



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CHILE APAXTLECO
(*Capsicum annuum* L.) Y SU FACTIBILIDAD DE
GESTIÓN LOCAL PARA LA INNOVACIÓN
PARTICIPATIVA**

SILVIA QUIRINO HUAXCUAUTLI

**T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE**

M. EN C. AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**Directora: Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales
Co-directora: Dra. Rocío Toledo Aguilar**

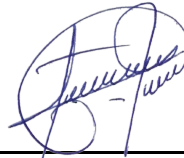
Iguala de la Independencia, Guerrero, México, noviembre de 2022

La presente tesis titulada **Diversidad morfológica de chile apaxtleco (*Capsicum annuum* L.) y su factibilidad de gestión local para la innovación participativa**, realizada por la alumna **Silvia Quirino Huaxcuautli**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

COMITÉ TUTORAL

Directora:



Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales

Co-directora:



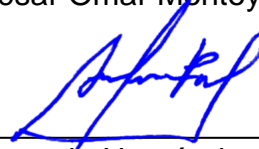
Dra. Rocío Toledo Aguilar

Asesor:



M.C. César Omar Montoya García

Asesor:



Dr. Antonio Hernández Polito

Asesor:



Dr. Elías Hernández Castro

Iguala de la Independencia, Guerrero, México, noviembre de 2022

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CHILE APAXTLECO (*Capsicum annuum* L.) Y SU FACTIBILIDAD DE GESTIÓN LOCAL PARA LA INNOVACIÓN PARTICIPATIVA

Silvia Quirino Huaxcuautli, M.C.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, 2022
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

RESUMEN GENERAL

México cuenta con gran diversidad de chiles (*Capsicum* spp.), incluidos especies silvestres y criollas que tienen importancia económica y culinaria en el país. El chile apaxtleco (*C. annuum* L.) se cultiva en la región de Apaxtla de Castrejón, Guerrero, genera empleos e ingresos económicos a las familias productoras, y se utiliza en la preparación de mole regional y adobos. En general, los estudios científicos con variedades locales de chile, sobre su forma de producción, importancia y diversidad son escasos; lo que, en parte, propicia la subutilización de estos recursos fitogenético, considerando la alta demanda de chiles en México y otros países. Además, describir la diversidad de los chiles locales, coadyuva en la toma de decisiones sobre su conservación, aprovechamiento y mejoramiento. Por ello, el objetivo de esta investigación fue analizar la diversidad morfológica de chile apaxtleco en el Estado de Guerrero, con el uso de descriptores morfológicos y sondear la factibilidad de gestión local para la innovación participativa con encuestas aplicadas a productores, y visibilizar la forma local de su producción y problemática que limita su expansión. En la primera etapa se realizó la caracterización de la diversidad morfológica de 24 accesiones de chile apaxtleco, bajo un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, con el registro de 59 variables morfológicas. Se realizó análisis de varianza, análisis discriminante, de componentes principales (CP) y conglomerados mediante el programa SAS 9.3. En la segunda etapa, mediante encuestas estructuradas a productores de chile apaxtleco, se sondeó el perfil sociodemográfico, caracterización productiva, económica y principalmente la disposición para la organización e innovación participativa. Para ello, se realizó la encuesta con preguntas abiertas y cerradas en una muestra aleatoria simple. Se obtuvieron porcentajes y promedios en el análisis cuantitativo y de tipo descriptivo en el análisis cualitativo. En el primer estudio, se encontró diversidad morfológica en las poblaciones de chile apaxtleco, con los primeros seis se explicó 76 % de la variación morfológica total, las variables longitud del fruto y pedicelo, ancho de la semilla, peso de fruto por planta, color del fruto en estado intermedio, número de frutos por planta, ancho del fruto, tipo de epidermis del fruto, textura de la semilla, color del filamento, número de semillas por fruto y forma del apéndice del fruto tuvieron mayor aporte a la diversidad morfológica total y fueron útiles para diferenciar a las poblaciones en estudio. En el agrupamiento se identificaron cuatro grupos de chile apaxtleco con características en fruto, vegetativas y de flor distintas, sin embargo, fue posible agruparlos por la forma y textura de los frutos. En gestión local, una de las principales limitantes que enfrentan es por la falta de recursos para implementarlos en la producción de chile apaxtleco. Los productores encuestados mostraron disposición en la innovación participativa y mejora de la producción de chiles. El uso de estos chiles criollos en la región es importante, y se debe impulsar la mejora de los sistemas productivos tradicionales en conjunto con los productores y sus necesidades en la producción para mejorar la económica de las familias rurales.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., variación morfológica, descriptores morfológicos, organización social, innovación participativa.

**MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF APAXTLECO CHILE PEPPER
(*Capsicum annuum* L.) AND ITS FEASIBILITY OF LOCAL MANAGEMENT
FOR PARTICIPATORY INNOVATION**

**Silvia Quirino Huaxcuautli, M.C.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, 2022
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

GENERAL ABSTRACT

Mexico has a great diversity of chili peppers (*Capsicum* spp.), including wild and native species, that have economic and culinary importance in the country. The apaxtleco chili pepper (*C. annuum* L.) it cultivated in the Apaxtla de Castrejón region, Guerrero State; its production generates jobs and economic income for producing families, and is used in the preparation of regional mole and adobo. In general, scientific studies with local varieties of chili, on their form of production, importance and the diversity are scarce; which in part, propitious under-use of these plant genetic resources, considering the high demand for chili peppers in Mexico and other countries. In addition, describing the diversity of local chili pepper helps in decisions about their conservation, use and improvement. Therefore, the objective of this research was to analyze morphological diversity of apaxtleco chili in the State of Guerrero, with morphological descriptors and probe the feasibility of local management for participatory innovation under surveys applied to producers, to make visible the local form of its production and the problems that limit its expansion. In the first stage, the characterization of the morphological diversity of 24 endemic accessions of apaxtleco chili was carried out, under experimental design in randomized complete blocks, with four repetitions, and 59 morphological traits registered. Analysis of variance, discriminant analysis, principal component (PC) and conglomerate analysis were performed using the SAS 9.3 program. In the second stage, through structured surveys of apaxtleco pepper producers, the sociodemographic profile, productive, economic characterization and mainly the disposition for organization and participatory innovation were surveyed. To do this, the survey was conducted with open and closed questions in a simple random sample. Percentages and averages were obtained in the quantitative analysis and descriptive in the qualitative analysis. In the first study, morphological diversity was found in the populations of apaxtleco, with the first six, 76 % of total morphological variation was explained; length fruit and pedicel, width seed, weight fruit per plant, color of fruit at intermediate stage, number fruits per plant, width fruit, fruit and seed texture, filament color, number seeds per fruit and shape fruit appendage had greater contribution to total morphological diversity and were useful to differentiate populations under study. As well, four groups of apaxtleco chili pepper with different fruit, vegetative and flower characteristics were identified, however, it was possible to group them by shape and texture of fruits. In the local management part, where one of the main limitations is lack of resources to implement them in apaxtleco chili production. The farmers surveyed showed willingness in participatory innovation and chili production improvement. The use of chili landraces in Apaxtla region is important, and improvement of traditions should be promoted in conjunction with farmers and their production needs to improve the economy of rural families.

Key words: *Capsicum annuum* L., morphological variation, morphological descriptors, social organization, participatory innovation.

DEDICATORIA

A mi padre y madre, Francisco Quirino y Cenorina Huaxcuaulli, por el amor, cariño y apoyo que me brindan en cada momento, porque me han enseñado a ser fuerte e independiente, por ustedes he llegado hasta donde estoy, muchas gracias este logro también forma parte de ustedes.

A Francisco Cantú que ha sido un buen amigo y compañero de vida, por su apoyo y amor incondicional en cada momento.

A mis hermanas(o) Roberta, Antonio y Yanet por su amor y amistad y porque sé que cuento con ustedes en cualquier momento de la vida. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Guerrero**, en especial al postgrado de Ciencias Agropecuarias y Gestión Local.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de Maestría en Ciencias.

