DIVERSIDAD FENOTÍPICA Y CALIDAD DE FRUTO DE JITOMATE CRIOLLO (*Solanum lycopersicum* L.) DEL SURESTE DE MÉXICO †

[PHENOTYPIC DIVERSITY AND FRUIT QUALITY OF TOMATO LANDRACES (*Solanum lycopersicum* L.) FROM SOUTHEASTERN MEXICO]

Genny Carolina Ortiz-Salazar[1], Rubén Humberto Andueza-Noh[1], Alicia Ruby Lara-Martín[1], Kati Beatriz Medina-Dzul[1], Guillermo Castañón-Nájera[2], Juan Díaz-Mayo[1] and Luis Latournerie-Moreno[1*]

[1]Tecnológico Nacional de México/I.T. de Conkal. Avenida Tecnológico s/n. C.P. 97345. Conkal, Yucatán, México. Email: luis.lm@conkal.tecnm.mx
[2]División Académica de Ciencias Biológicas Carretera Villahermosa-Cárdenas Kilómetro 0.5 Entronque Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México. Email: guillermo_corazon_valiente@hotmail.com
**Corresponding author*

SUMMARY

Background. Mexico is the center of domestication and diversity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Its crop is widely distributed in the country; therefore, it is important to know the diversity that farmers manage and conserve in Southeastern Mexico to use sustainably this plant genetic resource. **Objective.** To characterize the phenotypic variation and nutritional quality of landrace tomatoes from Southeastern Mexico. **Methodology.** From May to June 2018, 34 landrace populations of tomato were collected in different states of Southeastern Mexico: 24 from Yucatan, six from Chiapas, two from Tabasco, and two from Campeche. Phenotypic characterization of the tomato populations included 26 descriptors for plant, inflorescence, and fruit. For the evaluation of nutritional quality, the content of water, crude fiber, protein, lipids, ash, and nitrogen free extract (NFE). **Results.** Based on principal component analysis, the first three components explained 73.82% of the phenotypic variation in tomato populations. The first two principal components were distributed in three well-defined groups, and three populations were separated individually by distinctive characteristics mostly of the fruit descriptors (fruit shape, fruit size and number of locules of fruits). The phenotypic diversity was distributed mainly in relation to fruit shape and fruit size. Regarding the nutritional quality of the fruits, the tomato populations Y116 and Y127 had high protein content (17.71% each) and ash content (12.07% and 11.43%, respectively). These populations were collected in Yucatan and had the largest fruit size and kidney-shaped fruits. **Implications.** The exploratory study of the diversity and fruit nutritional quality of landrace tomatoes allowed the identification of populations with agronomic potential for a genetic improvement program of fruit yield and fruit quality of landrace tomato. **Conclusions.** The highest phenotypic variation among landrace tomato populations was observed in fruit descriptors (color of ripe fruits, fruit shape, fruit size, fruit weight, number of locules of fruits, and fruit yield). The tomato populations Y116, Y127, Y128, Y130 and T106 had high content of protein, ash, lipid and crude fiber.

Key words: Plant genetic resources; Creole populations; phenotypic variation; nutritional quality.

RESUMEN

Antecedentes. México es centro de domesticación y diversidad del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) que se encuentra ampliamente distribuido en el país; por lo que es de relevancia conocer la diversidad que manejan y conservan los agricultores en el sureste mexicano para un mejor aprovechamiento sostenible. **Objetivo**. Caracterizar la variación fenotípica y calidad nutricional de jitomates criollos del sureste de México. **Metodología**. De mayo a junio del año 2018, se colectaron 34 poblaciones de jitomate; 24 de Yucatán, seis de Chiapas, dos de Tabasco, y dos de Campeche. La caracterización fenotípica de las 34 poblaciones incluyó 26 descriptores de la parte vegetativa de la planta, inflorescencia y fruto. Para la evaluación de la calidad nutricional se determinó: humedad, fibra cruda, proteína, lípidos, ceniza, y elementos libres de nitrógeno (ELN). **Resultados**. Con base en el análisis de componentes principales, los primeros tres componentes explicaron el 73.82% de la variación fenotípica de las poblaciones de jitomate. Esta variación en función del gráfico de los dos primeros componentes principales se distribuyó en tres grupos

† *Submitted December 21, 2023 – Accepted October 5, 2024.* http://doi.org/10.56369/tsaes.5362

Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
ISSN: 1870-0462.

bien definidos y tres poblaciones separadas individualmente por características distintivas mayormente del fruto (forma, tamaño y número de lóculos). La diversidad fenotípica se distribuyó principalmente en relación con la forma y el tamaño del fruto de las poblaciones. Respecto a la calidad nutricional del fruto sobresalieron las colectas Y116 y Y127 por su alto contenido de proteínas (17.71% cada uno) y contenido de cenizas (12.07% y 11.43%, respectivamente); estas poblaciones originarias de Yucatán presentaron frutos de forma arriñonada, y fueron los de mayor tamaño. **Implicaciones**. Los resultados exploratorios de la diversidad y calidad nutricional permitieron identificar poblaciones sobresalientes que son potenciales en un programa de mejoramiento genético para rendimiento y calidad de fruto. **Conclusión**. La mayor variación fenotípica entre las poblaciones de jitomate estudiadas se presentó en las variables del fruto (color del fruto maduro, forma, tamaño, peso, número de lóculos, y rendimiento por planta). Las poblaciones Y116, Y127, Y128, Y130 y T 106 sobresalieron por presentar buen contenido de proteína, cenizas, lípidos y fibra cruda).
Palabras clave: Recursos fitogenéticos; poblaciones criollas; variación fenotípica; calidad nutricional.

INTRODUCCIÓN

México es centro de una amplia diversidad genética de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) conservada *in situ* en forma de variedades nativas, poblaciones semidomesticadas y sus parientes silvestres. Se distribuyen desde el estado de Sinaloa hasta la Península de Yucatán (Pacheco-Triste *et al*., 2014). Lobato-Ortíz *et al*. (2012) mencionan que las formas cultivadas de jitomate incluyen un amplio abanico, desde los jitomates nativos o criollos de tamaño pequeño, como el tomatillo o cereza, denominado en algunas regiones "ojo de venado"; hasta los de mayor tamaño, como los arriñonados, acostillados, y los cuadrados tipo pimiento; y por supuesto, las variedades comerciales de polinización libre (VPL) e híbridos tipo Saladette y Bola. Según Matos-Canul *et al*. (2018), la abundante variabilidad genética y morfológica de jitomates nativos o criollos se debe a factores ambientales, como clima y suelo; pero también, a los grupos humanos involucrados en su manejo y conservación. Lo anterior, ha favorecido su evolución, en muchos casos, orientada hacia la domesticación de poblaciones nativas.

