefghi	14.33 hijklmnopqrstu	69.67 abcdefghijklmnopqr	240.67 cdefg	10.83 opqrstuvw
C194	1264.2 efghijk	48.00 cdefghi	24.00 bcdefgh	72.00 abcdefghijklmnopq	168.00 mnopqrst	12.80 hijklmnopqrstu
C202	1805.6 abcdefghijk	63.67 abcdefgh	24.00 bcdefgh	<b>87.67 abc</b>	<b>275.33 bc</b>	12.90 ghijklmnopqrs
C203	1535.0 abcdefghijk	54.33 abcdefghi	15.00 hijklmnopqrs	69.33 bcdefghijklmnopqr	177.00 klmnop	10.60 stuvw
C204	1873.5 abcdefghijk	57.33 abcdefghi	8.67 mnopqrstuv	66.00 bcdefghijklmnopqr	154.67 mnopqrstuvw	13.10 defghijklmno
C213	1136.7 ijk	43.00 ghi	9.00 lmnopqrstu	52.00 opqr	114.00 wxyzabcde	12.70 iklmnopqrstu
C214	1370.4 bcdefghijk	61.67 abcdefghi	7.67 opqrstuv	69.33 bcdefghijklmnopqr	165.00 mnopqrst	15.30 abcde
C220	1054.5 k	55.00 abcdefghi	8.33 nopqrstuv	63.33 cdefghijklmnopqr	217.00 fghijk	11.17 nopqrstuvw
C222	1132.8 ijk	46.33 defghi	15.67 fghijklmnopq	62.00 defghijklmnopqr	165.33 mnopqrst	11.10 nopqrstuvw
<b>CV</b>	13.67	11.65	20.4	10.23	6.29	5.08
<b>DMS</b>	777.2200	22.8560	9.6720	24.9130	40.6840	2.3231

Los Valores con la misma letra estadísticamente son iguales; C.V.: coeficiente de variación (%); DMS: Diferencia Mínima Significativa

**Cuadro 9.** Resultados de las medidas de variación para la caracterización morfológica de colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).