A mi **Consejo Particular**, por la valiosa orientación, enseñanzas, recomendaciones y sugerencias otorgadas durante mi proceso de formación; y por las revisiones a la presente tesis y a los artículos derivados de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos particulares.....	5
1.4 Hipótesis	5
1.5 Literatura citada	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1 Origen y tipos de chiles	9
2.3 Producción de chile en México y su importancia.....	11
2.4 Importancia de los chiles endémicos.....	13
2.5 Diversidad en chile	14
2.6 Organización Social e innovación para la producción de chile.....	15
2.7 Literatura citada	17
III. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CHILE APAXTLECO NATIVO DE GUERRERO, MÉXICO	26
3.1 Summary.....	26
3.2 Resumen.....	27
3.3 Introducción.....	28
3.4 Materiales y Métodos	30
3.4.1 Ubicación y establecimiento del experimento	30
3.4.2 Diseño y unidad experimental	31
3.4.3 Variables registradas	31
3.4.4 Análisis estadístico.....	31
3.5 Resultados y Discusión	32
3.5.1 Descripción de la diversidad morfológica.....	32
3.5.2 Relación entre las poblaciones locales	37
3.7 Declaraciones	43
3.8 Referencias	44
IV. ORGANIZACIÓN SOCIAL E INNOVACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILES CRIOLLOS	50
4.1 Introducción.....	50
4.2 Materiales y Métodos	53
4.2.1 Área de estudio	53
4.2.2 Recolección de la información	53
4.2.3 Análisis de la información.....	54
4.3 Resultados y Discusión	54
4.3.1 Perfil sociodemográfico de los productores.....	54
4.3.2 Caracterización productiva.....	57
4.3.3 Caracterización económica	60
4.3.4 Organización social para la producción e innovación participativa	63
4.4. Conclusiones.....	67
4.5 Literatura citada	68
V. ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales estados productores de chile en México	11
Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y estadísticos descriptivos de variables cuantitativas, en la caracterización de poblaciones locales de chile apaxtleco, 2020.....	34
Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza y estadísticos descriptivos de variables cualitativas, en la caracterización de poblaciones locales de chile apaxtleco, 2020.....	29
Cuadro 4. Características morfológicas de las agrupaciones identificadas en poblaciones de chile apaxtleco	35
Cuadro 5. Perfil sociodemográfico de los productores de chile apaxtleco	55
Cuadro 6. Estimación de la superficie y rendimiento de los principales cultivos de productores de Apaxtla de Castrejón	57
Cuadro 7. Costos de producción de pequeños productores de chile apaxtleco	61
Cuadro 8. Rentabilidad de la producción de chile apaxtleco	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dispersión de las poblaciones locales de chile apaxtleco a través de los primeros dos componentes principales	39
Figura 2. Dendrograma de poblaciones de chile apaxtleco, generado con el método de agrupamiento UPGMA y distancias de Gower	41
Figura 3. Ubicación del municipio de Apaxtla de Castrejón	53
Figura 4. Principales actividades para el ingreso económico familiar, en productores de chile apaxtleco	56
Figura 5. Principales cultivos del sistema productivo familiar (%) en productores de Apaxtla de Castrejón	58
Figura 6. Disposición para la organización de los pequeños productores de Apaxtla	64
Figura 7. Percepción y motivos sobre la organización para la producción: productores de chiles apaxtlecos.....	65
Figura 8. Factibilidad de innovación participa con productores de chile apaxtleco	66

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Cuadro 1A. Cuestionario aplicado a productores de chile apaxtleco para obtener información sobre el perfil sociodemográfico, caracterización productiva y económica, y disposición para la organización participativa	69

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los recursos fitogenéticos y su diversidad en la alimentación y la agricultura constituyen la base para la producción de alimentos y representan una oportunidad ante los impactos del cambio climático y factores adversos como sequía, calor, heladas, inundaciones, plagas y enfermedades (FAO, 2011; FAO, 2018); además, son indispensables en la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible, la resiliencia y la oferta de servicios ecosistémicos vitales (FAO, 2019).

Dentro de los recursos fitogenético nativos de México se encuentran los chiles, que son el tercer cultivo económicamente importante en este país, después del maíz y el aguacate (Contreras-Toledo *et al.*, 2018). Durante el proceso de domesticación y selección continua en el género *Capsicum*, se han modificado características de fruto como tamaño, forma, masa, color, apariencia, sabor y picor (Kraft *et al.*, 2014; Pickersgill, 2016; Barchenger *et al.*, 2019), lo que generó gran cantidad de variantes morfológicas y diversificación dentro y entre especies (Massot *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2017; Velázquez-Ventura *et al.*, 2018).

Capsicum annuum L., cuyo centro de domesticación y diversidad genética es México, (Kraft *et al.*, 2014; Pickersgill, 2016), tiene más de 50 morfotipos cultivados (*C. annuum* var. *annuum*) y sus parientes silvestres (*C. annuum* var. *glabriusculum*) en este país (Pickersgill, 2016). Dentro de ellos, se encuentran los chiles apaxtlecos, cultivado en la región de Apaxtla de Castrejón, en pequeñas áreas menores a 1 ha por productor, pero que constituyen una fuente de ingresos para los productores agrícolas de esa región.

Las poblaciones de chile apaxtleco se han mantenido a través de generaciones, y se mediante la selección realizada por los productores se han favorecido características como tamaño, forma, color, sabor y olor del fruto (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011); para este chile, generalmente se distinguen tres tipos: anchos chinos (rugoso), anchos lisos y carrillos, éstos últimos son chiles delgados con epidermis lisa generalmente (Aguilar *et*

al., 2010). La mayor parte de la producción se destina a la venta en seco, en circuitos cortos de comercialización para la preparación de pasta de mole, principalmente.

Sin embargo, en las actividades agropecuarias es importante la organización para la producción, que tiene varios propósitos: a) mejorar el ingreso económico mediante actividades conjuntas de producción, comercialización y elaboración de sub-productos a nivel local, b) generar conocimiento y compartir experiencias sobre su actividad, c) mejorar el acceso a insumos, servicios y costos de producción más bajos, y d) obtención de información técnica para mejorar los procesos productivos.