Se ha documentado que la importancia de la variabilidad fenotípica de las variedades nativas está íntimamente ligada con la cultura de los pueblos. En este sentido, Ríos-Osorio *et al*. (2014) señalaron que la producción de los diferentes morfotipos nativos de jitomate de la región de Tehuantepec-Juchitán, Oaxaca, México, se comercializa en el mercado regional, lo que promueve la preservación *in situ* de los acervos genéticos locales. Por su parte, Matos-Canul *et al*. (2018) indicaron que los jitomates criollos cumplen funciones culturales en el estado de Campeche, donde la cosecha de la variedad Rosa *p'ak* ocurre al mismo tiempo con una de las tradiciones más importantes, el *Hanal pixán* (lengua maya) o comida de los fieles difuntos; pues, su sabor característico lo hace un ingrediente indispensable para esa comida. También, Vera-Sánchez *et al*. (2016) mencionan que aquellos cultivos nativos o criollos que solo se utilizan y aprovechan de manera regional, tienen características sobresalientes que podrían potenciarse y aprovecharse en el ámbito local, nacional e incluso internacional.

Los recursos fitogenéticos nativos como el jitomate guardan una riqueza alélica que se puede aprovechar para ampliar la base genética que favorezca la formación de nuevas variedades, con características deseables; entre ellas, resistencia a plagas y enfermedades y a las condiciones ambientales adversas, que son de gran importancia ante el cambio climático (Bai y Lindhout, 2007; SNICS, 2020;); o bien, como mejor aporte de nutrientes a la dieta humana como fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes (Lobato-Ortíz *et al*., 2012). Sin embargo, los estudios sobre la calidad nutrimental en jitomates silvestres y criollos aún son reducidos (Juárez-López *et al*., 2009; Lobato-Ortíz *et al*., 2012; Figueroa-Cares *et al*., 2018).

El conocimiento de la diversidad de jitomates silvestres y cultivados a través de la caracterización, proporciona información del potencial agronómico de estos recursos genéticos, que puede aprovecharse para la agricultura comercial o por los productores tradicionales que aprovechan estos recursos en las diferentes regiones de México, como lo es Oaxaca, Puebla, Yucatán entre otros estados (Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia, 2010; Méndez-Infante *et al*., 2011; Bonilla-Barrientos *et al*., 2014; Matos-Canul *et al*., 2018). Partiendo que se tiene poco conocimiento de los jitomates criollos de la Península de Yucatán (Matos-Canul *et al*., 2018), y dada las condiciones particulares del sureste de México en cuanto a factores bióticos y abióticos, así como de manejo y selección en los cuales se han desarrollado, conservado y aprovechado por los agricultores locales, es de suma importancia estudiar estos jitomates criollos, como una opción de promover un mejor aprovechamiento sostenible, así como su conservación. Por lo tanto, el objetivo derivado fue el de caracterizar la variación fenotípica y calidad bromatológica de fruto de poblaciones de jitomate criollo colectados en el sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal, siembra y manejo del cultivo

Durante mayo y junio del 2018, se recolectaron 34 poblaciones de jitomate criollo; 24 de Yucatán, seis de Chiapas, dos de Tabasco y dos de Campeche. Los materiales fueron obtenidos de forma directa con productores, en mercados y ferias locales de semillas. La siembra se estableció en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con una mezcla uniforme de musgo y vermiculita como sustrato (*sunshine*®); se depositaron dos semillas por cavidad, y una vez germinadas se dejó una sola plántula. El trasplante se practicó 28 días después de la siembra (dds) en un área experimental del municipio de Conkal, Yucatán, ubicado a 21° 04' 46" LN y 89° 29' 52" LO, a una altitud de 10 m. El estudio se estableció bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones, de 30 plantas cada una. La distancia de plantación fue de 0.30 m entre planta y 1.20 m entre surco. La unidad experimental fue de 10 plantas. La siembra se hizo durante el ciclo primavera-verano 2018. Cabe señalar que, por problemas con la germinación de dos poblaciones, la caracterización se realizó con 32 poblaciones. El cultivo se manejó mediante un sistema de fertirriego por goteo (cintilla) de 5/4 calibre 6000 con un gasto de 1.5 L h^{-1} (LPH) con riego diario y fertilización cada tercer día, las plantas fueron tutoradas en hileras simples con soportes de madera a cada 1.5 m y con rafia para guiarlas (tutorado tipo español). Para la fertilización se usó la fórmula 200-100-150 (Montejo-Canul *et al*., 2019), el manejo de plagas y enfermedades se realizó con base en el paquete tecnológico para jitomate del INIFAP (2013).

Caracterización fenotípica

Se evaluaron 26 características de acuerdo con el manual de descriptores de jitomate (IPGRI, 1996) y de los estudios de Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) y Bonilla-Barrientos *et al*. (2014). A saber, tipo de inflorescencia, forma terminal de la floración, color de corola, color del fruto no maduro, color del fruto maduro, color de la piel madura del fruto, color de la carne del pericarpio, forma del fruto, forma del corte transversal, cicatriz del pistilo, agrietado radial, tamaño del fruto, número de foliolos, longitud del fruto (mm), número de lóculos, número de frutos por racimo (del primer al quinto), peso del fruto individual (g), número de frutos por planta, peso fruto por planta (g) y posteriormente se estimó la relación largo-ancho del fruto (mm). En total se hicieron cinco cortes (cosechas de frutos). Los descriptores de fruto se midieron en 10 frutos en estado de madurez fisiológica tomados al azar de la parte media de la planta (un fruto por planta). De igual forma los datos cualitativos se midieron en escalas de acuerdo con lo definido por IPGRI (1996).

Caracterización bromatológica

Se obtuvo una muestra de 1.0 kg de fruto en estado de madurez fisiológica del tercer corte, seleccionados aleatoriamente de tres estratos de la planta (bajo, medio y alto). La muestra inicial se cortó en pequeñas secciones y se secó durante 7 días en estufa (60 °C) hasta llegar a peso constante, y así obtener el dato de humedad. De la muestra seca se tomaron 200 g para determinar los contenidos de proteína, lípidos, fibra y ceniza; se utilizaron 3 g para cada variable. Los métodos empleados fueron de acuerdo con la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990): para la obtención de proteínas por el método Kjeldahl, para cenizas por incineración a 600 °C durante 2 h, para lípidos a través de una disolución en éter de petróleo, para fibra cruda por el método de la bolsa de papel filtro y elementos libres de nitrógeno (ELN=100 - Cenizas (%) - Lípidos - Proteínas - Fibra cruda).

