EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

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

TESIS

Que presenta:

Genny Carolina Ortiz Salazar

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Luis Latournerie Moreno

Conkal, Yucatán, México

Enero, 2020

TecNM

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, a 31 de enero del 2020

El comité de tesis del candidato a grado: Genny Carolina Ortiz Salazar, constituido por los CC. Luis Latournerie Moreno, Esaú Ruiz Sánchez, y Rubén Humberto Andueza Noh, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Diversidad fenotípica y bromatológica del jitomate criollo (***Solanum lycopersicum* L.**) del sureste de México,** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Luis Latournerie Moreno
Director de Tesis

Dr. Esaú Ruiz Sánchez
Asesor de Tesis

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh
Asesor de Tesis

Conkal, Yucatán a 31 de enero de 2020

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Genny Carolina Ortiz Salazar

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo de investigación.

Al Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Conkal por brindarme la oportunidad de seguir en esta formación continua.

A mi director de tesis, Dr. Luis Latournerie Moreno por brindarme sus enseñanzas, consejos, confianza, comprensión y paciencia para terminar este trabajo.

A mis asesores Dr. Esaú Sánchez Ruiz y Dr. Rubén H. Andueza Noh por brindarme más allá de sus enseñanzas, su amistad.

A todos mis profesores de la maestría porque me voy mejor preparada para enfrentar la vida laboral.

A mis compañeros de trabajo de campo: Daniel, Zaci, José, Juan y Jacobo, porque trabajar de sol a sol con amigos es lo mejor.

DEDICATORIA

Con todo el amor de mi corazón le dedico este éxito profesional a mi niña **Valentina** que sin saberlo me motivó, inspiró, y me dio todas las fuerzas que necesité.

A **Raúl** que ha elegido ser mi compañero de vida, que cree en mí y que desde nuestra unión ha sido un apoyo incondicional.

A mis padres **Manuel** y **Rosario,** que siempre están para mí. Por su amor que no tiene límites ni fecha de caducidad.

A mi hermano **Manuel,** que apoya todas mis locuras. Nos queremos, nos cuidamos y siempre estaremos el uno para el otro.

A mis suegros **Raúl** y **Lidia,** porque gané otros padres.

"No te rindas"

No te rindas, aún estás a tiempo de alcanzar y comenzar de nuevo, aceptar tus sombras, enterrar tus miedos, liberar el lastre, retomar el vuelo.

No te rindas que la vida es eso, continuar el viaje, perseguir los sueños, destrabar el tiempo, correr los escombros y destapar el cielo.

Mario Benedetti.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO 1 1

1.1 RESUMEN 1

1.2 ABSTRACT 2

1.3 INTRODUCCIÓN 3

1.4 ANTECEDENTES 4

1.5 HIPÓTESIS 7

1.6 OBJETIVOS 7

1.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 8

1.8 LITERATURA CITADA 9

2. CAPÍTULO 2 12

DIVERSIDAD FENOTÍPICA Y BROMATOLÓGICA DEL JITOMATE CRIOLLO (*Solanum lycopersicum* L.) **DEL SURESTE DE MÉXICO** 12

2.1 RESUMEN 12

2.2 ABSTRACT 13

2.3 INTRODUCCIÓN 14

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS 15

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 19

2.6 CONCLUSIONES 30

2.7 LITERATURA CITADA 31

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Relación de las muestras recolectadas de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) y su ubicación geográfica 18

Cuadro 2. 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.....20

Cuadro 3. Concentración de cuadrados medios y su significancia con base en el análisis de varianza de los variables de calidad nutricional del fruto de 31 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México. 26

Cuadro 4. Comportamiento promedio (± E.E.) y su significancia de los parámetros de calidad del fruto de 31 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México.....29

Figura 1. Dispersión de 32 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) sobre el plano determinado por los primeros dos CP, con base en 24 características fenotípicas. 21

Figura 2. Dendograma generado con 32 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum*, L.), con base a 24 variables cualitativas y cuantitativas, al considerar la distancia euclidiana y el método UPGMA.....25

1. CAPÍTULO 1

1.1 RESUMEN

El presente trabajo se planteó con el objetivo de caracterizar la variación fenotípica y calidad nutricional de poblaciones de jitomate criollo del sureste de México. Se recolectaron 34 poblaciones (seis provenientes de Chiapas, dos de Tabasco, dos de Campeche y 24 de Yucatán) de mayo a junio del 2018 con productores, mercados locales y ferias de semillas. El cultivo se estableció en un área experimental en el municipio de Conkal, Yucatán, localizado a 21°04’46” N y 89° 29’52” O, a una altitud de 10 m. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se sembraron 30 plantas a una distancia de 0.30 m entre plantas y de 1.20 m entre surcos. La unidad experimental fue de 10 plantas. El trabajo consistió en dos etapas. 1) Caracterización fenotípica. Se evaluaron 26 descriptores de planta, inflorescencia y fruto. Se hicieron en total cinco cortes de frutos. Las variables cualitativas del fruto fueron tomadas de 10 frutos cosechados al azar de la parte media de la planta (un fruto por cada planta), mientras que para las variables cuantitativas se midieron de 5 frutos tomados por planta por cada corte, para el número de frutos por planta y el rendimiento por planta se cuantificó de los cinco cortes que se realizaron durante la cosecha. 2) Caracterización de la calidad nutricional. Se tomó 1 kg de fruto al tercer corte, con el que se determinaron: humedad, proteína, cenizas, lípidos, fibra cruda y ELN. Para el análisis de los datos se usó estadística descriptiva y multivariada. Se observó alta variación fenotípica entre las poblaciones de jitomate principalmente en las características del fruto (el color del fruto maduro, la forma, tamaño y peso del fruto, el número de lóculos y los rendimientos por planta), destacando los jitomates tipo arriñonados por la forma y tamaño del fruto. En cuanto al componente de calidad del fruto sobresalieron las poblaciones Y116, Y127, Y1128, Y130 y T107 por su alto contenido de proteína, cenizas, lípidos y fibra cruda.

1.2 ABSTRACT

The present work was carried out to characterize the phenotypic variation and nutritional quality of tomato landrace populations in southeastern Mexico. Thirty-four populations (six from Chiapas, two from Tabasco, two from Campeche and 24 from Yucatan) were collected from small scale farmers, local markets and local seed fairs during May to June of 2018. The crop was established in an experimental area in the municipality of Conkal, Yucatán, located at 21°04'46"N and 89°29'52" W, at an altitude of 10 m. The experimental design consisted of completely randomized blocks with three repetitions. Thirty plants were planted at a distance of 0.30 m between them and 1.20 m between furrows. The experimental unit was 10 plants. The work consisted of two stages. 1) Phenotypic characterization. Twenty-six descriptors of plant, inflorescence and fruit were evaluated. The qualitative variables of the fruit were taken from ten randomly harvested fruits from the middle part of the plant (one fruit per plant), while for the quantitative variables five fruits were taken per plant, the number of fruits per plant and the yield per plant were quantified from a total of five harvest carried out for each tomato population. 2) Characterization of the nutritional quality. One kilogram of fruit per tomato population was taken at the third harvest, and the following variables were determined: moisture, protein, ashes, lipids, raw fiber and ELN. For the data analysis, descriptive and multivariate statistics were used. High phenotypic variation was observed among tomato populations mainly in the characteristics of the fruit (color of the ripe fruit, shape, size and weight of the fruit, the number of locules and yield per plant). Regarding the fruit quality, the populations Y116, Y127, Y1128, Y130 and T107 showed high protein, ashes, lipids and raw fiber content.

1.3 INTRODUCCIÓN

Los retos de los Recursos Fitogenéticos son conocerlos, conservarlos y utilizarlos en forma racional, es por ello que se requiere de estudios que permitan dar a conocer sus usos potenciales, esto no solo de las 229 especies que están enlistadas como principales cultivos en México, sino también de aquellos cultivos criollos que, aunque solo son utilizados y aprovechados de manera regional, llevan consigo la mayor importancia por ser variedades no del todo domesticadas que guardan una riqueza genética alélica que puede ser aprovechada para ampliar la base genética, resistencia a plagas y enfermedades, creación de nuevas variedades o incluso como mejor aporte de nutrientes a la dieta humana (Molina y Córdoba, 2006)

México es centro de origen de diversas especies de importancia alimenticia, así como también es centro de domesticación y diversificación de otras tales como el jitomate (Jenkins, 1948; Rick y Fobes, 1975; Peralta y Spooner, 2007). La especie reportada en México es *Solanum lycopersicum* L., ésta y sus parientes silvestres se distribuyen en gran parte de México desde Sinaloa hasta la península de Yucatán. No obstante, su amplia distribución, hay poca documentación del potencial genético y su aprovechamiento directo o como fuente de genes para el mejoramiento (Carrillo y Chávez, 2010).

Las formas silvestres y semidomesticadas del jitomate son manejadas en diferentes niveles. Por otro lado, tenemos las formas cultivadas, que incluyen un amplio rango que va desde los jitomates nativos (conocidos como criollos) de tamaño pequeño (tomatillo o cereza), los ojos de venado, los arriñonados, los acostillados, y los cuadrados tipo pimiento (*bell pepper)*, hasta las variedades comerciales de polinización libre (VPL) e híbridos tipo *saladette* y bola (Lobato *et al*., 2012). No obstante, son solo las variedades de importancia económica (*saladette*, bola y *cherry*), los más estudiados y aprovechados en la alimentación mexicana, para las demás formas, no existen suficientes estudios que describan con detalle los sistemas de manejo ni las características agromorfológicas ni bromatológicas que estos tienen.