Asimismo, los pequeños productores enfrentan tres grandes desafíos: oportunidad de enlace con los mercados, uso sostenible de los recursos naturales y adaptación al cambio climático. Al respecto, se ha mencionado que, ante estos retos, la innovación es parte de la respuesta para promover que los pequeños productores se involucren en una visión más integral sustentable sobre la producción y sobre la importancia de la conservación de los chiles nativos como recurso fitogenético, útil para la gestión local de la mejora de las expectativas económicas, sociales y ambientales de este cultivo (IICA-BID, 2013).

La innovación es factible mediante procesos de investigación participativa, en los cuales se intercambian conocimientos y técnicas entre pequeños productores locales e investigadores (López *et al.*, 2021). Estos requerimientos son factibles si, como estrategia de gestión local se arriba a ejercicios de asociatividad, esto es, a la organización social de los productores; lo cual se constituye en un vector estratégico que puede facilitar la investigación apoyada en la innovación participativa para la mejora de la producción, por ejemplo, en términos de productividad y rentabilidad, entre otros impactos esperados.

1.1 Planteamiento del Problema

La conservación de las especies silvestres, subutilizadas, criollas o semicultivadas de importancia económica y alimenticia han mostrado interés por parte del ser humano, siendo un recurso valioso para la diversidad y conservación debido a que forman parte de los recursos naturales, culturales y tradicionales de un país; estas especies están en riesgo debido a la sustitución por genotipos comerciales o modificados, esto ha generado una limitante a la información y conservación de especies endémicas.

En México existen diversas especies con estas características; en el estado de Guerrero se cultiva el chile apaxtleco, una especie nativa subutilizada que se emplea principalmente para la elaboración de comidas típicas y tradicionales de la región; uno de los principales problemas que tiene esta especie es la baja productividad de frutos de chile, llevando a tener poca información de la producción y conservación. La falta de organización social e información sobre la diversidad genética de los chiles ha generado que la cadena comercial esté limitada por centros de acopio e identificación de especies con interés comercial, productivo y culinario. Es por esto que el material endémico de chiles nativos se puede considerar en riesgo.

Generalmente se estudian poblaciones de chiles a escala familiar principalmente especies semicultivadas, los campesinos toman decisiones sobre cómo manejar y seleccionar los materiales genéticos desde el área de estudio. El potencial genético de las especies nativas es la base para obtener nuevas variedades, su conservación y caracterización, para conocer y escribir información sobre la especie. Actualmente, para enfrentar los retos de la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático es necesario dar oportunidad para que los productores, como sujetos sociales que han experimentado y acumulado conocimiento sobre las plantas endémicas, participen en los esfuerzos de investigación para la conservación de estas especies.

En Guerrero se han cultivado especies endémicas con interés comercial y mejora genética, pero los estudios son muy escasos. La producción de chiles endémicos en el

municipio de Apaxtla se ha afectado por causa de factores edafoclimáticos, manejo de plagas y enfermedades y otros generados por el hombre, alto costo de insumos agrícolas, sustitución de semillas nativas por variedades mejoradas, lo que ha ocasionado erosión genética o desánimo para continuar cultivándolo, evitando de manera general el progreso del campo y lo que limita el mejoramiento genético de ciertas especies endémicas con interés agronómico.

1.2 Justificación

La producción de chiles nativos representa un área de oportunidad para mejorar características de interés agronómico, a través de programas para selección de genotipos con mayores rendimientos, cualidades organolépticas para la preparación de platillos típicos, en función de las necesidades e interés de los agricultores (Kadri *et al.*, 2009). Actualmente no existe información en cuanto a la diversidad morfológica, manejo y producción del chile apaxtleco que apoye a la toma de decisiones como uso, conservación o mejoramiento genético (Jiménez *et al.*, 2014).

El chile nativo es uno de los principales alimentos en las zonas rurales ya que con ello condimentan diferentes platillos formando parte de su cultura e identidad, mismos que se han seleccionado de generación en generación por parte de pequeños productores para seguir conservando características peculiares, siendo una herencia biocultural que siguen cultivándolo. Se ha hecho poca actividad por parte de pequeños productores debido a la poca información que se tiene de estos chiles nativos, así como de la falta de organización, asociación e innovación participativa para su conservación y expansión de este material endémico.

Así como, documentar los procesos de producción del chile apaxtleco y organización de los mismos productores, y que apoye en la factibilidad de gestión local para la organización participativa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la diversidad morfológica del chile apaxtleco (*Capsicum annuum* L.) y la factibilidad de gestión local para la innovación participativa.

1.3.2 Objetivos particulares

- Analizar la diversidad morfológica de 24 poblaciones de chile apaxtleco con el uso de descriptores morfológicos.
- Definir las variables con mayor aporte a la variación total en chile apaxtleco.
- Establecer relaciones de similitud entre las poblaciones de chile apaxtleco analizadas.
- Identificar la factibilidad de organización social para la gestión local de la innovación participativa en la producción de chiles endémicos en Apaxtla, Guerrero.