Análisis de datos

Para la caracterización fenotípica se utilizó estadística descriptiva y análisis multivariado. La matriz de datos para el análisis incluyó la media de los descriptores cuantitativos y las modas para el caso de los cualitativos. Las variables tipo de inflorescencia y color de corola fueron constantes, por lo que no se incluyeron en ningún tipo de análisis. Un análisis de componentes principales (ACP) se realizó con los 24 descriptores. También se llevó a cabo un análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico por el método de ligamiento promedio (UPGMA) y la distancia euclidiana. A los datos de caracterización de la calidad bromatológica primero se les efectuó un análisis de varianza (ANOVA) y en su caso, la separación de medias (Scott & Knott, $p \leq 0.05$). Los diferentes tipos de análisis se realizaron con el programa InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenotípica

De acuerdo con el análisis de componentes principales (ACP) de las 32 poblaciones con 24 variables morfológicas, los tres primeros componentes principales explicaron el 73.82% de la variación morfológica total observada (Tabla 1). Este valor es inferior al 86% (tres primeros componentes) reportado por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), en poblaciones semidomesticadas y silvestres de jitomate de Oaxaca, y también inferior al 77% (dos primeros componentes) encontrado por Bonilla-Barrientos *et al*. (2014); en poblaciones de jitomate cuadrados, riñón, ojo de venado y cherry de Puebla y Oaxaca. Las diferencias, en el porcentaje, de variación total

explicada en cada investigación puede deberse, en parte, a que no se usaron los mismos descriptores en todos los casos, o bien a que las variables comunes evaluadas en los tres trabajos: días a floración, días a madurez, peso del fruto y número de lóculos contribuyeron de forma diferente. Es posible que este comportamiento se deba también al origen tan diverso de las variedades evaluadas y al aporte de las variedades semidomesticadas o silvestres, así como a las condiciones climáticas y edáficas de cada sito de prueba.

Respecto al aporte de la explicación de la variación por cada componente, se encontró que el CP1 contribuyó a explicar el 51.37% de la variación con un valor propio de 12.32, y con mayor asociación a las variables: frutos del primer al quinto racimo, número de frutos por planta, número de lóculos, tamaño y peso del fruto, cicatriz del pistilo, forma terminal de la floración y forma del corte transversal. Es decir, este componente se define en grado mayor por variables de fruto relacionadas con el rendimiento y la morfología. El CP2 explicó el 14.39% de la variación observada, con un valor propio de 3.45, y las variables de mayor peso estuvieron relacionadas con la forma y color del fruto, así como a los días a floración y maduración. De forma similar, el CP3 contribuyó con 8.07% a la variación observada con un valor propio de 1.93 asociado al color del fruto y peso de fruto/planta. La variación entre las poblaciones de jitomate evaluadas se definió por características morfológicas del fruto (exterior e interior) y las de rendimiento de fruto.

El gráfico de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) muestra que las 32 poblaciones (Figura 1) formaron tres grupos bien definidos. El Grupo I (GI) se formó con 22 poblaciones, de ellas 14 se recolectaron en Yucatán, una en Campeche, seis en Chiapas y una en Tabasco; lo que indica que el origen geográfico de las poblaciones no influyó en la agrupación de estas en el análisis de componentes principales. Por nombre local las poblaciones corresponden a "Rosa *p'ak*" (14), macizo (una), zocato (dos), milpa (tres) y país (uno).

Tabla 1. Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) de 24 variables cualitativas y cuantitativas en 32 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México.

Variable	CP1	CP2	CP3
Color fruto no maduro	-0.009	0.104	-0.535
Color fruto maduro	-0.140	-0.318	-0.294
Color piel maduro	0.073	-0.236	0.119
Color de la carne	-0.114	-0.298	-0.398
Forma de fruto	0.210	0.297	-0.049
Forma corte transversal	-0.214	-0.077	0.047
Cicatriz pistilo	-0.228	-0.076	0.208
Forma terminal de floración	0.223	0.164	-0.062
Agrietado radial	-0.213	-0.118	-0.128
Tamaño del fruto	-0.235	0.137	0.262
Número de foliolos	0.083	0.229	-0.231
Longitud fruto (mm)	-0.145	0.373	0.159
Relación largo ancho fruto (mm)	0.206	0.338	-0.055
Número de lóculos	-0.238	-0.086	0.090
Frutos al primer racimo	0.262	-0.022	0.127
Frutos al segundo racimo	0.269	-0.072	0.112
Frutos al tercer racimo	0.267	-0.103	0.105
Frutos al cuarto racimo	0.272	-0.074	0.115
Frutos al quinto racimo	0.268	-0.107	0.114
Peso fruto individual (g)	-0.230	0.036	0.209
Número de fruto/planta	0.240	-0.188	-0.016
Peso de fruto/planta (g)	-0.057	-0.217	0.313
Días a floración	-0.197	0.262	0.059
Días a maduración	-0.165	0.284	-0.110
Valor propio	12.32	3.45	1.93
Varianza explicada (%)	51.37	14.39	8.07
Varianza acumulada (%)	51.37	65.75	73.82

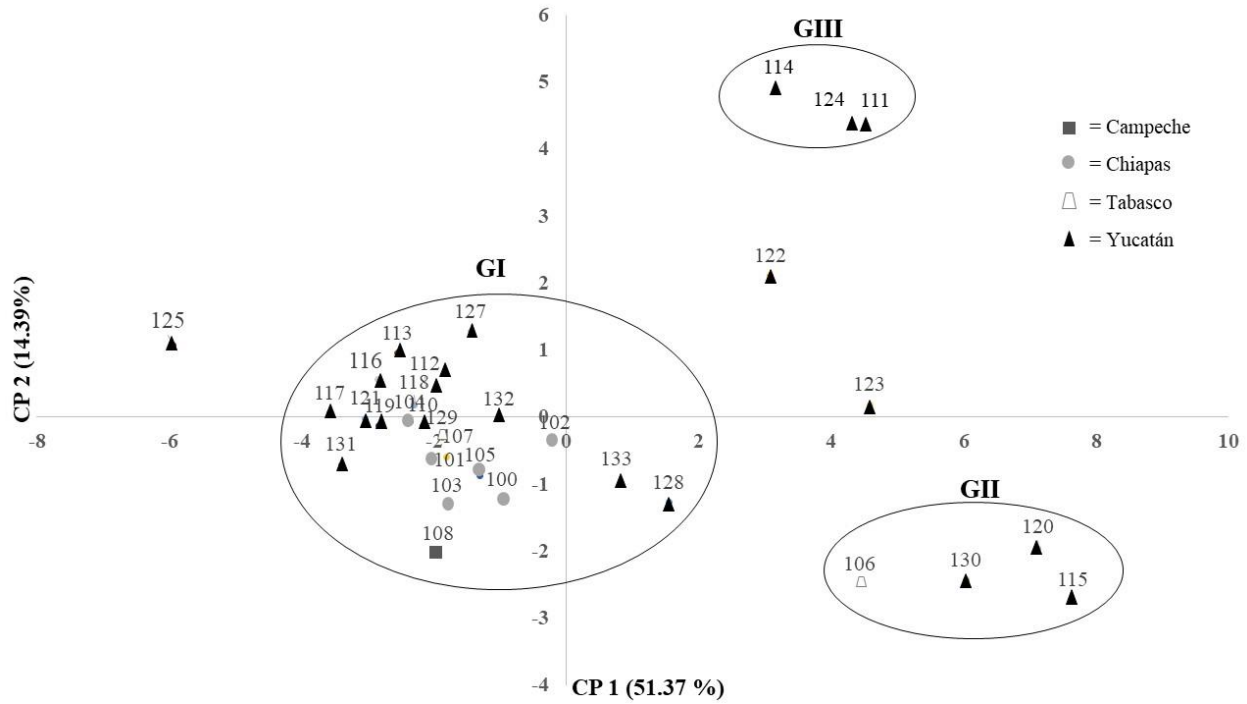

Figura 1. Distribución de 32 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) en base a los componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2) de 24 características fenotípicas.