Se sabe que los frutos del jitomate son ricos en licopeno, potasio, fósforo, magnesio y vitaminas A y C (Taylor, 1986) y que, bajo condiciones normales de cultivo, los frutos contienen en promedio 94% de agua, 1% de proteína cruda y 0.6% de minerales, expresados como cenizas (Herrmann, 2001). No obstante, los jitomates silvestres y criollos no han sido estudiados a nivel de calidad a pesar de que también tienen potencial para la cocina gourmet.

Algunos reportes indican que el jitomate demanda un alto requerimiento de potasio en los frutos para lograr alta calidad (Adams, 1994; Bugarín-Montoya *et al*. 2002). Sin embargo, el criterio de calidad ha sido motivo de controversia, pues se define con base en características organolépticas determinadas por el genotipo (Poysa, 1992), el manejo del agua (Mitchel y Shennan, 1991), la salinidad (Adams, 1991; Li *et al*. 2001), el estado nutricional de la planta por el entorno en la raíz y en la parte aérea (Ho y Adams, 1995) y por el manejo poscosecha (Kader *et al*. 1978). Incluso, se ha documentado que el rendimiento es independiente de la calidad de los frutos cosechados (Ho, 1996).

Sabiendo que la pérdida de materiales criollos se traduce en pérdida de la riqueza de la especie, y atendiendo a los temas de conservación de la Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología del país, se caracterizará morfológica y bromatológicamente variedades de jitomate criollo colectados en los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche y Yucatán.

1.4 ANTECEDENTES

El jitomate criollo en México

El jitomate perteneciente a la familia de las Solanáceas, es originario de América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Por lo tanto, se distribuye en la parte occidental de Sudamérica a lo largo de la costa, los Andes, Perú, norte de Chile, las Islas Galápagos y gran parte de México (Bergougnoux, 2013).

La planta de porte erecto o semierecto y arbustivo, es un cultivo de tipo anual. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 gr (SFA, 2010).

México y Perú son considerados los dos centros independientes de domesticación del jitomate, la domesticación en México se dio entre Veracruz y Puebla, donde persiste en forma silvestre, de ahí su gran diversidad en recursos genéticos de la especie (principalmente criollos y silvestres), algunos de ellos altamente cotizados en los mercados locales o regionales y con un gran potencial para generar variedades de uso local y variedades para cocina gourmet (SNITT, 2016).

El jitomate ocupa junto con la papa, el segundo lugar de los cultivos anuales introducidos en el país, con una superficie cosechada de alrededor de 50 000 ha. (Lépiz y Rodríguez, 2006). El fruto del tomate se clasifica de tres maneras: según su forma, madurez y color. Comercialmente y de acuerdo a su forma existen cinco tipos, del más pequeño al más grande: *cherry*, *saladette*, tipo pera, bola estándar y bola grande (SFA, 2010).

Importancia de los recursos genéticos criollos

El uso del jitomate se remota desde tiempos precolombinos, sin embargo, las diferentes formas y tamaños de frutos continúan teniendo un gran aprecio por los grupos socioculturales actuales ya que están asociados a las dietas y reparaciones culinarias locales (Long, 1995).

En el occidente de México (Valle central de Oaxaca y Puebla) las formas silvestres del jitomate son muy conocidas por la población rural y se utilizan como alimento, principalmente en la elaboración de salsas, así como también con usos medicinales en humanos y animales. Estas variedades crecen de manera espontánea en milpas o en la vecindad de las comunidades rurales (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

Los principales riesgos para la conservación del jitomate criollo son el uso continuo y constante de los herbicidas en las áreas cultivadas, quemas de pastizales, cambios en hábitos de consumo por el incremento de productos alternativos y poco aprovechamiento y por consiguiente conservación. No obstante, existe un nicho de mercado entre los consumidores que los prefieren por su sabor y aroma. Las formas silvestres son un recurso genético poco apreciado y en riesgo de erosión en la región centro-occidente de México (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

Existen pocos reportes sobre caracterización morfológica de jitomates silvestres y semidomesticados en México. La red Hortalizas ha realizado caracterización morfológica y agronómica de poblaciones silvestres, variedades locales y comerciales con la finalidad de identificar materiales sobresalientes con fines de registro o como fuente de programas de mejoramiento genético.

En un estudio agromorfológico en Oaxaca, Carrillo y Chávez (2010) caracterizaron una colección de 49 colectas de jitomates silvestres y semidomesticados, donde obtuvieron diferencias en fenología y morfología de planta, tallo, hoja, flor y fruto. Así como, formando dos grupos: poblaciones semidomesticadas y silvestres.

En otros estados del centro y parte del sur del país como Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tabasco, Colima y Veracruz, también se han caracterizado accesiones de jitomates nativos donde, la variable de mayor interés fue días a inicio de floración, y donde las poblaciones silvestres mostraron mayor variabilidad para esta característica, a pesar de que no fueron los más precoces (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

La red Jitomate durante sus acciones de 2002 al 2015, evaluó la resistencia al tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* en poblaciones silvestres, teniendo como resultado variación en las poblaciones desde susceptibilidad hasta resistencia a la enfermedad (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

Valor nutritivo y bromatológico del tomate

En el centro y sur de México, dentro de los sistemas de cultivos tradicionales se continúa con la producción de una gran variedad de jitomates nativos. En el estado de Oaxaca persiste una demanda local y regional por los jitomates de forma achatada-redonda con hombros (tipo riñón), promoviendo la siembra de estas formas irregulares de frutos y confiriéndole diversas propiedades alimenticias debido a las particularidades en sabor y su combinación con la gastronomía local típica (Vásquez, 2009; Estrada-Castellanos *et al*., 2011). Vera-Guzmán *et al*. (2011), evaluaron la variación en calidad de frutos de 13 colectas de jitomate tipo riñón originarias de Oaxaca, los cuales mostraron variación en azúcares reductores, acidez titulable y vitamina C.

Bonilla-Barrientos *et al.,* (2014) estudiaron la diversidad agronómica y morfológica de 40 materiales de jitomate nativo de amplio uso local en Puebla y Oaxaca. Las variedades estudiadas fueron jitomates cuadrados o tipo pimiento, riñón, ojo de venado y *cherry* o cereza. Como resultado, identificaron características sobresalientes en sólidos solubles totales y precocidad en algunos de tipo *cherry*, ojo de venado y arriñonados. Los jitomates cuadrados o tipo pimiento sobresalieron en variables de tamaño de fruto, sólidos solubles y firmeza. Las variables como precocidad, diámetro de planta, componentes del rendimiento y calidad de fruto, fueron las características de mayor importancia que permitieron la formación de grupos, y en las cuales sugieren poner énfasis en posteriores caracterizaciones de germoplasma nativo mexicano.

Juarez-López *et al.*, (2009) estudiaron siete tipos de jitomates originarios de Guerrero y Puebla, donde los contenidos de sólidos solubles variaron de 5.8 a 8.0 °Brix y la firmeza de 4.1 a 7.7, valores considerados altos.

Ante lo anterior, resulta necesario conocer la variabilidad genética que se conserva *in situ* de los cultivos utilizados en México (Carrillo y Chávez, 2010). Ya que la diversidad de los recursos fitogenéticos se está erosionando de manera permanente en gran medida por alteraciones a los ecosistemas, y en algunos casos desapareciendo para siempre por prácticas inadecuadas e insostenibles (Lépiz y Rodríguez, 2006), llevando a la disminución de las poblaciones y pérdida del material genético (Molina y Córdoba, 2006).

Resultan necesarios más estudios que abarquen la mayor diversidad posible, desde los parientes silvestres hasta las variedades cultivadas, dando la importancia merecida a las variedades silvestres y semidomesticadas puesto que representan la fuente de diversidad. Además de que el potencial de los recursos naturales y genéticos del país está vinculado al medio rural (Maxted, 2001) donde el aprovechamiento de la flora nativa es mayor (Molina y Córdoba, 2006).

1.5 HIPÓTESIS

La variación morfológica en el jitomate criollo, está en función del área de procedencia, pero las características bromatológicas son independientes del tipo de jitomate.