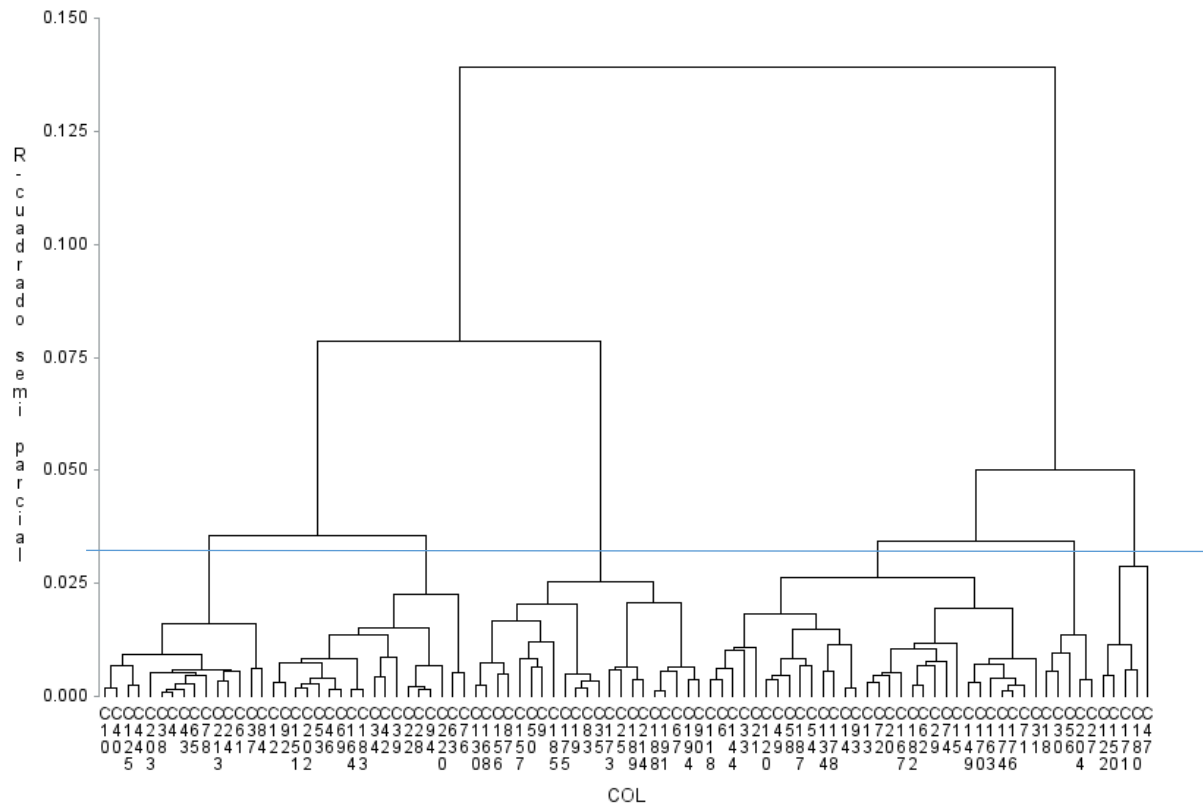
Variable de estudio	Media	Valor Máximo	Valor Mínimo	DMS	C.V. (%)	T
Longitud a primer bifurcación (cm)	30.070	39.90	18.700	6.903	6.44	**
Altura de la planta (cm)	117.210	136.0	92.670	19.675	4.71	**
Diámetro del tallo (mm)	16.140	19.50	11.700	5.902	10.26	**
Longitud de la hoja (mm)	129.010	146.30	105.800	18.469	4.01	**
Ancho de la hoja (mm)	68.820	81.130	54.1700	14.776	6.03	**
Longitud del peciolo (mm)	60.790	82.100	40.3700	20.838	9.63	**
Longitud del fruto (mm)	120.980	159.30	96.5700	26.157	6.07	**
Ancho del fruto (mm)	39.850	48.830	25.800	12.174	8.57	**
Grosor del pericarpio (mm)	2.410	3.500	1.630	1.051	12.21	**
Longitud del pedúnculo (mm)	61.640	84.50	43.230	22.702	10.34	**
Diámetro del pedúnculo (mm)	4.480	6.530	3.300	1.845	11.57	**
Longitud de la placenta (mm)	23.850	36.630	14.230	14.393	16.90	**
Peso fresco en fruto (g)	1,600.50	2,253.30	1,054.50	777.220	13.67	**
Número de Frutos comerciales	55.170	74.33	39.33	22.856	11.65	**
Número de Frutos no comerciales	13.350	35.33	1.66	9.672	20.4	**
Número de Frutos totales	68.510	94.30	45	24.913	10.23	**
Semilla por fruto	168.720	319.38	54.33	40.684	6.29	**
Peso en mil semillas (g)	12.820	16.60	8.83	2.323	5.08	**

DMS: Diferencia mínima significativa; C.V.: coeficiente de variación (%); T: Significancia

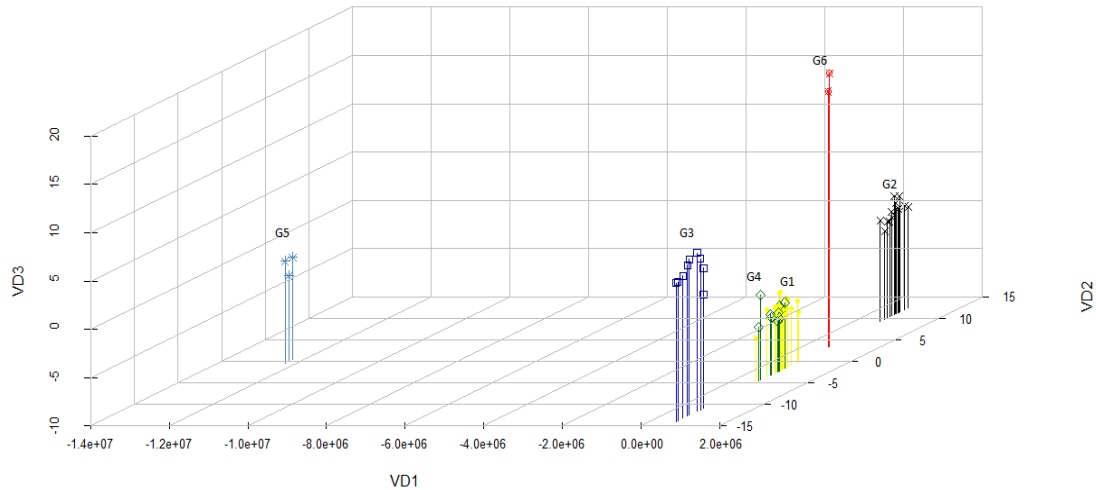
Los parámetros estadísticos utilizados para definir el número de grupos, indica la presencia de agrupamientos (Figura 5), mismos que incluyen 15, 30, 21, 18, 5 y 5 genotipos respectivamente.