1.4 Hipótesis

- Existe variabilidad en las poblaciones de chile apaxtleco, dicha diversidad se presenta mayor mente en variables de fruto.
- Las relaciones de similitud se establecerán por la forma de los frutos, de acuerdo a la selección realizada por los productores de este chile.
- Es factible la colaboración de productores de chiles endémicos apaxtlecos en la gestión local de la innovación participativa.

1.5 Literatura citada

- Aguilar R.V.H., T. Corona T., P. López L., L. Latournerie M., M. Ramírez M., H. Villalón M. y J.A. Aguilar C. 2010. Los Chiles de México y su Distribución. SINAREFI. Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Barchenger D.W., P. Naresh and S. Kumar. 2019. Genetic Resources of Capsicum. *In*: N. Ramchiary and C. Kole (eds.). The Capsicum Genome: Compendium of Plant Genomes. Springer Nature Switzerland AG. Pp: 9-23, https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_2.
- Carvalho S.I.C., L.B. Bianchett, C.F. Ragassi, C.S.C. Ribeiro, F.J.B. Reifschneider, G.S.C. Buso and F.G. Faleiro. 2017. Genetic variability of a Brazilian *Capsicum frutescens* germplasm collection using morphological characteristics and SSR markers. Genetics and Molecular Research 16(3): gmr16039689, <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039689>
- Contreras-Toledo A.R., M.A Cortés-Cruz, D. Costich, M.L. Lourdes Rico-Arce, J.M. Brehm and N. Maxted. 2018. A Crop Wild Relative Inventory for Mexico. Crop Science 58:1292-1305, <http://dx.doi.org/0.2135/cropsci2017.07.0452>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2011. Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.FAO - Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 104 p. <http://www.fao.org/3/i2624s/i2624s00.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. Biodiversidad para una agricultura sostenible. FAO - 2018 CA2227EN/1/11.18. 31 p. <http://www.fao.org/3/ca2227en/CA2227EN.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura - resumen. FAO - Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 16 p. <http://www.fao.org/3/CA3229ES/ca3229es.pdf>.
- IICA-BID. 2013. Innovaciones de impacto: Lecciones de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. IICA, BID, FONTAGRO.

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6114/BVE17109325e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Jiménez N., E. De la Cruz. L., A. Gómez V., G. Castañón N., A. Cruz H. y C. Márquez Q. 2014. La diversidad morfológica *in situ* de chiles silvestres (*Capsicum spp.*) de tabasco, México. *Fitotecnia Mexicana* 37:209-215.
- Kadri B.M., E. Esiyok and K. Turhan. 2009. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Reserch* 7:83-95, <https://doi.org/10.5424/sjar/2009071-401>
- Kraft K.H., C.H. Brown, G.P. Nabhan, E. Luedeling, J.J.L. Ruiz, G.C. d'Eeckenbrugge, *et al.* 2014. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *PNAS* 111:6165-6170, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- López M.A.J., R.A.M. Martínez, A.J.C. Martínez, P.J.A. García, C.S.P. Pérez y T.J. Cadena. 2021. Investigación participativa a través de modelos integrados de producción: un estudio de caso en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciencia y Agricultura* 18(1):46-62.
- Massot P.H.K., C. Vasconcelos S., J.C. Branco V., R.A. Valgas, R.L. Barbieri. 2016. Agronomic evaluation and morphological characterization of chili peppers (*Capsicum annuum*, Solanaceae) from Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 10(13):63-70.
- Pickersgill B. 2016. Chile peppers (*Capsicum spp.*). *In*: R. Lira, A. Casas and J. Blancas (eds.). *Ethnobotany of Mexico, interactions of people and plants in Mesoamerica*. Springer Science, New York, U.S.A. pp: 417-438, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_17
- Vázquez-Casarrubias G., J.A.S. Escalante-Estrada, M.T. Rodríguez-González, C. Ramírez-Ayala C. y L.E. Escalante-Estrada. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1):61-65, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.009>
- Velázquez-Ventura J.C., C. Márquez-Quiroz, E. Cruz-Lázaro, R. Osorio-Osorio y P. Preciado-Rangel. 2018. Morphological variation of wild peppers (*Capsicum spp.*) from

the state of Tabasco, Mexico. Emirates Journal of Food and Agriculture 30(2):115-121,
<https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603>

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y tipos de chiles

El género *Capsicum* spp. pertenece a la familia de las solanáceas junto a otros cultivares como jitomate (*Solanum lycopersicum*), papa (*Solanum tuberosum*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y tomatillo (*Physalis* sp.). Todas las especies de chiles son originarias del trópico y subtropico de América, se distribuyen por el mundo y comprende alrededor de 35 especies; de las cuáles, cinco han sido domesticadas: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Tucuch *et al.*, 2012; Carrizo *et al.*, 2016).