1.6 OBJETIVOS

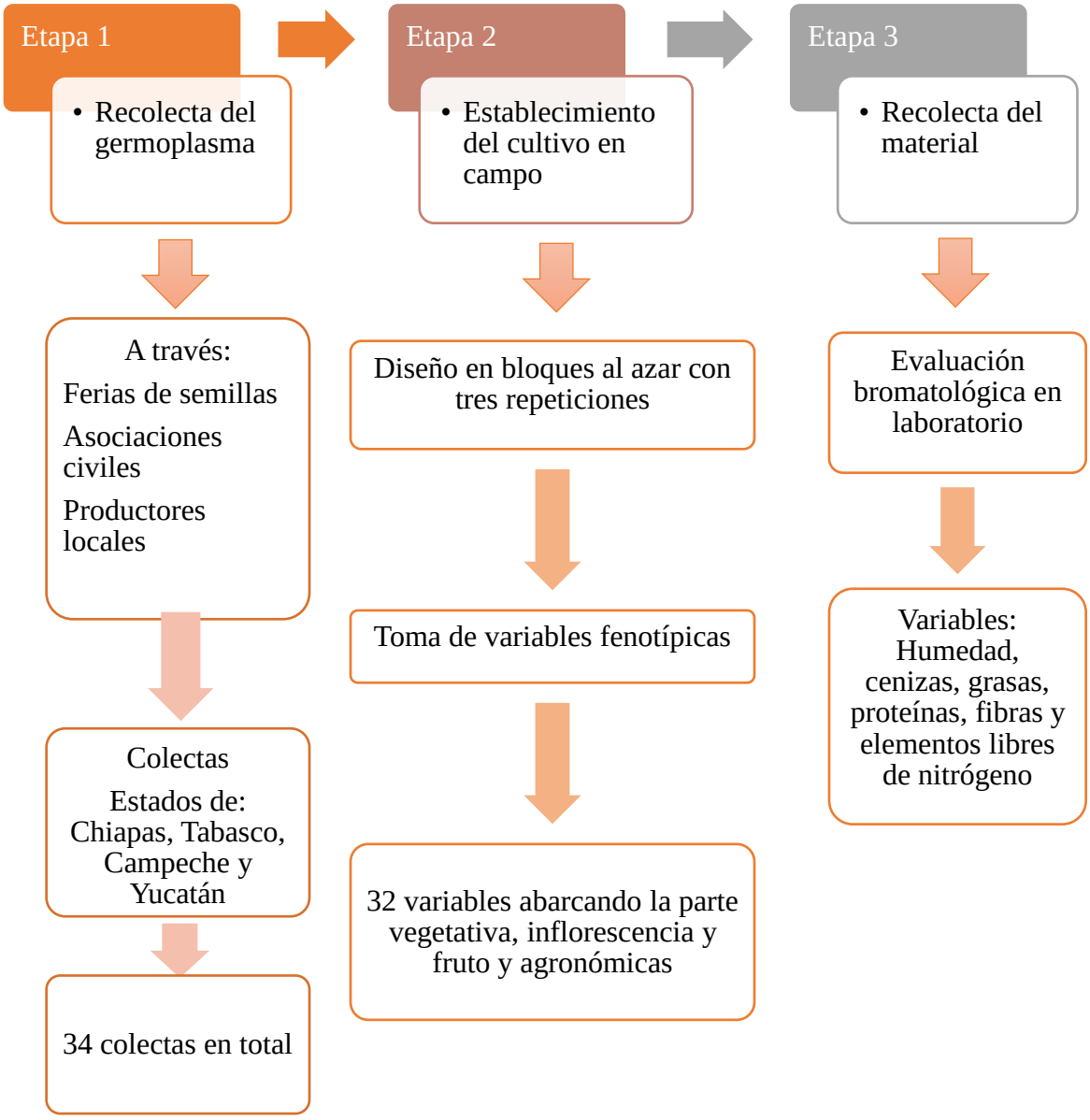
General

Caracterizar la variación fenotípica y calidad nutricional de poblaciones de jitomate criollo recolectados en el sureste de México.

Específicos

- Conocer la diversidad fenotípica del jitomate criollo.
- Determinar las características de calidad nutricional del jitomate criollo.

1.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



1.8 LITERATURA CITADA

Adams P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrient or sodium chloride on yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. J. Hortic. Sci. 66:210-217.

Adams P. 1994. Nutrición de vegetales de invernadero en NFT y sistemas hidropónicos. Acta Horticulture. 361:245-257.

Bergougnoux Veronique. 2013 The history of tomato: From domestication to biopharming. Biotechnology Advances. Elsevier.

Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. Rev. Fitotecnia Mexicana. Vol. 37 (2):129-139.

Bugarín-Montoya R., Galvis-Spinola A., Sánchez-García P., García-Paredes D. 2002.

Carrillo Rodríguez José C., y José L. Chávez Servia. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. Rev. Fitotec. Vol. 33 (Núm. Especial 4): 1-6. México.

Estrada-Castellanos J. B., J. C. Carillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia y C. Perales-Segovia. 2011. Small farmer practices for production improvement of the kidney-type tomato landrace: A case study in Oaxaca. Afr. J. Agric. Res. 6:3176-3182.

Herrmann K. 2001. Inhatsstoffe von Obst und Gemüse. Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart. 200p

Ho L. C., y Adams P. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. Acta Hort. 396:33-44.

Ho L. C. 1996. Tomato. En: Zamsky E., Schaffer A. A. (eds). Photoassimilate distribution in plants and crops. Marcel Dekker, New York. 709-728 p.

Jenkis J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. Econ. Bot. 2:379-392

Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Redd, L. Cisneros-Zevallos y S. King. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicum esculentum* var. *Cerasiforme*). Revista Chapingo. Serie Horticultura 15:5-9

Kader A.A., Morris L. L., Stevens M. A., Albright-Horton M. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest procedures. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103:6-13.

Lépiz Idelfonso R., y Rodríguez Guzmán E. 2006. Los Recursos Fitogenéticos de México. Cap 1. En: Molina M., J. C y L. Córdova T. (eds.). 2006. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 172p.

Li L. Y., Stanghellini C., Challa H. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato. Sci. Hortic Amsterdam. 88:11-29.

Lobato, O., R., E. Rodríguez G., J. C. Carrillo R., J. L. Chávez S., P. Sánchez P. y A. Aguilar M. 2012. Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances en la Red de Jitomate. SINAREFI-SAGARPA. México. 59 pp.

Long J. 1995. De tomates y jitomates en el siglo XVI. Estudios de la Cultura Náhiatl. 25:239-252.

Mitchel J.R. y Shennan C. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116:215-221

Molina M., J. C y L. Córdova T. (eds.). 2006. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 172p.

Peralta I. E., D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanacea). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Vol. 2. Tomato. M. K. Razdan, A. K. Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp:1-24

Poysa V. 1992. Use of Lycopersicon cheesmanii and L. chemielewskii to increase dry matter content of tomato fruit. Can. J. Soil Sci. 73:273-279.

Rick C. M, J. F. Fobes. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. Bull. Torrey Bot. Club 102:376-384

SFA. 2010. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

SNITT. 2016. Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable. Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología. Agrícola 2016-2022.

Taylor, I.B., 1986. Biosystematics of the tomato. In: Atherton, J., Rudich, J. (Eds.), The Tomato Crop. Chapman and Hall Ltd, New York, pp. 7–10.

Vásquez M. A. 2009. Etnoecología y agrobiodiversidad de Solanum lycopersicum L. (Solanaceae) en Miahuatlán, Oaxaca, México. Tesis M.C., Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 103 p.

Vera-Guzmán A.M., J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez. Variación en calidad de frutos de poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo riñón. 2011. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 55:82-85.

Vera-Sánchez KS., Cadena-Iñiguez J., Latournerie-Moreno L., Santiaguillo-Hernández JF., Rodríguez-Contreras A., Basulto-Pena FA., Castro-Lara D., Rodríguez-Guzmán E., López-López P., Ríos-Santos E. 2016. Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132 p.

2. CAPÍTULO 2

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

2.1 RESUMEN

El presente trabajo se planteó con el objetivo de caracterizar la variación fenotípica y calidad nutricional de poblaciones de jitomate criollo del sureste de México. Se recolectaron 34 poblaciones (seis provenientes de Chiapas, dos de Tabasco, dos de Campeche y 24 de Yucatán) de mayo a junio del 2018 con productores, mercados locales y ferias de semillas. El cultivo se estableció en un área experimental en el municipio de Conkal, Yucatán, localizado a 21°04’46” N y 89° 29’52” O, a una altitud de 10 m. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se sembraron 30 plantas a una distancia de 0.30 m entre plantas y de 1.20 m entre surcos. La unidad experimental fue de 10 plantas. El trabajo consistió en dos etapas. 1) Caracterización fenotípica. Se evaluaron 26 descriptores de planta, inflorescencia y fruto. Se hicieron en total cinco cortes de frutos. Las variables cualitativas del fruto fueron tomadas de 10 frutos cosechados al azar de la parte media de la planta (un fruto por cada planta), mientras que para las variables cuantitativas se midieron de 5 frutos tomados por planta por cada corte, para el número de frutos por planta y el rendimiento por planta se cuantificó de los cinco cortes que se realizaron durante la cosecha. 2) Caracterización de la calidad nutricional. Se tomó 1 kg de fruto al tercer corte, con el que se determinaron: humedad, proteína, cenizas, lípidos, fibra cruda y ELN. Para el análisis de los datos se usó estadística descriptiva y multivariada. Se observó alta variación fenotípica entre las poblaciones de jitomate principalmente en las características del fruto (el color del fruto maduro, la forma, tamaño y peso del fruto, el número de lóculos y los rendimientos por planta), destacando los jitomates tipo arriñonados por la forma y tamaño del fruto. En cuanto al componente de calidad del fruto sobresalieron las poblaciones Y116, Y127, Y1128, Y130 y T107 por su alto contenido de proteína, cenizas, lípidos y fibra cruda.