El fruto de estas poblaciones se caracteriza por la forma arriñonada, mayores tamaños, colores más rosados a la madurez (por ello el nombre Rosa *p'ak* en lengua maya), mayor rendimiento por planta (de 0.5 a 1.0 kg) y variación en el número de lóculos (de 3 a 9). Al respecto Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) señalaron que un mayor tamaño y forma arriñonada de fruto se consideran indicadores de formas criollas del jitomate, e indican que ha ocurrido selección por el agricultor o es probable que se cruzaron con variedades locales; de igual forma Álvarez-Hernández *et al*. (2009) mencionan que el tamaño de fruto muestra una relación directa con el número de lóculos; así, a menor tamaño de los jitomates, menor número de lóculos, y viceversa. En este sentido, Rick y Holle (1990) concluyeron que el fruto del jitomate silvestre (*S.l. cerasiforme*) presenta solo dos lóculos; lo que coincide con lo encontrado en el presente estudio.

En un estudio efectuado con jitomates criollos de los estados de Puebla y Oaxaca, los jitomates arriñonados, también formaron los principales grupos en las gráficas de CP y mostraron los valores máximos en el número de lóculos, peso promedio y diámetro de frutos; incluso, al compararse con jitomates saladette, mostraron valores similares en días a la floración y madurez y número de racimos, por lo que se considera pudieran emplearse en programas de mejoramiento genético para incorporar los caracteres indicados a nuevas variedades comerciales (Bonilla-Barrientos *et al*., 2014). Los jitomates arriñonados del GI se consideran como criollos o nativos de Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán, porque se cultivan desde tiempos prehispánicos. Por ejemplo, el jitomate Rosa *p'ak* en Campeche tiene una función importante en la comida tradicional del *Hanal-Pixán* (lengua maya) o comida de los fieles difuntos en noviembre (Matos-Canul *et al*., 2018). Este uso local también se observa en Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit, donde, las formas silvestres del jitomate tienen un nicho de mercado bien definido por los consumidores locales que los prefieren por su sabor y aroma (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

El Grupo II (GII) se conformó por cuatro poblaciones: tres tipos cherry de Yucatán (Y130, Y120, Y115), y una de Tabasco conocida como "Bolita" (T106); todas presentaron el tamaño más pequeño de fruto (2.0 cm en promedio), de color anaranjado a la madurez, mayor número de frutos por racimo y con solo dos lóculos. Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) encontraron en la variedad *cerasiforme*, jitomates tipo cherry con frutos pequeños (hasta 1.8 cm de diámetro), con dos lóculos y un peso no mayor de 3 g, relacionados a las formas silvestres. Las plantas de la variedad *cerasiforme* presentaron crecimiento indeterminado, ramificación profusa, mayor altura y número de frutos por racimo, similar a lo observado en el presente estudio. De igual forma se relaciona con lo reportado por Lobato-Ortiz *et al*. (2012), en cuanto a que los cherry conocidos en el centro del país como

citlale, el tamaño del fruto varía de 1.5 a 2.0 cm. El Grupo III (GIII) se formó con poblaciones de Yucatán, de frutos piriformes (Y114 y Y124) y Y111 de frutos cilíndrico (alargado). Las tres poblaciones presentaron frutos a la madurez de color: amarillo y amarillo con rayas rojas (jaspeado), igual número de lóculos (dos) y el rendimiento más bajo con un promedio de 3.6 frutos por racimo (del primero al quinto).

Las poblaciones de Yucatán Y122, Y123 y Y125 quedaron separadas en forma individual por presentar características diferentes a las otras poblaciones evaluadas. Al respecto las poblaciones Y122, con frutos piriformes; y la Y125, con frutos de forma achatada, presentaron en promedio mayor longitud de frutos (5.0 cm); sin embargo, en la población Y125, los frutos de color rojo en su forma madura tuvieron mayor peso promedio (194.5 g) y número promedio de lóculos (10.30). También, un menor rendimiento por planta (319.64 g), y fue la más tardía a la madurez (64 días después del trasplante). Por su parte, la población Y123, con frutos piriformes de color rojo en su madurez, presentó; al igual que la Y122, el mismo número de lóculos por fruto (dos), pero con menor tamaño de fruto (3.0 cm) respecto a la Y122 y Y125. Otra característica distintiva de la población Y122, fue el color jaspeado de frutos en su madurez. Las poblaciones del GIII (Y111, Y114 y Y124), y las Y122, Y123 y Y125 no tienen registro desde cuándo se cultivan y consumen en Yucatán, pero tienen éxito reciente en los mercados locales y se pueden encontrar en ferias de semillas criollas de la región. García y Gracia (2019) mencionan que, en Yucatán, el comercio principal de los jitomates tipo cherry, pera, fuego y ojo de venado, es en tianguis de nuevas corrientes como *slow food* (iniciativa presente en el Estado desde el año 2002).

Los datos morfológicos de la caracterización fenotípica mostraron una amplia variación, en donde el coeficiente de variación (CV) de las variables de mayor contribución en el análisis de componentes principales fue de 4.65 a 37.79%; presentando los valores más altos número de fruto/planta (37.79%), peso de fruto/planta (31.37%), frutos al quinto racimo (27.18%) y frutos al cuarto racimo (25.06%) (Tabla 2). Al respecto Canul-Ku *et al*. (2022) en la caracterización de tomates nativos del sur de México, reportaron valores menores para el coeficiente de variación de peso de fruto/planta (24.65%) y número de fruto/planta (18.81%). Mientras que Bonilla-Barrientos *et al*. (2014) en tomate silvestres reportaron mayor CV para días a floración y días a la maduración (21.0% y 7.5%, respectivamente) y número de lóculos (39.69%) en contraste con el presente estudio que fue menor en días a floración (4.65%), mayor a la madurez (17.75%) y de menor número de lóculos (10.8%). En cuanto a peso individual de fruto se observó resultado muy parecido con los con reportados por Canul-Ku *et al*. (2022), que son valores bajos (14.51 y 17.31%, respectivamente), pero diferentes a los 55.0% de CV encontrados en parientes silvestres del tomate cultivado (Flores-Hernández *et al*. 2018). Lo anterior indica la variación fenotípica presente en las poblaciones evaluadas de tomate. En este sentido Lobato-Ortiz *et al*. (2012) señala que, con base en la variación fenotípica observada, puede considerarse a las poblaciones como acervo de genes que pudieran ser útiles para ampliar la base genética de jitomates cultivados, así como su resguardo en bancos de germoplasma y para promover un mejor aprovechamiento local o regional, como es el caso de los jitomates arriñonados.

Tabla 2. Comportamiento medio, intervalo y coeficiente de variación de las 15 características del fruto de mayor peso en el análisis de componentes principales evaluadas en 32 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México.