Por su parte, el análisis discriminante ratificó que los agrupamientos generados a través del agrupamiento jerárquico fueron correctos. Adicionalmente, este procedimiento estadístico delimitó las variables de estudio de mayor expresión en la variabilidad morfológica, las cuales explicaron el 90.1 % de la variación presente en las colectas evaluadas (Figura 6). Las tres primeras variables discriminantes (VD) fueron las de mayor relevancia. La VD1 se asoció negativamente con la cavidad peduncular (cajete).

Por su parte, la VD2 se asoció negativamente con la variable número de frutos totales, forma de la sección longitudinal del fruto y forma del fruto. Mientras que la VD3 se asoció negativamente con la variable número de flores y número de frutos por bifurcación (Figura 5, 6). Con base en estos resultados, fue posible identificar a seis grupos y definir las principales diferencias morfológicas entre las poblaciones de genotipos evaluados, diferencias expresadas principalmente en características del fruto.



**Figura 3.** Jerarquía de caracteres morfológicos, derivado de distancias Gower y algoritmo de mínima varianza de Ward, en la evaluación de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco.



**Figura 4.** Variables distintivas a partir de caracteres morfológicos en los grupos formados, en la evaluación de 95 colectas de chile tipo Miahuateco.

Estudios recientes sobre la diversidad de chiles nativos en México, proponen a las variables morfológicas fruto y flor, como los caracteres de mayor importancia para identificar agrupamientos en el género *Capsicum*, lo cual coincide con los resultados de esta investigación, siendo la variable de fruto en sus características de: cavidad peduncular, forma de fruto, forma de la sección longitudinal, color, y número de frutos totales por planta lo que favoreció la diferenciación de genotipos, esto coincide con Toledo-Aguilar et al., 2011 y Castellón et al., 2014 al estudiar variedades endémicas de chile poblano, y genotipos de chiles nativos de Oaxaca.





1  
Cavidad  
Nula

3  
Cavidad  
Escasa

5  
Cavidad  
Media

7  
Cavidad  
Profunda

**Figura 5.** Variable distintiva: Cavidad peduncular, en la caracterización morfológica de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).



1  
Color  
Marrón

3  
Color  
Rojo

5  
Color  
Negro

**Figura 6.** Variable distintiva: Color del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).



1  
Forma  
De Cuerno



3  
Forma  
Triangular



5  
Forma  
Trapezoidal



7  
Forma  
Rectangular  
(Miahuateco)

**Figura 7.** Variable distintiva: Forma de sección longitudinal del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).



1  
Forma  
Rectangular



3  
Forma  
Triangular



5  
Forma  
De Cuerno



7  
Forma  
Trapezoidal



9  
Forma  
De Corazón

**Figura 8.** Variable distintiva: Forma del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).



1  
Forma  
Circular

3  
Forma  
Rectangular

5  
Forma  
Elíptica

7  
Forma  
Triangular

**Figura 9.** Variable distintiva: Forma de sección transversal y número de lóculos en fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).



1  
Una flor

3  
Dos flores

5  
Tres flores

**Figura 10.** Variable distintiva: Número de Flores y/o frutos presentes por bifurcación, en la caracterización morfológica de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).





Intervalo de 9 a 15 cm

**Figura 11.** Variable distintiva: Longitud del fruto, en la caracterización morfológica de 95 colectas de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.).

## 6. 2. Criterios de Calidad en Frutos de Chile tipo Miahuateco

Los resultados de esta investigación, permitieron conocer la gran diversidad genética presente en poblaciones nativas de Chile tipo Miahuateco expresado en formas, tamaños, tonalidad e intensidad de color, presencia y ausencia de cavidad peduncular, formas de la sección longitudinal, longitud y ancho de fruto, lo cual favorece la puesta en marcha de un programa de mejoramiento genético para la generación de variedades mejoradas, acorde a los criterios de calidad definidos en fruto (Cuadro 10) que identifican a esta importante especie hortícola del género *Capsicum*.

**Cuadro 10.** Criterios sobre la Calidad del fruto de Chile tipo Miahuateco (*Capsicum annuum* L.), acorde a caracteres de interés agronómico.