2.2 ABSTRACT

The present work was carried out to characterize the phenotypic variation and nutritional quality of tomato landrace populations in southeastern Mexico. Thirty-four populations (six from Chiapas, two from Tabasco, two from Campeche and 24 from Yucatan) were collected from small scale farmers, local markets and local seed fairs during May to June of 2018. The crop was established in an experimental area in the municipality of Conkal, Yucatán, located at 21°04'46"N and 89°29'52" W, at an altitude of 10 m. The experimental design consisted of completely randomized blocks with three repetitions. Thirty plants were planted at a distance of 0.30 m between them and 1.20 m between furrows. The experimental unit was 10 plants. The work consisted of two stages. 1) Phenotypic characterization. Twenty-six descriptors of plant, inflorescence and fruit were evaluated. The qualitative variables of the fruit were taken from ten randomly harvested fruits from the middle part of the plant (one fruit per plant), while for the quantitative variables five fruits were taken per plant, the number of fruits per plant and the yield per plant were quantified from a total of five harvest carried out for each tomato population. 2) Characterization of the nutritional quality. One kilogram of fruit per tomato population was taken at the third harvest, and the following variables were determined: moisture, protein, ashes, lipids, raw fiber and ELN. For the data analysis, descriptive and multivariate statistics were used. High phenotypic variation was observed among tomato populations mainly in the characteristics of the fruit (color of the ripe fruit, shape, size and weight of the fruit, the number of locules and yield per plant). Regarding the fruit quality, the populations Y116, Y127, Y1128, Y130 and T107 showed high protein, ashes, lipids and raw fiber content.

2.3 INTRODUCCIÓN

México es centro de origen de diversas especies de importancia alimenticia, así como centro de domesticación y diversificación de otras tales como el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Jenkins, 1948; Rick y Fobes, 1975; Peralta y Spooner, 2007). El jitomate se distribuye desde Sinaloa hasta la Península de Yucatán, presentando una gran diversificación de poblaciones nativas domesticadas, semidosmesticadas y sus parientes silvestres con una amplia variabilidad morfológica (Rick y Fobes, 1975; Rick, 1979). Al respecto Lobato *et al*. (2012) mencionan que las formas cultivadas de jitomate, incluyen un amplio rango que va desde los jitomates nativos (conocidos como criollos) de tamaño pequeño (tomatillo o cereza), los ojos de venado, los arriñonados, los acostillados, y los cuadrados tipo pimiento, hasta las variedades comerciales de polinización libre (VPL) e híbridos tipo saladette y bola. Matos *et al*. (2018) señalan que la abundante variabilidad genética y morfológica de jitomates nativos o criollos, es debido a factores como el clima, el suelo y la presencia de grupos humanos, lo cual ha favorecido la evolución y en muchos casos la domesticación de poblaciones nativas.

La Macro Red Hortalizas de SAGARPA-SNICS-SINAREFI ha realizado diversos estudios en relación a la conservación *in situ* y *ex situ,* en México. En este sentido se hicieron estudios de caracterizaciones morfológicas y agronómicas de 110 poblaciones de jitomates silvestres, variedades locales y comerciales que se recolectaron en los estados de Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Tabasco, Colima y Veracruz. Lo anterior con el objetivo de identificar poblaciones sobresalientes de uso común (variedades criollas que se encuentran en posesión de los agricultores), con la finalidad de registrarlas como un medio de protección, además para usarse como fuente de genes en programas de mejoramiento genético (Vera-Sánchez *et al*., 2016).

En otros estudios Ríos *et al*. (2014) señalan que la variabilidad presente en morfotipos de frutos nativos de jitomates y su producción en la región de Tehuantepec-Juchitán, Oaxaca, México, se destina a los mercados regionales, lo que promueve la preservación *in situ* de los acervos genéticos locales. Mientras que Matos *et al*. (2018) señalan que los jitomates criollos cumplen papeles culturales en el Estado de Campeche, en donde la cosecha del jitomate Rosa *p'ak* concuerda con una de las tradiciones más importantes, el *Hanal pixán* (lengua maya) o comida de los fieles difuntos, ya que su sabor característico lo hace un ingrediente importante para ésta comida. En este sentido Vera-Sánchez *et al*. (2016) mencionan que aquellos cultivos

nativos o criollos que solo son utilizados y aprovechados de manera regional, cumplen con las características para satisfacer la demanda local, nacional e incluso internacional tanto de consumidores como de productores.

Además, Molina y Córdoba (2006), indican que estos recursos fitogenéticos guardan una riqueza alélica que puede ser aprovechada para ampliar la base genética, resistencia a plagas y enfermedades, creación de nuevas variedades o incluso como mejor aporte de nutrientes a la dieta humana como fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes (Lobato *et al*., 2012). Al respecto los frutos del jitomate son ricos en licopeno, potasio, fósforo, magnesio y vitaminas A y C (Taylor, 1986). Bajo condiciones normales de cultivo, los frutos contienen en promedio 94% de agua, 1% de proteína cruda y 0.6% de minerales expresados como cenizas (Herrmann, 2001). No obstante, pocos estudios se reportan en jitomates silvestres y criollos a nivel de calidad nutrimental.

México es reservorio de una gran diversidad de jitomates silvestres y cultivados, esta diversidad representa un potencial genético que ha sido escasamente documentado (Peralta y Spooner, 2007; Carrillo y Chávez, 2010; Méndez *et al*., 2011). Sin embargo, el poco conocimiento que se tiene de estos recursos fitogenéticos, es una amenaza para su conservación y aprovechamiento particularmente en Yucatán. Al respecto Matos *et al*., (2018) mencionan que la pérdida de materiales criollos se traduce en pérdida de la riqueza de la especie. De ahí la importancia de estudiar los jitomates criollos de la Península Yucateca. Por todo lo anterior, el presente trabajo planteó como objetivo caracterizar la variación fenotípica y calidad nutricional de poblaciones de jitomate criollo recolectados en el sureste de México.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se recolectaron un total de 34 poblaciones de jitomates criollos *(Solanum lycopersicum* L.): seis provenientes de Chiapas, dos de Tabasco, dos de Campeche y 24 de Yucatán. Estas se obtuvieron de mayo a junio del 2018 directamente con productores, en mercados locales y en ferias de semillas (Cuadro 1).

Establecimiento del cultivo en campo y manejo. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando como sustrato comercial el *sunshine*, se depositaron 2 semillas por cavidad, a la emergencia se dejó una plántula por cavidad. El trasplante se hizo a los 28 días después de la siembra en condiciones de cielo abierto. El cultivo se estableció

en un área experimental en el municipio de Conkal, Yucatán, localizado a 21°04’46” N y 89° 29’52” O, a una altitud de 10 m. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con tres repeticiones, se sembraron 30 plantas a una distancia de 0.30 m entre plantas y de 1.20 m entre surcos. La unidad experimental fue de 10 plantas. La siembra se hizo durante el ciclo primavera/verano 2018. Para el manejo del cultivo se usó un sistema de fertirriego por goteo (cintilla) de 5/4 calibre 6000 con un gasto de 1.5 litros por hora (LPH). Las plantas fueron tutoradas tipo español. Se usó el paquete tecnológico de agricultura protegida para el cultivo de jitomate en invernadero propuesto por INIFAP (2010).

Variables evaluadas. Se evaluaron 26 descriptores de planta, inflorescencia y fruto, de acuerdo con el manual de descriptores del tomate (*Solanum lycopersicum*) (IPGRI, 1996) y de los trabajos de Carrillo y Chávez (2010) y Bonilla-Barrientos *et al*. (2014). Éstas fueron: tipo de inflorescencia, 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, forma terminal de la floración, 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, pero fruto por planta (g) y posteriormente se estimó la relación largo-ancho del fruto (mm). Se hicieron en total cinco cortes de frutos. Las variables de los frutos fueron tomadas a 10 frutos al azar por población en estado de madurez fisiológica.

Para la caracterización bromatológica se tomó 1 kg de fruto por cada población cosechados al tercer corte (74 ddt). Los frutos fueron tomados de los tres estratos de la planta (bajo, medio y alto) en estado de madurez fisiológica y al azar. Posteriormente, la muestra inicial se cortó en pequeñas partes y se puso a secar en la estufa a 60 °C durante 7 días hasta llegar a peso constante; de ésta manera se obtuvo el primer dato que fue humedad. De la muestra seca y de acuerdo a la Official Analytical Chemist (AOAC,1990), se tomó 200 g, de esta muestra se usó 3 g para obtener proteína, 3 g para obtener fibra, 3 g para obtener lípidos y 3 g para obtener cenizas. Los métodos empleados fueron de acuerdo a la AOAC (1990): para la obtención de proteínas por el método Kjeldahl, para cenizas por incineración a 600 °C durante dos horas, 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) restando a 100 la suma de los porcentajes de cenizas, lípidos, proteínas y fibra cruda.

Análisis de datos. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y multivariada. Se obtuvieron modas y medias para la construcción de la matriz de datos. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con 24 descriptores que mostraron la ordenación de la diversidad de las poblaciones estudiadas y un análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico a partir de distancias euclidianas y el método de ligamiento promedio (UPGMA) que presentó el agrupamiento de las mismas mediante un dendrograma. Las variables tipo de inflorescencia y color de corola fueron constantes y no se incluyeron en los análisis. Las variables bromatológicas se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se hizo la comparación de medias de acuerdo a Scott & Knott ($\rho \leq 0.05$).