La especie *C. annuum* y sus parientes silvestres tienen su centro de diversidad y domesticación en México, éstos ya eran consumidos en épocas precolombinas con gran importancia económica, nutricional y cultural (Hayano *et al.*, 2016).

Se han descrito 22 tipos de chiles verdes y 12 de chiles secos en el género *Capsicum*, que se cultivan desde el nivel del mar, hasta los 2,500 m de altura, con características como color, olor, sabor, picor y tamaños variados, debido a su diversidad genética y condiciones climáticas a las que se han adaptado, por lo que constituye un recurso fitogenético muy valioso (Arroyo, 2012; Caro *et al.*, 2014).

Los frutos del chile son bayas de colores amarillos, naranja, rojos, marrón y negro en su madurez. La clasificación botánica de *Capsicum* presenta limitantes por el alto número de variedades comerciales, criollas, nativas, semicultivadas y especies silvestres. Generalmente, según la variedad y manejo agronómico, la planta presenta hojas pubescentes y lanceoladas, flores blancas y frutos que varía en longitud, color y picor; una altura entre 0.3 a 1.0 m, raíz pivotante con raíces adventicias y semillas planas, lisas y ricas en aceite (Pérez, 2010).

2.2 Usos y propiedades del chile

Los chiles son usados como como condimento, colorante u hortaliza; en forma natural o industrializado, en salsas, seco, en polvo o en conservas y principalmente para la preparación de platillos típicos de cada región, lo que caracterizan a la cocina mexicana. Los chiles en su forma natural o preparados aportan sabor, textura y picor que los hace únicos (Aguilar *et al.*, 2010).

Los frutos del género *Capsicum* son un recurso valioso de donde se obtiene compuestos fotoquímicos y son los responsables de la producción de metabolitos funcionales en los componentes del fruto (pericarpio, semillas y placenta), en la placenta se concentra alrededor del 90 % de los capsaicinoides (Stewart *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2007). El chile también contiene vitaminas (A, C, E y B6), proteínas, minerales, tiene capacidad antioxidante, (Ghasemnezhad, *et al.*, 2011; Clark y Lee 2016); además contiene diversos compuestos bioactivos como fenoles flavonoides, carotenoides, compuestos fenólicos y alcaloides (Schulze y Spiteller 2009; Toledo, 2015).

También tiene propiedades antifúngicas, anticancerígenas (páncreas, colon, próstata, hígado, esófago, piel, las leucemias y pulmonar), antiinflamatorios, anticoagulante que puede disminuir o prevenir enfermedades degenerativas en los seres humanos (Long, 1986; Ahuja *et al.*, 2006; Tundis *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2012; Reddy *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2015; Clark y Lee, 2016; Popelka *et al.*, 2017).

Los frutos del género *Capsicum* también se comercializan para la extracción de colorantes y oleorresinas. La oleorresina es un producto de mayor interés de donde hay una mezcla de derivados capsaicinoides, carotenoides, ácidos grasos y aceites esenciales, debido a sus propiedades nutricionales y farmacológicas, su uso como saborizante y colorante para quesos, embutidos, caldos de gallina, salsas, entre otros, lo hace importante a nivel nacional e internacional (Fernández, 2007; Salazar, 2016; Baldeón y Hernández, 2017).

2.3 Producción de chile en México y su importancia

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 36,771,482 toneladas (FAOSTAT, 2020), y rendimiento promedio mundial de 18.5 t·ha⁻¹ en 2018 (INTAGRI, 2020). En 2018 China fue el principal productor de chile (49.5 %), seguido por México (9.2 %), Turquía (6.9 %), Indonesia (6.9 %) y España (3.5%) (FAOSTAT, 2020).

México es uno de los principales exportadores de chile seco y es parte fundamental de su complejidad culinaria (CIAD, 2021), entre las variedades más conocidas se encuentran los chiles mulato, guajillo, chipotle y pasilla, todos de la especie *C. annuum* L.

Los estados principales estados productores de chile son: Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Sinaloa, Jalisco, Veracruz, Sonora y Guanajuato (SIAP-SADER, 2022) (Cuadro 1). Los agricultores prefieren y sembrar variedades nativas, ya que las mejoradas o los híbridos no tienen el mismo sabor y, por lo tanto, los sabores de los platillos no son de la calidad acostumbrada (Macías *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Principales estados productores de chile en México.