<b>Caracter</b>	<b>Descripción</b>
<b>Longitud del fruto</b>	130 - 140 mm
<b>Ancho del fruto</b>	35 - 45 mm
<b>Color</b>	Marrón
<b>Forma del Fruto</b>	Rectangular
<b>Forma de sección longitudinal</b>	Rectangular
<b>Cavidad peduncular (Cajete)</b>	Nula (Ausente)

### 6. 3. Necesidades de Investigación

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron definir los criterios que definen a un fruto de calidad y auténtico de chile tipo Miahuateco, sin embargo, se hace evidente la necesidad de desarrollar investigación complementaria de gran relevancia en los rubros de:

- ✓ Contenido, tipo y usos de capsaicinoides
- ✓ Contenido, tipo y usos de carotenoides,
- ✓ Métodos efectivos de deshidratado,
- ✓ Estudio de mercado,
- ✓ Alternativas de presentación en el mercado

Estos estudios darán certeza y guía en la generación de variedades mejoradas de gran impacto y aceptación, para la producción de esta importante hortaliza.

## 7. Conclusiones

La caracterización morfológica con descriptores del IPGRI, fue una estrategia muy importante para conocer la diversidad genética de poblaciones nativas de Chile tipo Miahuateco, la cual estuvo determinada esencialmente por las características de fruto, lo que permitió una adecuada selección de genotipos de interés agronómico, que resulta de gran utilidad para generar un programa sobre mejoramiento genético de esta importante especie.

Los criterios de calidad en frutos de Chile tipo Miahuateco acorde a caracteres de interés agronómico son: longitud, ancho, color, forma del fruto, forma de sección longitudinal, y la cavidad peduncular (cajete), de allí que los criterios de calidad que definen un fruto de calidad y auténtico de Chile tipo Miahuateco son: Longitud de 130 - 140 mm; Ancho de 35 a 45 mm; Color marrón; Forma del fruto rectangular; Forma de la sección longitudinal rectangular, y la característica de nula presencia de cavidad peduncular (cajete).

La importancia de este tipo de Chile, se sustenta, en que además de ser un condimento diverso en la gastronomía mexicana, dadas sus cualidades en contenido de capsaicinoides, presencia de una gran diversidad de carotenoides, lo convierten en una excelente fuente de ácido ascórbico (Vitamina C), Carotenoides (Provitamina A), Tocoferoles (Vitamina E), Flavonoides, y Minerales, características que lo llevan a ser considerado un alimento funcional.

Este trabajo representa la base para futuros trabajos de investigación, donde queda enmarcada una estrecha relación entre la agricultura y la industria alimentaria.

## 8. Bibliografía

- Abadie, T., y Barretta, A. (2010). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (Eds.), *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del cono sur* (págs. 91-100). Procisur.
- Abu, N. E., Udoh, O. E., & Uguru, M. I. (2019). Evaluation of the parental and hybrid lines- Heterosis and other genetic parameters among *Capsicum annum* genotypes and their hybrids. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 11(1), 11-16. [doi: 10.5897/JPBCS2018.0739](https://doi.org/10.5897/JPBCS2018.0739)
- Adetula, A. O., & Olakojo, S. A. (2006). Genetic characterization and evaluation of some pepper accessions *Capsicum frutescens* (L): The Nigerian 'Shombo' collections. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 1, 273-281.
- Aguilar, R. V. H., Corona, T. T., López, L. P., Latournerie, M. L., Ramírez, M. M., Villalón, M. H., & Aguilar, C. J. A. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI. Colegio de Postgraduados, INIFAP. IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Azofeita-Delgado, A. (2006). Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 221-242.
- Barbero, G. F., Ruiz, A. G., Liazid, A., Palma, M., Vera, C. J. C., & Barroso, G. (2014). Evolution of total and individual capsaicinoids in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annum* L.). *Food Chemistry*, 153, 200-206.
- Borovsky, Y., & Paran, I. (2011). Characterization of fs10.1, a major QTL controlling fruit elongation in *Capsicum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 123, 657-665. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1615-7>