Cuadro 1. Relación de las muestras recolectadas de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) y su ubicación geográfica

Clave	Localidad	Municipio	Estado	Latitud N	Longitud O	Altitud (msnm)	Variedad
Ch100	Ejido Zaragoza	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak**
Ch101	Ejido Zaragoza	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak*
Ch102	Ejido Nueva Galilea	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak*
Ch103	Ejido Nueva Galilea	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak*
Ch104	Ejido El Rosario	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak*
Ch105	Ejido Samaritano	Palenque	Chiapas	17°30’33”	91°58’56”	60	Rosa *pa’ak*
T106	Tecolutilla	Comalcalco	Tabasco	18°16’55”	93°19’52”	2	Bolita
T107	Patastal	Comalcalco	Tabasco	18°35’48”	93°34’81”	6	Rosa *pa’ak*
C108	Hda Blanca Flor	Hecelchakán	Campeche	20°10’00”	90°08’00”	10	Rosa *pa’ak*
C109	Sabancuy	Carmen	Campeche	18°38’35”	91°49’50”	1	Uva
Y110	Dzidzantún	Dzidzantún	Yucatán	21°14’45”	89°02’35”	2	Zocato
Y111	Cholul	Cholul	Yucatán	21°0235”	89°33’23”	9	Flama
Y112	Cholul	Cholul	Yucatán	21°0235”	89°33’23”	9	Manzano
Y113	Cholul	Cholul	Yucatán	21°0235”	89°33’23”	9	Rosa *pa’ak*
Y114	Cholul	Cholul	Yucatán	21°0235”	89°33’23”	9	Pera amarillo
Y115	Cholul	Cholul	Yucatán	21°0235”	89°33’23”	9	Cherry naranja
Y116	Conkal	Conkal	Yucatán	21°04’24”	89°31’15”	9	Macizo
Y117	Conkal	Conkal	Yucatán	21°04’24”	89°31’15”	9	Zocato
Y118	Dzutoh	Tixméhuac	Yucatán	20°14’07”	89°06’30”	33	Rosa *pa’ak*
Y119	Tahdziú	Tahdziú	Yucatán	20°12’08”	88°56’35”	32	Rosa *pa’ak*
Y120	Rancho Santa Eluteria	Cuncunul	Yucatán	20°38’29”	88°17’46”	29	Cherry
Y121	Rancho Santa Eluteria	Cuncunul	Yucatán	20°38’29”	88°17’46”	29	Rosa *pa’ak*
Y122	Rancho Santa Eluteria	Cuncumul	Yucatán	20°38’29”	88°17’46”	29	Pera jaspeado
Y123	Chichimilá	Chichimilá	Yucatán	20°37’51”	88°13’02”	26	Perita
Y124	Chichimilá	Chichimilá	Yucatán	20°37’51”	88°13’02”	26	Pera amarillo
Y125[§]	Chichimilá	Chichimilá	Yucatán	20°37’51”	88°13’02”	26	País
Y126	Chichimilá	Chichimilá	Yucatán	20°37’51”	88°13’02”	26	Cherry
Y127	Chichimilá	Chichimilá	Yucatán	20°37’51”	88°13’02”	26	Milpa
Y128	Xbox	Chacsinkín	Yucatán	20°12’14”	89°00’18”	28	Rosa *pa’ak*
Y129	Xbox	Chacsinkín	Yucatán	20°12’14”	89°00’18”	28	Macizo
Y130	Yaxcabá	Yaxcabá	Yucatán	20°31'26"	88°48'41"	27	Cherry naranja
Y131	Yaxcabá	Yaxcabá	Yucatán	20°31'26"	88°48'41"	27	Milpa
Y132	Xoy	Peto	Yucatán	20°07'22"	88°58'15"	40	País
Y133	Tixcacalcupul	Tixcacalcupul	Yucatán	20°32'12"	88°16'13"	27	Rosa *pa’ak*

*Rosa *pa’ak* en lengua maya, también conocido como Riñón. [§]población que no se usó en los análisis bromatológicos porque no se tuvo suficientes frutos.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenotípica

En el Cuadro 2, se muestra los valores y vectores propios del 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. El CP1 contribuyó en explicar el 51.37 % de la variación con un valor propio de 12.32; asociado mayormente 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, éste componente se define en mayor grado por variables de fruto relacionados con el rendimiento y morfología. El CP2 explicó el 14.39 % de la variación observada, con un valor propio de 3.45; donde las variables de mayor peso fueron: la longitud del fruto, la relación largo-ancho del fruto y el color del fruto maduro. De igual forma el CP3 contribuyó con un 8.07 % a la variación observada con un valor propio de 1.93 asociado a las variables color del fruto no maduro y color de la carne del pericarpio. La variación presente entre las poblaciones de jitomates evaluadas se definió por características morfológicas del fruto (exterior e interior) y las de rendimiento de frutos. Carrillo y Chávez (2010) en un estudio con 49 poblaciones entre semidomesticadas y silvestres de jitomates de Oaxaca, encontraron que los primeros tres CP contribuyeron en explicar el 86 % de la variación total, con mayores pesos en variables de rendimiento y morfológicas (días a inicio de floración, días a fructificación, días a maduración de frutos, altura de planta a los 30 días del trasplante, peso del fruto, frutos por racimo y total de frutos al quinto racimo); de igual manera, Bonilla-Barrientos *et al*. (2014) con 40 poblaciones de jitomates cuadrados, riñón, ojo de venado y cherrys de Puebla y Oaxaca, reportaron que los dos primeros CP explicaron el 77 % de la variación observada, contribuyendo mayormente las variables: días a inicio de floración, días a madurez y número de lóculos.

De acuerdo con Álvarez-Hernández *et al*. (2009) el tamaño del fruto está estrechamente relacionado con el número de lóculos, mientras más silvestres sean los jitomates menor número de lóculos presentan. Esto concuerda con Rick y Holle (1990) que señalan que el jitomate silvestre únicamente presenta dos lóculos. Por el contrario, características como tamaños mayores y forma arriñonada del fruto son considerados indicadores de formas criollas del jitomate, indicando selección realizada por el agricultor o que probablemente fueron cruzadas con variedades locales (Carrillo y Chávez, 2010).

Cuadro 2. 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

En la representación gráfica de los dos primeros CP (Figura 1), se muestra la distribución de las 32 poblaciones, donde se identifican tres grupos bien definidos y tres poblaciones que se distribuyeron en forma independiente cada una. El Grupo I quedó formado por 22 poblaciones, de las cuales 14 proceden de Yucatán, una de Campeche, seis de Chiapas y una de Tabasco. Estas poblaciones corresponden a los "Rosa *p'ak*" (14), macizo (una), zocato (dos), milpa (tres) y país (uno). Estos se caracterizan por tener la forma arriñonada del fruto, los mayores tamaños, los colores más rosados a la madurez (de ahí el nombre Rosa *p'ak* en lengua maya), los mayores rendimientos por planta (de 0.5 a 1.0 kg) y marcada variación en la cantidad de lóculos (de 3 a 9). En estudios que se han llevado a cabo en Puebla y Oaxaca, los jitomates arriñonados también han formado los principales grupos en las gráficas de CP

y han mostrado los valores máximos en el número de lóculos, peso promedio del fruto y diámetro, incluso al ser comparados con jitomates saladette, han mostrado valores similares en días a floración y madurez y número de racimos, por lo que se considera que pudieran ser utilizados para el mejoramiento genético como fuente de germoplasma o para la obtención de variedades mejoradas (Bonilla-Barrientos *et al*., 2014).

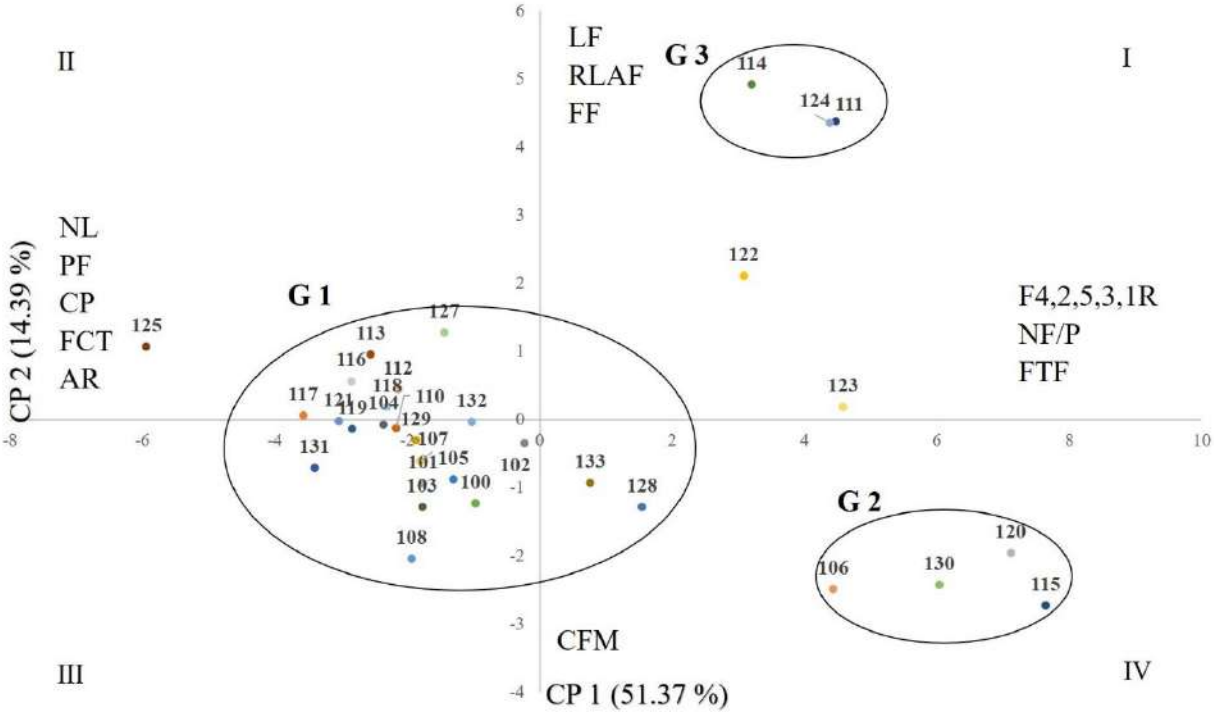


Figura 1. Dispersión de 32 poblaciones de jitomate criollo (*Solanum lycopersicum* L.) sobre el plano determinado por los primeros dos CP, con base en 24 características fenotípicas.