Variables	Media	Intervalo	CV (%)
Número de lóculos	5.1	2.0 - 10.3	10.8
Frutos al primer racimo	2.8	1.2 - 5.8	20.64
Frutos al segundo racimo	2.7	1.1 - 6.1	22.78
Frutos al tercer racimo	2.6	0.2 - 6.3	22.70
Frutos al cuarto racimo	2.5	0.3 - 6.3	25.06
Frutos al quinto racimo	2.4	0.1 - 5.9	27.18
Peso fruto individual (g)	54.6	5.1 - 194.6	14.51
Número de fruto/planta	22.5	1.6 - 103.2	37.79
Peso de fruto/planta (g)	577.1	125.1 - 1287.0	31.37
Días a floración	30.9	25.0 - 36.0	4.65
Días a maduración	46.0	30 - 58	17.65
Tamaño del fruto*	Pequeño	Muy pequeño, pequeño, grande	
Color fruto maduro*	Rojo	Amarillo, jaspeado[£], rosado, rojo	
Color fruto no maduro*	Verde claro	Verde claro, verde y verde oscuro	
Forma de fruto*	Arriñonado	Arriñonado, redondo, cilíndrico y piriforme	

* Variables cualitativas: se reporta la moda y toda la variación observada. [£] frutos color amarillo con rayas rojas.

En el análisis de conglomerados se formaron cuatro grupos morfológicamente diferentes a una distancia euclidiana de 6.64 (Figura 2). En general ambos análisis se complementaron. El grupo 1 (G1) se integró por las poblaciones con frutos piriformes (Y124, Y114, 122 y Y123) y la Y111 de fruto cilíndrico; en particular las dos poblaciones distribuidas de forma independientes en el ACP (Y122 y Y123) se agruparon en este grupo contribuyendo de esta forma a que se tenga una mejor apreciación de la variación fenotípica presente en las poblaciones. La principal característica que comparten estas poblaciones es el color amarillo del fruto a la madurez. El grupo 2 (G2), formado por los jitomates tipo "cherry" (Y115, Y120 y Y130) y uno de Tabasco, conocido como Bolita (T106), que presentó frutos ligeramente más grandes (2.48 cm y 10.04 g de tamaño y peso individual, respectivamente), en comparación con las otras poblaciones que presentaron en promedio menor tamaño (2.0 cm) y menos de 8.5 g de peso de fruto individual. Esta característica, así como el alto número de frutos por racimo (3.65 frutos en promedio), los distingue de las demás poblaciones estudiadas y es probable que sea la razón por la que el jitomate T106 se agrupó con las poblaciones de Yucatán.

El grupo 3 (G3) quedó independiente con la población Y125 que se caracteriza por tener los frutos de mayor tamaño. Por las características sobresalientes que la diferencia de resto de las poblaciones estudiadas, este recurso genético criollo de Yucatán se debe rescatar y conservar, de igual forma podría ser de interés agronómico para un programa de mejoramiento genético. En el grupo 4 (G4), al igual que en el ACP, quedaron incluidas las poblaciones: Y132, Y133, Y128, Y118, Y113, Y119, Y131, Y112, Y121, Y117, Y116, CH104, Y129, Y127, CH102, T107, CH103, CH101, CH105, CH100, Y110, C108 de fruto tipo arriñonado. Estas poblaciones conformaron tres subgrupos: el más grande de ellos con 11 poblaciones de Yucatán; otro subgrupo se integró con seis poblaciones de Chiapas, dos de Yucatán y una de Tabasco, el tercer subgrupo fue integrado por una población de Campeche y una de Yucatán. Esto indica que estas poblaciones de frutos arriñonados, al agruparse principalmente por la forma y tamaño de fruto, se integran en un mismo grupo, pero al estar desarrollándose en diferentes regiones, sometidas a diferentes presiones ambientales, de manejo, selección y usos, por parte de los productores, tienden a diferenciarse entre ellas. Sin embargo, también se aprecia que algunas poblaciones de jitomate de Campeche, Chiapas, Tabasco o Yucatán no se separan y se agrupan, esto podría deberse a que en algunos casos las poblaciones provienen de lugares cercanos o bien que se han dispersado de su lugar de origen por diferentes razones (intercambio, comercio, entre otros).

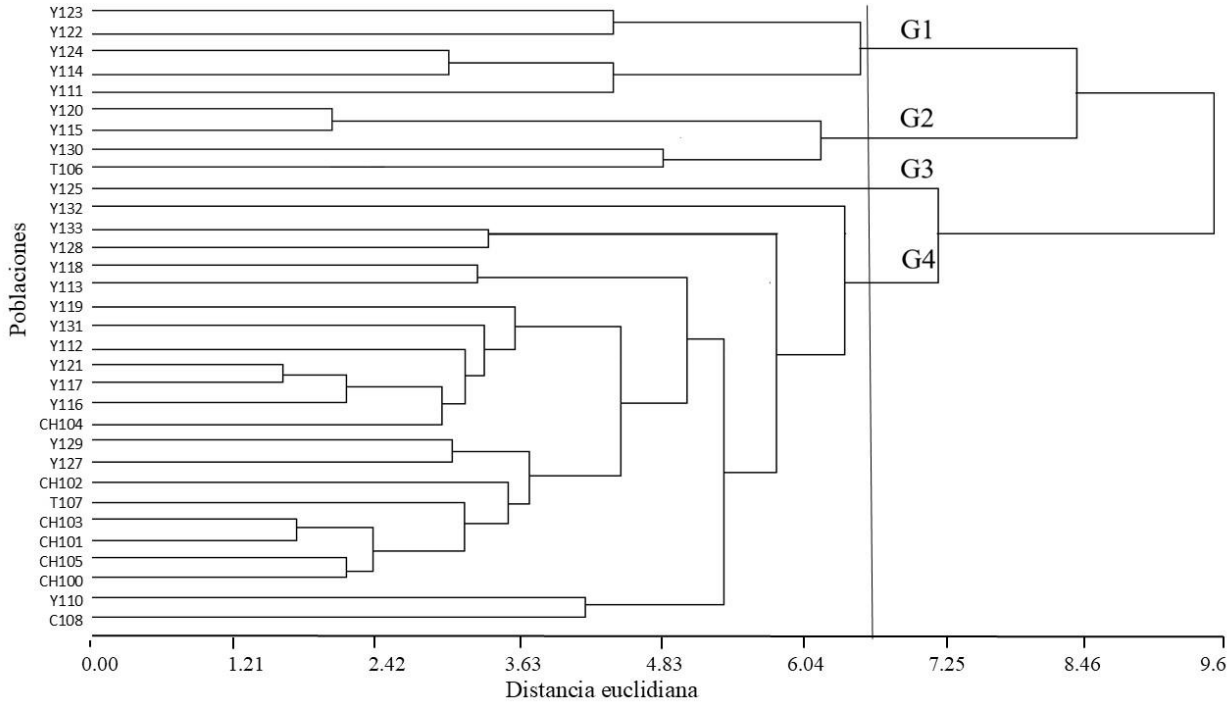

Figura 2. Dendrograma de 32 poblaciones de jitomate criollo (S*olanum lycopersicum*) con base en 24 características fenotípicas, con la distancia euclidiana y el método UPGMA.