- Bosland, P. W., Coon, D., & Reeves, G. (2012). 'Trinidad Moruga Scorpion' pepper is the world's hottest measured chile pepper at more than two million Scoville Heat Units. *HortTechnology*, 22, 534-538.
- Campos, A. L., Marostega, T. N., Cabral, N. S. S., Araújo, K. L., Serafim, M. E., Seabra-Júnior, S., Sudré, C. P., Rodríguez, R., & Neves, L. G. (2016). Morphoagronomic and molecular profiling of *Capsicum* spp from southwest Mato Grosso, Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 15(3), Artículo gmr.15038167. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038167>
- Camacho, V., Maxted, T. C. N., Scholten, M., & Ford-Lloyd, B. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 3, 373-384.
- Caro, E. M., Leyva M. C. & J. Ríos S. (2014). Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. *Revista de Economía*, 31, 95-128.
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., & Valiente-Banuet, A. (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamérica. *Annals of Botany*, 100, 1101-1115. doi: 10.1093/aob/mcm126
- Castañón-Nájera, G., Latournerie-Moreno, L., Lesher-Gordillo, J. M., Cruz-Lázaro, & Mendoza-Elos, E. de la, M. (2010). Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 26, 225-234.
- Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., Ruiz-Salazar, R., & Mayek-Pérez, N. (2011). AFL marker application to explore heterosis in *Capsicum* spp. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 80, 53-88.
- Castellón, M. E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., & Vera-Guzmán, A. M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.)

nativo de Oaxaca, México. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 83, 225-236.

- Cázares-Sánchez, E., Ramírez-Vallejo, P., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R. M., Rodríguez-González, M. T., & Chávez-Servia, J. L. (2005). Capsaicinoids and preference of use in different morphotypes of chili peppers (*Capsicum annum* L.) of east-central Yucatan. *Agrociencia*, 39, 627-638.
- Charafi, J., Meziane, A., Moukhli, A., Boulouha, B., Modafar, C., & Khadari, B. (2008). Menara gardens: a Moroccan olive germplasm collection identified by a SSR locus-based genetic study. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(6), 893-900. <https://10.1007/s10722-007-9294-6>
- Corona-Torres, T., García-Velázquez, A., Castillo-González, F., Montero-Tavera, V., & Azpiroz-Rivero, H. S. (2000). Caracterización isoenzimática de la diversidad genética de colectas de chile (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 6, 5-17. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.1999.04.033>
- De Souza, S. G. T., Pereira, S. A. H., Ferreira, Z. A. A., Isidoro, H. C. W., Matsushita, M., & Peralta, R. M. (2015). Fatty acid composition of *Capsicum* genus peppers. *Food Science And Technology*, 39(4). <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000400008>
- Djian-Caporalino, C. V., Lefevre, A. M., y Sage-Daubeze, P. A. (2006). Capsicum. En *Vegetable Crops*. R. J. Singh (eds.), *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement* (págs.185-243). Vol. 3. CRC Press. Boca Raton, FL.
- FAO. (2010). Segundo Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Rome, Italy. 372 p.

- Franco, T. L. & Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Cali, Colombia: *Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)*. 89 p.
- Giuffrida, D., Dugo, P., Torre, G., Bignardi, C., Cavazza, A., Corradini, C., & Dugo, G. (2013). Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry*, *140*, 794-802.
- González-Cortés, N., Jiménez, R., Guerra, E. C., Silos, H., & Payro, E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *6*(11), 2211-2218.
- González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, J. G., Pérez-Morales, R., Rodríguez O., J. C., & García-Hernández, J. L. (2013). Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, *18*, 13471-13486.
- Google Maps. (19 de Junio de 2022). *Mapa de Localización del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N°184*. Obtenido de Mapa de Localización del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N°184: [https://www.google.com.mx/maps/place/CBTA+184/@18.2188154,-98.0394659,14z/data=!4m6!3m5!1s0x85cf422f79d2f495:0x7b462a2d2a72d7fe!8m2!3d18.2229682!4d-98.0386076!16s%2Fg%2F1tdqn\\_5b](https://www.google.com.mx/maps/place/CBTA+184/@18.2188154,-98.0394659,14z/data=!4m6!3m5!1s0x85cf422f79d2f495:0x7b462a2d2a72d7fe!8m2!3d18.2229682!4d-98.0386076!16s%2Fg%2F1tdqn_5b).
- Guzman, I., Bosland, P. W., y O'Connell, M. A. (2011). Heat, color, and flavor compounds in *Capsicum* fruit. En D. R. Gang (ed.), *The Biological Activity of Phytochemicals. Recent Advances in Phytochemistry*. (págs. 109-126). Springer. New York.
- Haralayya, B., & Asha, I. S. (2017). Molecular Marker Application in *Capsicum* spp.: A supplement to Conventional Plant Breeding. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(11), 3840-3855