Cabe mencionar que los jitomates de este grupo, se les considera como criollos nativos de la región surestes de México (Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán), ya que desde tiempos prehispánicos se les cultiva. Por ejemplo, el jitomate Rosa *p'ak* en Campeche juega un papel importante en la comida tradicional del *Hanal-Pixán* (lengua maya) o comida de los fieles difuntos en el mes de noviembre (Matos Canul *et al*., 2018). Éste uso local, también se puede observar en el Centro-Occidente de México (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 fue conformado por cuatro poblaciones: tres tipo cherry de Yucatán (Y130, Y120, Y115) y una de Tabasco conocida como “bolita” (T106), que corresponden a los genotipos de frutos más pequeños (2.0 cm en promedio), con frutos color anaranjado a la madurez, con mayor número de frutos por racimo y frutos con dos lóculos. En este sentido Carrillo y Chávez (2010) encuentran dentro de la variedad *cerasiforme*, jitomates tipo cherry con frutos pequeños (de hasta 1.8 cm de diámetro), con dos lóculos y un peso no mayor de 3 g, relacionados a las formas silvestres. Dichas plantas suelen ser de crecimiento indeterminado, ramificación profusa, de mayor altura y con un mayor número de frutos por racimo, tal como se observó en el presente estudio. Así mismo Carrillo-Rodríguez *et al*. (2012) evaluaron 20 poblaciones de jitomates tipo cherry de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Puebla, Veracruz y Oaxaca donde observan que el tamaño pequeño del fruto es un indicador del origen silvestre de los materiales.

Los jitomates tipo arriñonados (con tamaños de 3 a 8 cm) y los cherrys conocidos en el centro del país como *citlale* (con tamaños de 1.5 a 2.0 cm), han formado parte de las colectas de la Red de Jitomates desde el 2012, pero solo habían sido reportados en Querétaro, Puebla, Oaxaca y Tabasco (Lobato-Ortiz *et al*., 2012).

El Grupo III estuvo formado por las poblaciones que proceden de Yucatán Y114 y Y124 de frutos piriformes y Y111 de frutos cilíndrico (alargado), frutos a la madurez de color: amarillo y amarillo con rayas rojas (jaspeado) respectivamente, igual número de lóculos (dos) y los rendimientos más bajos con un promedio de 3.6 frutos por racimo (del primer al quinto).

Las poblaciones de Yucatán Y122, Y123 y Y125 quedaron fuera de los agrupamientos por presentar características propias distintivas al resto de las poblaciones cada una, por lo que constituyeron grupos individuales. Las poblaciones Y122 con frutos de forma piriforme y Y125 con frutos de forma achatada, presentaron en promedio el mayor tamaño de frutos (5.0 cm), sin embargo, la población Y125 de color rojo en su forma madura, fue mayor en peso promedio del fruto (194.5 g) y número de lóculos (10.30), pero con el menor rendimiento por planta (319.64 g) además de ser la más tardía a la madurez (64 días después del trasplante). La población Y123 con frutos de forma piriforme y color rojo en su estado maduro, presentó, al igual que la Y122, el mismo número de lóculos por fruto (dos), pero con tamaños de frutos menores (3.0 cm) en comparación con las poblaciones Y122 y Y125.

Otra característica que permitió a la población Y122 distinguirse, fue el color de fruto jaspeado a su madurez.

Tanto el grupo III como los que quedaron fuera de alguno (Y122, Y123 y Y125), son poblaciones de las cuales no se tienen registro desde cuando se estén utilizando y cultivando en Yucatán, pero recientemente han tenido éxito en los mercados locales y hoy en día se les puede encontrar en ferias de semillas criollas, aunque principalmente de manos de agricultores extranjeros. García y Gracia, (2019) mencionan que, en Yucatán, los jitomates tipo cherry, pera, fuego y ojo de venado, han alcanzado actualmente mercado principalmente en tianguis de nuevas corrientes como *slow food* (iniciativa presente en el estado desde el año 2002).

En general, los datos morfológicos de la caracterización fenotípica mostraron la presencia de fuerte variación para caracteres como: color (rojo, rosado, amarillo y jaspeado: amarillo con rayas rojas), forma del fruto (arriñonado, redondo, alargado y piriforme), tamaño del fruto (de 2 a 5 cm), peso del fruto (de 6.5 a 194.5 gr), número de lóculos (de 2 a 10) y rendimiento (de 241.28 a 1094.54 gr por planta). Dada esta variación, puede considerarse a todas las poblaciones como acervos de genes que pudiera servir para ampliar la base genética de los jitomates cultivados (Lobato-Ortiz *et al*., 2012).

El análisis de conglomerados (Figura 3) se complementó con el análisis de componentes principales, en donde se formaron cinco grupos morfológicamente diferentes a una distancia euclidiana de 6.3 unidades. El grupo 1 se integró por los jitomates “pera” (Y122 y Y123) que en este trabajo se consideraron introducidos dado que no se tiene registro del tiempo que tienen cultivándose en Yucatán. Estas poblaciones además de coincidir en su morfología (forma del fruto) comparten cercanía geográfica.

El grupo 2 está formado por los jitomates Y124 y Y114 con frutos de forma piriforme y la población Y11 conocido como “fuego” de fruto cilíndrico. La principal característica que comparten es el color amarillo del fruto a la madurez.

El grupo 3 está formado por los jitomates tipo “cherry” (Y115, Y120 y Y130) y uno de Tabasco conocido como “bolita” T106 que es ligeramente más grande que las demás. Esta característica, así como el alto número de frutos por racimo por planta los distingue de los demás y es probable que sea la razón por la cual el T106 se agrupa con las poblaciones de Yucatán. La variabilidad observada entre poblaciones está directamente relacionada con la

variabilidad geográfica y ambiental en la que se desarrollan, tal como lo señalan Hoyt (1992) y Ramanatha Rao y Hodgkin (2002).

El grupo 4 queda independiente con la población Y125 que se caracteriza por tener los frutos de mayor tamaño.

El grupo 5 al igual que en el ACP quedaron incluidos los jitomates arriñonados: Y132, Y133, Y128, Y118, Y113, Y119, Y131, Y112, Y121, Y117, Y116, CH104, Y129, Y127, CH102, T107, CH103, CH101, CH105, CH100, Y110, C108. Estos conformaron tres subgrupos: el más grande con 11 poblaciones de Yucatán; le sigue otro integrado por seis poblaciones de Chiapas, dos de Yucatán y una de Tabasco, mientras que el subgrupo más pequeño lo integró dos poblaciones (una de Campeche y una de Yucatán).

En el análisis fenotípico se encontró una amplia diversidad en los materiales que permitió la formación de grupos, muy probablemente debido a su origen geográfico, aunque en mayor medida esto se deba al proceso de selección por parte de los agricultores tradicionales mediante el uso de elecciones enfocadas a la búsqueda de adaptación a ambientes locales, físicos, sociales y culturales (Cleveland *et al*., 1994), para finalmente obtener variedades mejoradas (Hoyt, 1992 y Lobato-Ortiz *et al*., 2012). En general, el origen geográfico, las condiciones el ambiente y el manejo tradicional que los agricultores a través del tiempo les han dado, en parte influyen en las características individuales (variabilidad biológica) a través de las poblaciones, que a su vez forman ecotipos como consecuencia de largos períodos de interacción entre el medio ambiente y los sistemas genéticos (Ramanatha Rao y Hodgkin, 2002), lo que explica lo observado en el presente estudio y que en algunos casos la similitud entre poblaciones pudiera deberse a que proceden de un mismo lugar o productor, en este caso principalmente de Yucatán y que por el tiempo, aun no se han diferenciado mucho entre ellas. El germoplasma nativo es de importancia por la heterogeneidad biológica, económica y cultural de la agricultura local (Bellon, 1996; Molina y Córdoba, 2006; Lobato-Ortiz *et al*., 2012).