En general, en el análisis fenotípico se encontró una amplia diversidad en las poblaciones evaluadas, lo que permitió la formación de grupos. En particular Estrada-Castellanos *et al*. (2019) y Lobato-Ortiz *et al*. (2012) mencionan que, en mayor medida, la variación observada es resultado de la selección que practican los agricultores mediante la aplicación de criterios de selección enfocados a la adaptación de las poblaciones de jitomate a ambientes locales, físicos, sociales y culturales. En conjunto, lo anterior descrito, explica lo observado en el presente estudio; en donde, en algunos casos la similitud entre poblaciones pudiera deberse a que proceden de una misma región o productor, en este caso principalmente de Yucatán, además a que son de reproducción autógama. Toda esta diversidad del sureste mexicano estudiada cobra mayor importancia si se considera que las variedades autóctonas adaptadas a microclimas específicos son de gran importancia por la heterogeneidad biológica, económica y cultural de la agricultura local (Ríos-Osorio *et al*., 2014; Lobato-Ortiz *et al*., 2012).

Análisis de la calidad bromatológica

La fuente de variación "poblaciones" resultó significativa en el ANOVA ($p \leq 0.05$) para las cinco variables de calidad nutricional evaluadas, lo que indica amplia variación entre las poblaciones de jitomate estudiadas (Tabla 3). Con base en el comportamiento medio de las variables analizadas de la calidad del fruto, el contenido de humedad varió del 91 al 95%, los menores valores fueron para las poblaciones tipo cherry Y115 y Y130; la de mayor promedio fue para la Y119, con frutos de forma arriñonada (Tabla 4). Estos datos coinciden con los valores de humedad reportados para jitomate en las tablas de composición de alimentos y productos alimenticios en México (Morales-de León *et al*., 2015). El contenido de proteína varió de 8.33 a 17.71%, con una media de 13.20%; sobresalieron por su contenido proteico las poblaciones Y116 y Y127, ambas estadísticamente superiores a las demás poblaciones (Tabla 4).

Los valores encontrados en la presente investigación fueron similares a lo mencionado por Ali *et al*. (2021) quienes indican que en estudios previos se ha reportado un valor medio del contenido de proteína total en tomate del 17 %, pero inferiores a lo reportado por Olaniyi *et al*. (2010) para siete variedades de tomate con valores de proteína en el rango de 25.98 - 42.55 %. Los valores reportados en el presente estudio pueden asociarse a la inclusión de las semillas en la cuantificación de la proteína cuyo contenido de este metabolito se encuentra en el rango de 22.2 a 40% en base seca (Shao *et al*., 2015; Mechmeche *et al*., 2017). Adicionalmente, la presencia de nitrógeno en los frutos depende de la disponibilidad de este. Este elemento se encuentra en el suelo en formas inorgánicas y orgánicas, y la accesibilidad de estos recursos por las raíces varía considerablemente en el tiempo y el espacio, debido a la heterogeneidad del suelo y a las dinámicas conversiones microbianas. Estos aspectos, a su vez, están influenciados por las prácticas agronómicas y las condiciones ambientales (McIntyre, 1997; Muratore *et al*., 2021). Aunque se ha reportado que entre el 50% y el 70% del nitrógeno proporcionado al suelo se pierde, el nitrato presente se convierte en nitrógeno utilizable a través de la vía de asimilación del nitrato. Esto conduce a la formación de componentes celulares como aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Las plantas inicialmente absorben el nitrato a través de la membrana plasmática de las células epidérmicas y corticales de la raíz (Glen *et al*., 2009), y luego este se distribuye hacia toda la planta. Por otra parte, la madurez de los frutos también podría haber afectado el contenido de proteína, ya que es un proceso altamente coordinado de diferenciación bioquímica, que implica un aumento en la síntesis de proteínas. Al respecto Frenkel *et al*. (1968) señalan que existe un incremento neto de proteínas durante el climaterio de los frutos después de la cosecha, en la etapa de madurez fisiológica, debido al aumento de la actividad de la enzima málica, implicada en el proceso de maduración.

Tabla 3. Cuadrados medios de las variables de calidad nutricional del fruto de 31 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México.

FV	GL	Proteína %	Cenizas %	Lípidos %	Fibra cruda %	ELN† %
Repetición	2	1.97	70.46*	13.50*	1.92	22.37*
Poblaciones	30	16.32*	6.78*	0.70*	7.27*	42.80*
E.E.	60	1.04	1.26	0.16	0.76	2.77
C.V. (%)	-	7.73	10.76	17.80	16.23	2.42

FV: Fuentes de variación; GLL: Grados de libertad; E.E: Error experimental; CV: Coeficiente de variación; †Elementos libres de nitrógeno. * indica significancia estadística ($p \leq 0.05$).

Tabla 4. Variables de calidad de fruto en 31 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum*) del sureste de México.

Población	Proteína %	Cenizas %	Lípidos %	Fibra cruda %	ELN† %
Y116	17.71±0.42e	12.07±0.67c	2.05±0.43a	3.59±0.06a	64.58±0.30b
Y127	17.71±0.42e	11.43±1.70c	1.68±0.41a	3.35±0.32a	65.83±1.23b
Y128	15.83±0.42d	12.08±0.82c	2.49±0.43b	8.27±0.38c	61.33±0.35a
Y119	15.83±0.42d	10.41±0.20b	2.19±0.43a	4.07±0.17a	67.49±0.83b
Y112	15.83±0.42d	12.47±1.11c	1.88±0.08a	4.01±0.37a	65.80±0.27b
Y117	15.21±0.42d	10.41±1.83b	1.91±0.26a	3.97±0.49a	68.50±1.65b
Y121	15.21±0.42d	12.03±0.55c	2.54±0.51b	4.85±0.15a	65.37±0.29b
T106	15.21±0.42d	11.38±0.15c	2.73±0.54b	8.81±0.36c	61.87±0.61a
Ch104	14.59±0.55c	10.50±1.82b	2.28±0.38a	4.09±0.38a	68.54±2.31b
Ch103	14.17±0.55c	10.04±1.59b	3.16±0.61b	6.20±0.38b	66.41±1.66b
C108	13.75±0.36c	9.81±1.61b	1.25±0.07a	4.12±0.20a	71.07±1.32c
Y110	13.75±0.36c	11.53±0.29c	2.61±0.32b	5.04±0.41b	67.06±0.76b
Y113	13.75±0.36c	12.40±0.91c	2.14±0.49a	5.30±0.29b	66.40±0.87b
Ch105	13.55±0.42c	8.48±1.14a	2.83±0.48b	5.61±0.10b	69.53±0.73c
Y132	13.33±0.42c	10.57±0.54b	2.13±0.55a	6.18±0.28b	67.78±0.33b
Ch101	13.33±0.42c	7.38±0.92a	2.83±0.65b	4.37±0.19a	72.08±0.35c
Y130	13.13±0.36c	12.23±0.55c	2.42±0.66b	10.55±0.90c	61.68±0.63a
Y133	12.92±0.21c	9.28±1.75a	2.83±0.59b	5.94±0.44b	69.03±1.39c
Y115	12.92±0.21c	9.22±0.72a	1.54±0.16a	5.81±0.05b	70.51±0.40c
T107	12.71±0.21b	10.39±1.69b	1.67±0.03a	4.63±0.35a	70.60±1.27c
Y129	12.50±0.36b	12.97±1.41c	2.61±0.63b	6.02±0.44b	65.89±1.03b
Ch100	12.29±0.55b	8.54±0.96a	2.95±0.68b	4.25±0.45a	71.97±0.60c
Y131	12.29±0.21b	12.16±0.92c	2.48±0.46b	4.84±0.55a	68.22±0.80b
Ch102	11.67±0.55b	9.10±1.62a	2.99±0.57b	5.39±0.35b	70.86±0.91c
Y120	11.67±0.21b	9.68±0.19b	1.96±0.43a	5.98±0.52b	70.70±0.18c
Y123	11.04±0.21b	9.31±0.29a	1.82±0.39a	5.44±0.10b	72.38±0.70c
Y114	10.00±0.36a	7.73±1.09a	2.16±0.28a	6.01±0.17b	74.09±1.33d
Y124	10.00±1.57a	10.57±0.25b	1.66±0.30a	6.01±0.36b	71.76±1.73c
Y122	9.79±1.46a	9.07±0.77a	2.00±0.48a	4.34±2.05a	74.79±1.66d
Y111	8.96±0.42a	8.95±0.55a	1.78±0.03a	4.41±0.02a	75.90±0.21d
Y118	8.33±1.46a	11.41±0.15c	2.03±0.07a	4.56±0.28a	73.65±1.51d
Media	13.20	10.44	2.25	5.36	68.76
C.V. (%)	7.73	10.76	17.80	16.23	2.42