- Hernández, V. A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista BioCiencias*, 2(3), 113-118.
- Hernández-Verdugo, S., Dávila, A. P., & Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 64, 65-84. doi: 10.17129/botscl.1583
- Hernández-Verdugo, S., González-Sánchez, R. A., Porras, F., Parra-Terraza, S., Valdéz-Ortíz, A., Pacheco-Olvera, A., & López-España, R. G. (2015). Plasticidad fenotípica de poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) en respuesta a disponibilidad de luz. *Botanical Science*, 93(2), 231-240. doi: 10.17129/botscl.237
- Hidalgo R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En T. L. Franco, R. Hidalgo (eds.), *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos* (pags. 2-26). Boletín Técnico IPGRI No. 8. *Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos* (IPGRI). Cali, Colombia.
- Hill, T. A., Ashrafi, H., Reyes-Chin-Wo, S., Yao, J., Stoffel, K., Truco, M. J., Kozik, A., Michelmore, R. W., & Van, D. A. (2013). Characterization of *Capsicum annuum* genetic diversity and population structure based on parallel polymorphism Discovery with a 30K unigene pepper genechip. *PloS One*, 8 (1-16). doi: 10.1371/journal.pone.0056200
- Hornero-Méndez, D., Costa-García, J., & Mínguez-Mosquera, M. I. (2002). Characterization of carotenoid high-producing *Capsicum annuum* cultivars selected for paprika production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5711-5716.
- IPGRI, AVRDC, CATIE. (1995). Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro

Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 51 p.

Iriondo, A. J. M. (2001). Conservación de recursos fitogenéticos. En F. González-Andrés y J. M. Pita (eds), *Conservación y caracterización de Recursos Fitogenéticos* (págs. 15-32). Publicaciones INEA. Valladolid, España.

Hotelling, H. (1951). A generalized T test and measure of multivariate dispersion. Proceeding of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. *The Regents of the University of California*.

Ji, L., Li, P., Su, Z., Li, M., & Guo, S. (2020). Cold-tolerant introgression line construction and low-temperature stress response analysis for bell pepper. *Plant Signaling & Behavior*, 15(7), Artículo e1773097. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1773097>

Johnson, D. E. (2000). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Edit. Paraninfos. 566 p.

Kadri, B. M., Esiyok, E., & Turhan, K. (2009). Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7, 83-95.

Khoury, C. K., Carver, D., Barchenger, D. W., Barboza, G. E., Van, Zonneveld, M., & Jarret, R. (2020). Modelled distributions and conservation status of the wild relatives of chile peppers (*Capsicum* L.). *Biodiversity Research*, 26(2), 209-225. <https://doi.org/10.1111/ddi.13008>

Konishi, A., Furutani, A., Minamiyama, Y., & Ohyama, A. (2019). Detection of quantitative trait loci for capsanthin content in pepper (*Capsicum annuum* L.) at different fruit ripening stages. *Breeding Science*, 69(1), 30-39.

- Liu, A., Han, C., Zhou, X., Zhu, Z., Huang, F., & Shen, Y. (2013). Determination of three capsaicinoids in *Capsicum annuum* by pressurized liquid extraction combined with LCMS/MS. *Journal of Separation Science*, 36, 857-862.
- Lowe, A., Harris, S., & Ashton, P. (2004). *Ecological Genetics. Design, Analysis, and Application*. Oxford, UK: Blackwell Publishing. 344 p.
- Manzila, I., Priyatno, T. P., Nugroho, K., Terryana, R. T., Lestari, P., & Hidayat, S. H. (2020). Molecular and morphological characterization of EMS-induced chili pepper mutants resistant to Chili vein mottle virus. *Biodiversitas*, 21(4), 1448-1457. doi: 10.13057/biodiv/d210424
- Martínez-Sánchez, D., Pérez-Grajales, M., Rodríguez-Pérez, J. E., & Moreno, P. E. C. (2010). Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16, 169-176.
- Massot P. H., & Barbieri, R. L. (2016). Plant breeding of chili peppers (*Capsicum*, solanaceae) A review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(15), 148-154.
- Meckelmann, S. W., Riegel, D. W., van Zonneveld, M. J., Ríos, L., Peña, K., Ugas R., Quiñonez, L., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2013). Compositional characterization of native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2530-2537.
- Morán, B., Ribero, B. M., García, F. Y., y Ramírez, V. P. (2004). Patrones isoenzimáticos de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) de Yucatán, México. En J. L. Chávez-Servia, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.), *Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales* (págs. 83-89). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.