Entidad	Sembrada (ha)	Producción	Rendimiento (ha)
Zacatecas	36,618.29	426,085.94	11.64
San Luis potosí	24,663.00	341,215.79	13.84
Chihuahua	23,924.00	578,521.77	24.18
Sinaloa	15,034.80	659,683.91	43.88
Jalisco	5,858.85	151,844.90	34.84
Veracruz	5,357.08	39,978.04	7.46
Sonora	5,069.50	219,877.48	43.37
Guanajuato	4,729.54	129,654.78	27.41
Michoacán	3,956.28	130,152.43	32.90
Puebla	3,003.79	21,482.98	7.15

México cuenta con una gran variedad de chiles, algunos de ellos tienen mayor importancia económica y preferencia por el consumidor y mercados, de acuerdo al valor de su producción, son morrón, jalapeño, poblano verde, serrano, ancho, mirasol, guajillo, puya y chilaca (SIAP-SADER, 2022). La producción de pimiento morrón se destina principalmente al mercado de exportación.

El chile aporta el 20.2 % en la producción de hortalizas a nivel nacional, para 2021 se reportó una producción nacional de 3.09 millones de toneladas de chile (SIAP-SADER, 2022); que se exporta a Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania (SAGARPA, 2012).

En la zona del Golfo, Veracruz y Tamaulipas se producen mayormente chiles jalapeños y serranos; en la zona Sur, Yucatán y Tabasco se cultivan chiles jalapeños, costeños y habaneros; en la zona del Bajío (Guanajuato, Jalisco y Michoacán) se producen anchos, mulatos y pasillas; en la zona de la Mesa Central (Puebla e Hidalgo) se especializan en poblanos, miahuatecos y carricillos; en la zona Norte (Chihuahua y Zacatecas) se producen jalapeños, mirasol y anchos; y en la zona del Pacífico Norte (Sinaloa, Sonora y Baja California) se especializan en pimiento, anaheim, jalapeños y caribes, principalmente para exportación. En cuanto al nivel tecnológico, este es mayor en la zona Pacífico Norte, Norte y Bajío (Aguirre y Muñoz, 2015; Ramírez *et al.*, 2015).

En Guerrero la superficie sembrada es de 1,426.35 hectáreas, con una producción de 9,646.40 hectáreas, con un rendimiento de 6.81 t·ha⁻¹ (SIAP-SADER, 2022). En Apaxtla se siembran tres genotipos denominados carricillo, chino y liso, los últimos dos se mezclan para elaborar pastas para moles (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011); éstos chiles se cultivan en pequeñas extensiones, de forma tradicional, donde las labores agrícolas se llevan a cabo con mano de obra familiar. Generalmente, los chiles deshidratados se venden a empastadoras para mole y representan una fuente de ingreso, sólo el 10 % de la producción se reserva para autoconsumo (Ayvar *et al.*, 2007). En el caso de chile apaxtleco la información es escasa, es necesario verificar su

diversidad y cuantificarla para establecer mecanismos de conservación, uso y mejoramiento *in situ*.

2.4 Importancia de los chiles endémicos

El chile domesticado más importante es *C. annuum* var. *annuum* L.; se ha conservado y manejado de manera tradicional para la obtención de nuevas variedades con mejores características morfológicas y mejores rendimientos (Moreno *et al.*, 2013). Se han caracterizado poblaciones de varias regiones del Norte, Centro y Sur-Sureste de México, con enfoque a las poblaciones nativas o algunos silvestres (Latournerie *et al.*, 2002; Aguilar, 2006; Alonso *et al.*, 2008; Aguilar *et al.*, 2009; Castañón *et al.*, 2010; Pacheco *et al.*, 2012; Kraft *et al.*, 2013, 2014; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016).

Las especies endémicas del estado de Guerrero son importantes para su mejora y conservación y uno de ellos es el chile apaxtleco que se encuentra solamente en Apaxtla de Castrejón, y muestra amplia variabilidad para posibles investigaciones de interés científico y agronómico. Las especies endémicas son un valioso recurso para la ciencia y para los productores, que constituyen una importante reserva de diversidad genética que puede ser utilizada en el mejoramiento de los cultivos, lo cual mejora su calidad y productividad. Particularmente en los últimos años se ha registrado un creciente interés por conocer y preservar estos recursos genéticos (Carrizo, 2018).

Además, los problemas fitosanitarios, cambio climático y genética de las variedades reducen el potencial productivo (Rodríguez y Rodríguez, 2004). Así también, la disminución y cambio de plantas criollas por mejoradas implica un riesgo en la permanencia del germoplasma y provoca erosión genética, por lo que es importante conservar estos materiales. El uso de subespecies evidencia un declive significativo en las poblaciones silvestres, el manejo de pre-domesticación redujo la diversidad genética e incrementó la pérdida de genotipos debido al movimiento de germoplasma entre regiones (González *et al.*, 2011).

Se han propuesto actividades para la conservación de los recursos fitogenéticos como colectas, con fines de planeación y conservación del germoplasma, manejo local para el mantenimiento de la diversidad *in situ*, mejora de los cultivos en aspectos fitosanitarios y agronómicos, para promover su preservación (SNICS-SADER, 2014). En México, en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán se realizaron acciones de colecta, caracterización morfológica y molecular de germoplasma silvestre y cultivado de *Capsicum* spp. (Aguilar *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2008; Alonso *et al.*, 2008; Castañón *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2015).