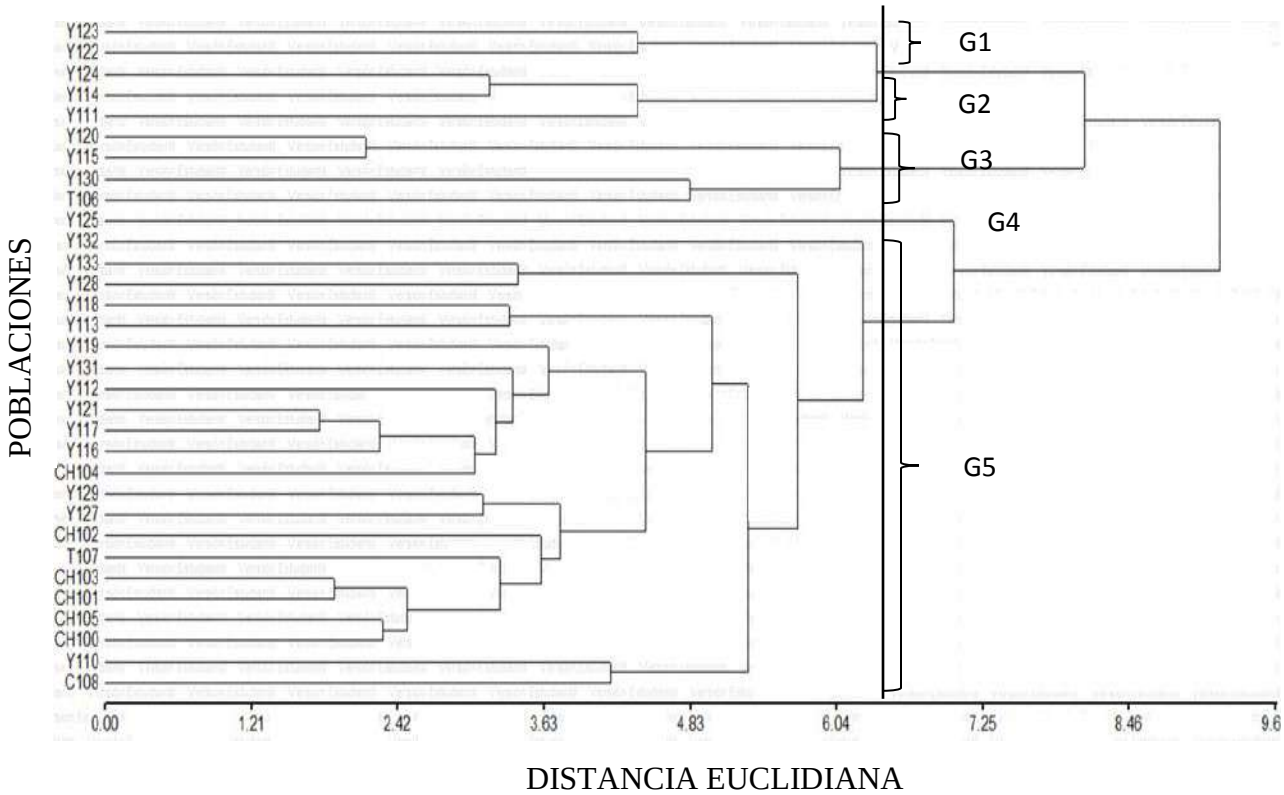


Figura 2. Dendograma generado con 32 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum,* L.), con base a 24 variables cualitativas y cuantitativas, al considerar la distancia euclidiana y el método UPGMA.

Análisis de la calidad nutricional

El Cuadro 3 muestra diferencia estadística (Scott & Knott, p≤ 0.01) para el efecto de poblaciones para las cinco variables de calidad nutricional estudiadas, indicando la variación presente en el material genético de jitomate estudiado.

Cuadro 3. Concentración de cuadrados medios y su significancia con base en el análisis de varianza de los variables de calidad nutricional del fruto de 31 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México.

F.V.	g. l.	Cenizas (%)	Lípidos (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	ELN[£] (%)
Repetición	2	62.04**	61.52**	0.97**	1.56	8.68**
Poblaciones	30	6.18**	3.03**	12.31**	10.86**	16.47**
E.E.	60	1.07	0.74	0.97	2.11	1.09
C.V. (%)	-	5.53	10.28	4.64	11.04	1.86

[£]Elementos libres de Nitrógeno, g.l. grados de libertad, *, ** indica un valor con significancia estadística (Scott & Knott, p ≤ 0.05 y 0.01).

El cuadro 4, presenta el comportamiento medio de las variables analizadas de la calidad del fruto. En este sentido el contenido de humedad estuvo en el rango 91-95 %, siendo los menores las poblaciones de jitomates cherry Y115 y Y130 y la de mayor Y119 de forma arriñonada (datos no presentados). Estos datos coinciden con los valores de humedad reportados para *Lycopersicum esculentum* Mill., de México (Morales-De León *et al*., 2015).

El contenido de proteína varió de 16.61 a 24.85 % con una media de 21.18 %, donde sobresalen por sus altos valores las poblaciones Y116 y Y127 ambas de Yucatán que formaron un grupo estadísticamente diferentes al resto, estas tienen frutos de forma arriñonada y de mayor tamaño. De acuerdo a las tablas de composición de alimentos y productos alimenticios (Morales-De León *et al*., 2015) el contenido de proteína en jitomate cultivado es de 1.0 %, sin embargo, los altos valores que resultan en este estudio pueden asociarse a que el método empleado (Kjeldahl) también arrastra nitrógeno no proteico (NNP), los cuales están presentes y son altos en vegetales pero que no son asimilables para el humano (Nollet, 1996). También puede deberse a que la presencia del nitrógeno en frutos, depende de la solubilidad y asimilación del genotipo, ya que el movimiento del elemento es transportado de la raíz al fruto (Mcintyre, 1997).

El contenido de cenizas varió de 15.66 a 21.02 %, con una media de 18.73 %, donde las mejores poblaciones fueron 12, de las cuales 11 son de Yucatán y una de Tabasco (T107) y

fueron estadísticamente iguales entre ellas. Estas poblaciones tienen frutos de forma arriñonada y frutos grandes a excepción de la población Y130 que es tipo cherry. En jitomate cultivado el valor de los minerales es de apenas 0.29 % (Ca, P, Na, K, Mg, Cu, Zn, Mn,), no obstante, la determinación en seco incluye cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido, es decir, minerales totales. Así mismo el método incluyó la incineración de la muestra y esto a su vez, resulta poco útil para determinar P, que es uno de los elementos inorgánicos de mayor presencia en el jitomate (Olvera-Novoa *et al*., 1993; Nollet, 1996). Además, cabe señalar las poblaciones Y116 y Y127 por sus altos valores de proteína y cenizas, respectivamente.

El contenido de lípidos varió de 5.98 a 10.08 %, con una media de 8.36 %, observándose poca variación, solo se conforman dos grupos estadísticamente diferentes. En general 13 poblaciones presentaron los valores más altos: siete proceden de Yucatán, cinco de Chiapas y una de Tabasco (T107). Éstas poblaciones presentan forma de fruto arriñonada y tamaño de fruto grande a excepción de la población cherry Y130. El porcentaje de lípidos en vegetales comúnmente es menor al 3 % (Morales-De León *et al*., 2015): este dato considera lípidos de importancia nutricional para el humano isoprenoides y ácidos grasos esenciales, sin embargo, la técnica utilizada también arrastra fitoesteroles y fitoestanoles, los cuales son moléculas presentes en vegetales, pero no sintetizadas por el humano (Drago-Serrano *et al*., 2006).

El contenido de fibra cruda varió de 10.45 a 18.89 %, con una media de 13.16 %, sobresalen tres poblaciones con valores superiores a 16.5%, dos proceden de Yucatán (Y128 y Y130) y de Tabasco (T107). Y128 y T107 son de frutos grandes y de forma arriñonada y Y130 de tipo cherry. En cuanto al contenido de ELN varió de 51.51 a 60.58 %, con una media de 56.04 %, destacan cuatro poblaciones que se recolectaron en Yucatán y que son estadísticamente diferentes al resto. En este grupo quedaron dos poblaciones de jitomate pera (Y114, Y122), una conocida como jitomate fuego (Y111) y una tipo arriñonado (Y118). Tanto fibra cruda como ELN incluyen carbohidratos digeribles, vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados (AOAC, 1990), lo que podría estar elevando los resultados de este estudio.

En general, los porcentajes de los parámetros de calidad del fruto presentaron valores altos y aunque se puede atribuir a los métodos empleados en el análisis químico, otros autores

como Casierra-Posada *et al*. (2007), reportan que los incrementos en contenidos de proteína, fibra cruda, grasas y carbohidratos también pueden ser consecuencia de una exposición a condiciones salinas en cualquier etapa fenológica del jitomate (Adams, 1991; Li *et al*., 2001). Así como al efecto del genotipo (Poysa, 1992), el manejo del agua (Mitchel y Shennan, 1991), el estado nutricional de la planta por el entorno en la raíz y en la parte aérea (Ho y Adams, 1995), las condiciones del cultivo (Gonzáles *et al*., 2011) y el manejo postcosecha (Kader *et al*. 1978) y en particular Crisanto-Juárez *et al*. (2010) menciona las características físicas y nutricionales en jitomates silvestres y criollos.