- Naghavi, M. R., & Jahansouz, M. R. (2005). Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47, 375-379.
- Naresh, P., Lin, S. W., Lin, C. Y., Wang, Y. W., Schafleitner, R., Kilian, A., & Kumar, S. (2018). Molecular markers associated to two non-allelic genic male sterility genes in peppers (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 9, 1343. doi: 10.3389/fpls.2018.01343
- Naves, E. R., Silva, L. A., Sulpice, R., Araujo, W. L., Nunes-Nesi, A., & Peres, L. E. P. (2019). Caapsaicinoids: pungency beyond Capsicum. *Trends in Plant Science*, 24, 109-120. doi: 10.1016/j.tplants.2018.11.0011
- Nicolai, M., Cantet, M., Lefebvre, V., Sage-Palloix, A. M., & Palloix, A. (2013). Genotyping a large collection of pepper (*Capsicum* spp.) with SSR loci brings new evidence for the wild origin of cultivated *C. annuum* and the structuring of genetic diversity by human selection of cultivar types. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60, 2375-2390. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0006-0>
- Orellana-Escobedo, L., García-Amezquita, L. E., Olivas, G. I., Ornelas-Paz, J. J., & Sepúlveda, D. R. (2013). Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chili peppers (*Capsicum* spp.) cultivated in the State of Chihuahua. *CyTA-Journal of Food*, 112, 179-184. doi: 10.1080/19476337.2012.716082
- Pacheco-Olvera, A., Hernández-Verdugo, S., Rocha-Ramírez, V., González-Rodríguez, A., & Oyama, K. (2012). Genetic diversity and structure of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Northwestern Mexico analyzed by microsatellite markers. *Crop Science*, 52, 231-241. doi: 10.2135/cropsci2011.06.0319
- Parry, C., Wang, Y. W., Lin S. W., & Barchenger, D. W. (2021). Reproductive compatibility in *Capsicum* is not necessarily reflected in genetic or phenotypic similarity between species complexes. *PLoS ONE*, 16(3), Artículo e0243689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243689>

- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meza, M., & Mayek-Pérez, N. (2015). Advances and perspectives about the study of the origin and genetic diversity of *Capsicum* spp. *Filogenia y Diversidad en Capsicum*, 2(4), 117-128.
- Pereira-Dias, L., Vilanova, S., Fita, A., Prohens, J., & Rodríguez-Barrueso, A. (2019). Genetic diversity, population structure, and relationships in a collection of pepper (*Capsicum* spp) landraces from the Spanish centre of diversity revealed by genotyping-by-sequencing (GBS). *Horticulture Research*, 6(54). doi: 10.1038/s41438-019-0132-8
- Pickersgill, B. (1991). Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. En Part, B. T. y P. K. Gupta (Eds.), *Chromosome Engineering in Plants, Genetics, Breeding and Evolution* (págs. 139-160). Elsevier, Amsterdam.
- Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96, 129-133. doi: 10.1023/A:1002913228101
- Pickersgill, B. (2007). Domestication of plants in the Americas: Insights from Mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany*, 100, 925-940. doi: 10.1093/aob/mcm193
- Piñeiro, D., Caballero-Mellano, J., Cabrera-Toledo, D., Canteros, C. E., Casas, A., Castañeda-Sortibrán, A., Castillo, A., Cerritos, R., Chassin-Noria, O., Colunga-García, M. P., Delgado, P., Díaz-Jaimes, P., Eguiarte, L. E., Escalante, A. E., Espinoza, B., Fleury, A., Flores, R.S., Fragoso, G., González-Astorga, J., Islas, V. V., Martínez, E., Martínez, F., Martínez-Castillo, J., Mastretta, Y. A., Medellín, R., Medrano-González, L., Molina-Freaner, F., Morales, V. B., Murguía, V. A., Payró de la Cruz, E., Reyes-Montes, M., Robles, S. M., Rodríguez-Arellanes, G., Rojas, B. L., Romero-Martínez, R., Sahaza-Cardona, J., Salas, L. R., Sciutto, E., Scott, B. C., Schramm, U. Y., Silva, C., Souza, V., Taylor, M., Urbán, R. J., Uribe-Alcocer, M., Vázquez, C. M., Vázquez-Domínguez, E., Vovides, A. P., Wegier, A., Zaldívar-Riverón, A., y Zúñiga, G. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la