Valores representan la media ± (ES). n = 3 repeticiones. †ELN: Elementos libres de nitrógeno. Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Scott & Knott; $p \leq 0.05$).

El contenido de cenizas varió de 7.38 a 12.97% con una media de 10.44%. Las poblaciones con mayor contenido de cenizas fueron 12 en total que fueron estadísticamente iguales pero diferentes a las demás; de las cuales 10 corresponden al grupo G1 de frutos grandes de forma arriñonada (Y116, Y127, Y128, Y112, Y121, Y110, Y113, Y129, Y131 y Y118) y dos poblaciones de fruto tipo cherry (T106 y Y130) del grupo G2. Las poblaciones Y116 y Y127 destacaron por su alto valor de proteína y cenizas. Al respecto Ali *et al*. (2021) señalan que en estudios previos se ha reportado en promedio 8.75% de cenizas en tomate. El contenido de lípidos varió de 1.54 a 3.16%, con una media de 2.25%, con poca variación pues solo se conforman dos grupos estadísticamente diferentes. Los valores más bajos se presentaron en 18 poblaciones estadísticamente iguales; de estas, 11 poblaciones presentan forma de fruto arriñonada y tamaño grande (grupo G4), dos poblaciones del grupo G2 tipo cherry (Y115 y Y120), cinco poblaciones de frutos piriformes (Y123, Y114, Y124, Y122 y Y111) del grupo G1. Estos resultados coinciden con los de Morales-de León *et al*. (2015), quienes indican que el contenido común de lípidos en vegetales es menor al 3%; muestras que Olaniyi *et al*. (2010) reportaron valores de lípidos entre 3.66 – 4.22%.

Para el contenido de fibra cruda sobresale la población Y128 de frutos arriñonados y grandes, y T106 y Y130 que presentan forma pequeña del fruto tipo Cherry, las tres son estadísticamente iguales y diferentes a las demás con valores superiores a 8.27%. Para esta característica, las poblaciones se integraron en tres grupos estadísticamente diferentes, donde la variación se distribuyó de 3.35 a 10.55%, con una media de 5.36%. En relación con el contenido de ELN, la

variación observada se distribuyó de 61.33 a 75.90% (media 68.76%), y resultaron cuatro grupos estadísticamente diferentes. Las poblaciones Y128, Y130 y T106 presentaron los porcentajes menores y son estadísticamente diferentes al resto y similares entre ellas. Tanto fibra cruda como ELN incluyen carbohidratos digeribles, vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados (AOAC, 1990), lo que podría elevar los resultados de este estudio. Los porcentajes de las variables de calidad del fruto (proteína, fibra cruda, grasas y carbohidratos) presentaron valores altos y aunque se puede atribuir a los métodos empleados en el análisis químico, Casierra-Posada *et al*. (2007) reportaron que los incrementos en contenidos de las variables citadas, también pueden ser consecuencia de la exposición a condiciones salinas en cualquier etapa fenológica del jitomate. También, los resultados se pueden deber a las condiciones de manejo del cultivo, a las variedades, a las condiciones climáticas y suelo (Favati *et al*., 2009; González *et al*., 2011).

CONCLUSIONES

La variación fenotípica entre las poblaciones de jitomate estudiadas fue amplia, y se explica principalmente por las variables del fruto (color del fruto maduro, forma, tamaño, peso, número de lóculos, y rendimiento por planta). Las poblaciones de jitomate se agruparon por la forma y el tamaño del fruto. Respecto a la calidad bromatológica de fruto, sobresalieron por su alto contenido en proteína, cenizas, lípidos y fibra cruda, dos poblaciones tipo cherry (Y130 y T106) y tres poblaciones de fruto tipo arriñonado (Y116, Y127, Y128) que formaron parte de los grupos G2 y G4 respectivamente.

Acknowledgements. The authors thank CONACYT for the postgraduate scholarship to Genny Carolina Ortiz Salazar.

Funding. This work was supported by Tecnológico Nacional de México project: TecNM 9697.20−P.

Conflict of interest. The authors declare there are no competing interests.

Compliance with ethical standards. The authors declare that all ethical standards were complied with.

Data availability. The data presented in this study are available on request from the corresponding author. (luis.lm@conkal.tecnm.mx).

Author contribution statement (CRediT). G.C. Ortiz-Salazar -, Methodology, visualization and writing original draft, **R.H. Andueza-Noh** - Formal Analysis, Validation, Writing –review and editing., **A.R. Lara-Martín** – Methodology, Validation, Writing –review and editing., **K.B. Medina** - Methodology, Formal Analysis, Validation, Writing original draft., **G. Castañón-Nájera** - Formal Analysis, Validation, Writing –review and editing., **J. Díaz-Mayo** - Methodology, Formal Analysis, Validation, Writing original draft., **L. Latournerie-Moreno** - Conceptualization, methodology, visualization, writing original draft and editing.

REFERENCES

Ali, M.D., Sina, A.A.I., Khandker, S.S., Neesa, L., Tanvir, E.M., Kabir, A., Khalil, M.I. and Gan, S.H., 2021. Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Tomatoes and Their Impact on Human Health and Disease: A Review. *Foods*, 10(1), pp. 45. https://doi.org/10.3390/foods10010045

Álvarez-Hernández, J.C., Cortez-Madrigal H. and García-Ruiz, I., 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (S*olanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*, 28, pp. 139-159.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 1990. *Official Methodos of Analysis*. Fiftieth Edition. Kenneth Helrich. Arlington, Virginia, USA.