Cuadro 4. Comportamiento promedio (± E.E.) y su significancia de los parámetros de calidad del fruto de 31 poblaciones de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) del sureste de México

Población	Proteína (%)	Cenizas (%)	Lípidos (%)	Fibra cruda (%)	ELN[£] (%)
Y116	24.85±0.33e	20.25±0.60c	8.04±0.88a	10.84±0.10a	53.45±0.19b
Y127	24.85±0.33e	19.62±1.50c	5.98±2.16a	10.45±0.48a	54.20±0.75b
Y128	23.42±0.31d	20.27±0.73c	8.96±0.85b	16.63±0.40c	51.51±0.20a
Y119	23.42±0.31d	18.75±0.19b	8.39±0.90a	11.58±0.25a	55.21±0.51b
Y112	23.42±0.31d	20.63±0.92c	7.85±0.14a	11.46±0.58a	54.15±0.18b
Y117	22.91±0.35d	18.66±1.67b	7.89±0.55a	11.40±0.71a	55.82±1.02b
Y121	22.91±0.35d	20.23±0.49c	9±0.98b	12.67±0.22a	53.93±0.19b
T107	22.89±0.34d	19.67±0.13c	9.29±1.03b	17.23±0.38c	51.84±0.37a
Ch104	22.40±0.45d	18.74±1.67b	8.46±0.76a	11.61±0.55a	55.88±1.42b
Ch103	22.08±0.46c	18.35±1.48a	10.08±1.09b	14.33±0.46b	54.57±1.02b
C108	21.72±0.29c	18.10±1.52a	6.27±0.14a	11.63±0.27a	57.45±0.83c
Y110	21.72±0.29c	19.79±0.27c	9.12±0.58b	12.88±0.54b	54.98±0.47b
Y113	21.72±0.29c	20.56±0.79c	8.19±1.09a	13.26±0.37b	54.57±0.54b
Ch105	21.55±0.33c	16.82±1.14a	9.49±0.90b	13.69±0.14b	56.50±0.47c
Y132	21.38±0.34c	18.93±0.49b	8.19±1.11a	14.37±0.31b	55.39±0.21b
Ch101	21.38±0.34c	15.66±1.01a	9.43±1.21b	12.01±0.25a	58.09±0.23c
Y130	21.18±0.30c	20.43±0.48c	8.66±1.30b	18.89±0.83c	51.71±0.37a
Y133	21.05±0.17c	17.55±1.67a	9.46±1.09b	14.04±0.54b	56.21±0.86c
Y115	21.05±0.17c	17.63±0.71a	7.02±0.37a	13.93±0.07b	57.08±0.25c
T106	20.87±0.17c	18.66±1.53b	7.34±0.07a	12.37±0.47a	57.15±0.77c
Y129	20.67±0.33c	21.02±1.20c	9.13±1.20b	14.16±0.54b	54.25±0.62b
Ch100	20.51±0.48c	16.90±0.98a	9.71±1.22b	11.81±0.68a	58.01±0.38c
Y131	20.50±0.20c	20.36±0.77c	8.88±0.93b	12.62±0.72a	55.66±0.48b
Ch102	19.93±0.50b	17.40±1.57a	9.81±1.06b	13.34±0.45b	57.33±0.58c
Y120	19.93±0.16b	18.33±0.38a	7.88±0.95a	14.13±0.62b	57.21±0.11c
Y123	19.40±0.20b	17.72±0.26a	7.53±0.91a	13.43±0.13b	58.25±0.42c
Y114	18.40±0.36a	16.04±1.15a	8.29±0.58a	14.18±0.21b	59.38±0.87d
Y124	18.27±1.58a	18.94±0.22b	7.26±0.76a	14.13±0.46b	57.88±1.12c
Y122	18.11±1.49a	17.51±0.76a	7.85±1.08a	10.67±3.93a	59.87±1.08d
Y111	17.35±0.41a	17.35±0.53a	7.56±0.07a	12.06±0.05a	60.58±0.14d
Y118	16.61±1.49a	19.73±0.14c	8.13±0.12a	12.22±0.40a	59.10±0.97d
Media	21.18	18.73	8.36	13.16	56.04

[£]ELN= Elementos Libres de Nitrógeno; n= 3, variables= 5, , Número con letras diferentes son significativamente diferentes (Scott & Knott, $p \leq 0.05$)

2.6 CONCLUSIONES

Con base en 24 descriptores fenotípicos cualitativos y cuantitativos que explicaron el 73.8% de la variación en las poblaciones de jitomates criollos, se encontró amplia variación entre las poblaciones contribuyendo en mayor los componentes del fruto (el color del fruto maduro, la forma, tamaño y peso del fruto, el número de lóculos y rendimiento de frutos por planta).

Los jitomates tipo arriñonado (Ch100, Ch 101, Ch102, Ch103, Ch104, Ch105, T107, C108, Y110, Y112, Y113, Y116, Y117, Y118, Y119, Y121, Y125, Y127, Y128, Y129, Y131, Y132, Y133) sobresalieron por sus altos rendimientos por planta. Esta característica junto con el número de lóculos por fruto, es probable que sea el resultado de mayor importancia del proceso de selección que realizan los agricultores con las variedades criollas a través del tiempo y que juega un papel muy importante en la variación presente en estos recursos genéticos y que son fuentes de genes para el mejoramiento genético.

El estudio exploratorio de la calidad de fruto, muestra que sobresalen tres poblaciones tipo arriñonado que son de Yucatán (Y116, Y127, Y128), una cherry también de Yucatán (Y130) y una de Tabasco (T107) conocida como “bolita”, por su alto contenido en proteína, cenizas, lípidos y fibra cruda.

2.7 LITERATURA CITADA

Adams P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrient or sodium chloride on yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. Journal Horticultural Science. 66:210-217.

Álvarez-Hernández, J. C., H. Cortez-Madrigal y García-Ruiz, I. Exploración y Caracterización de Poblaciones Silvestres de Jitomate (Solanaceae) en tres Regiones de Michoacán, México. 2009. Polibotánica. Núm. 28: 139-159.

AOAC. 1990. Official Methodos of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Fiftieth Edition. Kenneth Helrich. Arlington, Virginia, USA. Pp. 1-1213.

Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. Rev. Fitotecnia Mexicana. Vol. 37 (2):129-139.

Bellon M. R. (1996) The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. Economic Botany 50:26-39

Carrillo Rodríguez José C., y José L. Chávez Servia. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. Rev. Fitotec. Vol. 33 (Núm. Especial 4): 1-6. México.

Carrillo-Rodríguez J. C., H. López-Mendoza, J. L. Chávez-Servia, E. Rodríguez-Guzmán, P. Sánchez-Peña and R. Lobato-Ortiz (2012) Phenotypic divergence on growth and productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditios. *Acta Horticulturae* 947:375-380.

Casierra-Posada F., C. A. Pachón, Niño-Medina R. C. 2007. Análisis bromatológico en frutos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) afectados por salinidad por NaCl. Colombia. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica. 10 (2): 95-104.

Crisanto-Juárez A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia y Carrillo-Rodríguez J. C. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana. México. Vol. 33: 7-13.

Drago-Serrano M. E., M. López-López, Sainz-Espuñes T. R. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. México. Vol. 37:58-68.

García Bustamante R. y M. A. Gracia. 2019. Nodos, actores y discursos en generación de alternativas alimentarias locales en Quintana Roo y Yucatán, México, 2000-2016. Intersticios Sociales No. 17 Zapopan mar.

González C. F., M. Lozano, M.C. Ayuso, M. J. Bernalte, M. C. Vidal y González D. 2011. Caracterización de variedades tradicionales de tomate cultivadas en condiciones orgánicas. España. Revista Agrícola. Res. 9(2): 444-452.

Herrmann K. 2001. Inhatsstoffe von Obst und Gemüse. Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart. 200p

Ho L. C. and Adams P. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. Acta Horticulturae. 396:33-44.

Hoyt E. 1992. Conservando los parientes silvestres de las plantas cultivadas. Trad. Enrique Forero. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Delaware, USA. 52 p.

INIFAP. Paquete Tecnológico de Agricultura Protegida para el Cultivo de Jitomate en Invernadero. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

IPGRI. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp*.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma, Italia. 49p

Jenkis J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. Economic Botany. 2:379-392

Kader A.A., Morris L. L., Stevens M. A. and Albright-Horton M. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest procedures. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103:6-13.

Li L. Y., Stanghellini C., Challa H. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato. Science Horticultural Amsterdam. 88:11-29.

Lobato-Ortiz, R., E. Rodríguez-Guzmán, J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, P. Sánchez-Peña y A. Aguilar-Meléndez. 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. 54 p.

Matos Canul Edgar Enrique, Gómez Leyva Juan Florencio, Alamilla Magaña Juan Carlos, Sandoval Gío Juan José, Criollo Chan María Asunción, Caamal Velázquez José Humberto. El jitomate Rosa p'ak o Riñón, un ecotipo nativo de la Península de Yucatán. Temas de Ciencia y Tecnología. Vol. 22. Número 64. 2018.

Mcintyre, G. I. 1997. The role of nitrate in the osmotic and nutricional control of plant development. Australian Journal of Plan Physiology. 68: 107-112.

Mitchel J.R. y Shennan C. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116:215-221

Molina M., J. C y L. Córdova T. (eds.). 2006. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 172p.

Morales de León J. C., H. Bourges Rodríguez y M. E. Camacho Parra (eds.) 2015. Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México.

Nollet Leo, M. L. 1996. Handbook of food analysis. M. Dekker, New York.

Olvera Novoa M. A., C. A. Martínez Palacios., Real de León, E. 1993. Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Proyecto GCP/RLA/102/ITA Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe (AQUILA II). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). México.

Peralta I. E. and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanacea). In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Vol. 2. Tomato. M. K. Razdan, A. K. Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp:1-24

Poysa V. 1992. Use of Lycopersicon cheesmanii and L. chemielewskii to increase dry matter content of tomato fruit. Can. Journal Soil Science. 73:273-279.

Ramanatha Rao, V. y T. Hodgkin, 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 68: 1-19.

Rick C. M and J. F. Fobes. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. Bulletin Torrey Botanical Society Club. 102:376-384

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

SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

SFA. 2010. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

SNITT. 2016. Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable. Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología. Agrícola 2016-2022.

Vera-Sánchez KS., Cadena-Iñiguez J., Latournerie-Moreno L., Santiaguillo-Hernández JF., Rodríguez-Contreras A., Basulto-Pena FA., Castro-Lara D., Rodríguez-Guzmán E., López-López P., Ríos-Santos E. 2016. Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132 p.