- biodiversidad: estudios es especies mexicanas. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Capital natural de México. Volumen 1: Conocimiento actual de la Biodiversidad* (págs. 437-494). CONABIO.
- Ramírez, N. U. I., Cervantes, O. F., Montes, H. S., Raya, P. J. C., Cibrian, J. A., & Andrio, E. E. (2018). Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6). <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1581>
- Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H., Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T., & Latournerie-Moreno, L. (2018). Caracterización morfológica de chile silvestres y semidomesticados de la región Huasteca de México. *Agro Productividad*, 8(1). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/632>
- Rodriguez-Uribe, L., Guzman, I., Rajapakse, W., Richins, R. D., & O'Connell, M. A. (2012). Carotenoid accumulation in orange-pigmented *Capsicum annum* fruit, regulated at multiple levels. *Journal Experimental Botany*, 63, 517-526
- SAS. (2011). SAS/QC 9.3. User's guide. Cary, New York.
- Schweiggert, U., Carle, R., & Schieber, A. (2006). Characterization of major and minor capsaicinoids and related compounds in chili pods (*Capsicum frutescens* L.) by high performance liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 557, 236-244.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER. [https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgijw\\_uOse\\_MsOF9jZQDAm\\_FOD9/view](https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgijw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/vi<u>ew</u>)

- Silva, L. R., Azevedo, J., Pereira, M. J., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2013). Chemical assessment and antioxidant capacity of pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 240-248.
- Stewart, C., Mazourek, M., Stellari, G. M., O'Connell, M., & Jahn, M. (2007). Genetic control of pungency in *C. chinense* via the Pun1 locus. *Journal of Experimental Botany*, 58, 979-991.
- Steiner, A. (1984). The Universal Nutrient Solution. En *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Congress on Soils Culture* (pags. 633-649). ISOSC. Wageningen, The Netherlands.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P. A., Guerrero-Rodríguez, J. D., Santacruz-Varela, A., & Huerta de la Peña, A. (2011). Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile "Poblano". *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17, 139-150.
- Ulhoa, A. B., Pereira, T. N. S., Ribeiro, C. S. C., Moita, A. W., & Reifschneider, F. J. B. (2017). Obtenção e caracterização morfoagronômica de linhagens de pimenta do tipo jalapeño amarelo. *Horticultura Brasileira*, 35, 343-348. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170305>
- Varghese, S., Kubatka, P., Rodrigo, L., Gazdikova, K., Caprnda, M., & Fedotova, J. (2017). Chili pepper as a body weight-loss food. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68, 392-401. doi: 10.1080/09637486.2016.1258044
- Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., & López, M. G. (2011). Phytochemical evaluación of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 4, 578-585.
- Vera-Sánchez, K. S., Cadena-Iñiguez, J., Latournerie-Moreno, L., Santiaguillo-Hernández, J. F., Rodríguez-Contreras, A., Basurto-Peña, F. A., Castro-Lara,

- D., Rodríguez-Guzmán, E., López-López, P., & Rios-Santos, E. (2016). Conservación y utilización sostenible de las hortalizas nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). México, D.F. 132 p.
- Vijeth, S., Sreelathakumary, I., Rafeekher, M., & Kaushik, P. (2019). Appraisal of genetics and heterosis of important traits in chili pepper cultivated under the influence of chili leaf curl virus disease. *Preprints*. doi: 10.20944/preprints2019.0415.v1
- Votava, E. J., Baral, J. B., & Bosland, P. W. (2005). Genetic diversity of chile (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.) landraces from Northern New Mexico, Colorado and Mexico. *Economic Botany*, 59, 8-17.
- Xiao-min, Z., Zheng-hai, Z., Xiao-zhen, G., Sheng-li, L., Chadoeuf, J., Palloix, A., Li-hao, W., & Bao-xi, Z. (2016). Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9), 1991-2001
- Zhang, B., Hu, F., Cai, X., Cheng, J., Zhang, Y., Lin, H., Hu, K., & Wu, Z. (2022). Integrative analysis of the metabolome and transcriptome of a cultivated pepper and its wild progenitor chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) revealed the loss of pungency during *Capsicum* domestication. *Frontiers in Plant Science*, Artículo 12:783496. doi:10.3389/fpls.2021.783496.
- Zhigila, D. A., AbdulRahaman, A. A., Kolawole, O. S., & Oladele, F. A. (2014). Fruit morphology as taxonomic features in five varieties of *Capsicum annuum* L. Solanaceae. *Journal of Botany*, 1-6. doi: 10.1155/2014/540868
- Zimmer, A. R., Leonardi, B., Miron, D., Schapoval, E., de Oliveira, J. R., & Gosmann, G. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 139, 228-233.