Bai, Y. and Lindhout, P., 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future?. *Annals of Botany*, 100, pp. 1085-1094. https://doi.org/10.1093/aob/mcm150.

Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J.J., Cruz-Izquierdo, S., Reyes-López, D., Hernández-Leal, E. and Hernández-Bautista, A., 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37, pp. 129-139.

Canul-Ku, J., González-Pérez, E., Barrios-Gómez, E.J., José Luis Pons-Hernández, J.L. and Rangel-Estrada, S.E., 2022. Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de tomate nativo del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(1), pp. 23-31.

Carrillo-Rodríguez, J.C., y Chávez-Servia, J.L., 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33, pp. 1-6.

Casierra-Posada, F., Pachón, C.A. and Niño-Medina, R.C., 2007. Análisis bromatológico en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) afectados por salinidad por NaCl. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 10(2), pp. 95–104. https://doi.org/10.31910/rudca.v10.n2.2007.588.

Estrada-Castellanos, J.B., Carrillo-Rodriguez, J.C., Jerez-Salas, M., Chavez-Servia, J.L. and Perales-Segovia, C. 2019. Small farmer practices for production improvement of the kidney-type tomato landrace: A case study in Oaxaca. *International Scholars Journals*, 7(11), pp. 1-7.

Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Di Tommaso, T. and Candido, V., 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 122(4), pp. 562-571. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.06.026

Figueroa-Cares, I.E., Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M.T., Rodríguez-Pérez, J.E., Colinas-León, M.T. and Valle-Guadarrama, S., 2018. Calidad nutricional y capacidad antioxidante en variedades y genotipos nativos de jitomate (S*olanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Agrononomía de la Universidad de Zulia*, 35(1), pp. 63-84.

Flores-Hernández, L.A., Lobato-Ortiz, R., Sangerman-Jarquín, D.M., García-Zavala, J.J., Molina-Galán, J.D., Velasco-Alvarado, M.J. and Marín-Montes, I.M., 2018. Genetic diversity within wild species of *Solanum*. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 24*(2), pp. 98-100. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.08.030.

Frenkel, Ch., Klein, I. and Dilley, D.R., 1968. Protein Synthesis in Relation to Ripening of Pome Fruits. *Plant Physiolology*. 43(7), 1146–1153.

García B., R., and Gracia, M.A., 2019. Nodos, actores y discursos en generación de alternativas alimentarias locales en Quintana Roo y Yucatán, México, 2000-2016. *Intersticios Sociales*, 17, 175-202.

Glen, U.R., Kenneth, K.S., and Greg, B.G.M., 2009. PII in higher plants: a modern role for an ancient protein, Trends in *Plant Science*.14(9), 505-511.

González, C.F., Lozano, M., Ayuso, M.C., Bernalte, M.J., Vidal, M.C. and González, D., 2011. Characterization of traditional tomato varieties grown in organic conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(2), 444-452. https://doi.org/10.5424/sjar/20110902-153-10

InfoStat., 2020. Software estadístico. https://www.infostat.com.ar/

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)., 2013. *Paquete tecnológico de agricultura protegida para el cultivo de jitomate en invernadero.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 5 p. http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/72.pdf.

Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)., 1996. *Descriptores Para el Tomate (Lycopersicon spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos*. Roma, Italia.

Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Ramírez-Vallejo, P., Sandoval-Villa, M., Reed, D.W., Cisneros-Zevallos, L. and King, S., 2009. Evaluación de calidad en frutos nativos de siete genotipos nativos de jitomate (L*ycopersicon esculentum* var. cerasiforme). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), pp. 5-9.

Lobato-Ortiz, R., Rodríguez-Guzmán, E., Carrillo-Rodríguez, J.C., Chávez-Servia, J.L., Sánchez-Peña, P. and Aguilar-Meléndez, A., 2012. *Exploración, Colecta y Conservación de Recursos Fitogenéticos de Jitomate: Avances en la Red de Jitomates*. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.

Matos-Canul, E.E., Gómez-Leyva, J.F., Alamilla-Magaña, J.C., Sandoval-Gío, J.J., Criollo-Chan, M.A. and Caamal-Velázquez, J.H., 2018. El jitomate Rosa p'ak o Riñón, un ecotipo nativo de la Península de Yucatán. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 22, pp. 63-68.

Mechmeche, M., Kachouri, F., Chouabi, M., Ksontini, H., Setti, K. and Hamdi, M., 2017. Optimization of extraction parameters of protein isolate from tomato seed using response surface methodology. *Food Analytical Methods*, 10, pp. 809–819. https://doi.org/10.1007/s12161-016-0644-x.

Mcintyre, G.I., 1997. The role of nitrate in the osmotic and nutritional control of plant development. *Australian Journal Plant Physiology*, 68, pp. 107-112.

Méndez-Infante, I., Vera-Guzmán, A.M., Chávez-Servia, J. L. and Carrillo-Rodríguez, J.C., 2011. Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 18, pp. 26-32.

Montejo-Canul, E., Aguiñaga-Bravo, A., Ruiz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H., González-Moreno, A., Latournerie-Moreno, L., Martín-Mex, and Garruña-Hernández, R., 2019. Effects of the inclusion of biorational insecticides for pest management on phytophagous insects, fruit yield, and bee abundance in tomato and tomatillo. *Archives of phytopathology and plant protection*, 52, pp. 1239-1254. https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1703300.

Morales-de León, J.C., Bourges-Rodríguez, H. and Camacho-Parra, M.E. (eds.)., 2015. *Tablas de Composición de Alimentos y Productos Alimenticios* (Versión condensada). Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México.

Muratore, C., Espen, L., Prinsi, B., 2021. Nitrogen Uptake in Plants: The Plasma Membrane Root Transport Systems from a Physiological and Proteomic Perspective. *Plants*, 10, 681. https://doi.org/10.3390/plants10040681

Olaniyi, J.O., Akanbi, W.B., Adejumo, T.A. and Akande, O.G., 2010. Growth, fruit yield and nutritional quality of tomato varieties. *African Journal of Food Science*, 6, pp. 398-402.

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

Rick, C.M., and Holle. M., 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*. Genetic variation and its evolutionary significance. *Economy Botany*, 44, pp. 69-78.

Ríos-Osorio, O., Chávez-Servia, J.J. and Carrillo-Rodríguez, J.C., 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate *(Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11, pp. 35-51.

Shao, D., Venkitasamy, C., Li, X., Pan, Z., Shi, J. and Wang, B., 2015. Thermal and storage characteristics of tomato seed oil. *LWT - Food Science and Technolonogy*, 63, pp. 191–197.

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)., 2020. *Informe Nacional Sobre el Estado de los Recursos Fitogeneticos para la Alimentacion y la Agricultura.* Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Mexico.

Vera-Sánchez, K.S., Cadena-Iñiguez, J., Latournerie-Moreno, L., Santiaguillo-Hernández, J.F., Rodríguez-Contreras, A., Basulto-Peña, F.A., Castro-Lara, D., Rodríguez-Guzmán, E., López-López, P. and Ríos-Santos, E., 2016. *Conservación y Utilización Sostenible de las Hortalizas Nativas de México*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.