2.5 Diversidad en Chile

Los chiles se dividen en criollos (nativos), semicultivados y silvestres, que en conjunto presentan una amplia variedad de morfotipos, que forman parte de la dieta de los mexicanos y se les utiliza ampliamente en la elaboración de muchos platillos; además, están adaptados a diversos climas, y pueden ser encontrados desde el nivel del mar, hasta 2,400 m (Aguilar *et al.*, 2010; Aguilar *et al.*, 2018).

En programas de mejora del *Capsicum* se aprovecha una amplia variedad de genotipos que respondan a las demandas del sector agrícola y del mercado. Se debe disponer de una detallada caracterización geográfica, morfológica y molecular de la diversidad del género *Capsicum*. A nivel morfológico se han analizado descriptores cuantitativos y cualitativos para este género para posibles estudios de conservación y mejoramiento (Bozokalfa y Eşiyok, 2011; Villota *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2014; Occhiuto *et al.*, 2014). Asimismo, se ha analizado la diversidad morfológica de genotipos de *C. annuum* del Sur de México (Ballinas-Gómez *et al.*, 2013), chiles cultivados y silvestres de Tabasco (Narez-Jiménez *et al.*, 2014), morfotipos cultivados y silvestres de Oaxaca (Castellón *et al.*, 2014), poblaciones de Chile poblano (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016), chiles silvestres de Tabasco (Velázquez-Ventura *et al.*, 2018), Chile piquín de Querétaro y Guanajuato (Ramírez *et al.*, 2018) y Chile guajillo de Zacatecas, Durango y Puebla (Moreno-Ramírez *et al.*, 2019).

En los estudios morfológicos de *Capsicum* sobre filogenia, evolución, domesticación y diversidad genética se ha limitado a la inclusión sólo de ciertas variedades, morfotipos, especies y/o germoplasma proveniente de zonas particulares de México y el mundo. Dichos trabajos han permitido conocer la importancia y cambios genéticos asociados con la domesticación, dispersión y manejo que el hombre les ha dado a los recursos genéticos vegetales (Kraft *et al.*, 2014). Las poblaciones de *Capsicum* se han estudiado y analizado con base en descriptores morfológicos y agronómicos (IPGRI, 1995), los primeros estudios para evaluar la diversidad genética en Chile se hicieron a través de marcadores morfológicos, citológicos y biológicos (Bhadragoudar y Patil, 2011). Actualmente, los marcadores moleculares han sido empleados para estudiar la variación genética de especies silvestres, criollas, nativas, cultivadas o semicultivadas, con la finalidad de obtener nuevos genotipos con mejores características y calidad del fruto (Kraft *et al.*, 2014).

En el caso de los análisis isoenzimático mantienen niveles bajos de variación genética, y que la mayor parte de esa variación se presenta entre poblaciones; facilitando la caracterización e identificación de poblaciones silvestres de las domesticadas (Pérez *et al.*, 2015). Se han llevado a cabo diversos estudios para la caracterización de *Capsicum* y se han aumentado los estudios con base al análisis de marcadores microsatelitales, mostrando mayor variación en las poblaciones silvestres a comparación de las poblaciones criollas (González *et al.*, 2011). En 2012 se reportó una colección de etiquetas de secuencia expresadas (Expressed Sequence Tags, ESTs) derivadas de raíces, tallos, hojas, flores y frutos de Chile que ha facilitado el estudio del transcriptoma del Chile en corto plazo (Góngora *et al.*, 2012).

2.6 Organización Social e innovación para la producción de Chile

Las capacidades desarrolladas dentro de una organización de productores están enfocadas en la calidad de vida en que la producción y trabajo de campo sea a largo plazo para la obtención de estabilidad familiar, mayores y mejores rendimientos de la producción y mejores ingresos económicos; por esta razón, es importante la participación

que muestre el interés hacia metas y objetivos planteados para un mejor desarrollo local, por lo que la actuación en las relaciones de interés es fundamental.

El desarrollo de una organización local de toda una zona rural toma en cuenta las habilidades y conocimientos de los principales actores de una sociedad y su alrededor, de los diversos recursos y herramientas con las que cuentan para el mejor aprovechamiento de los materiales nativos, económicos, culturales y sociales, para que el desarrollo sea eficiente y eficaz en los objetivos de un espacio territorial. La claridad de los objetivos influye en la toma de decisiones de los productores para los procesos de dialogo, planificación y organización entre los productores con la finalidad de mejorar su calidad y condición de vida (Paredes, 2009).

Una de las principales herramientas para un buen desarrollo en la organización son las capacitaciones técnicas junto con la participación de productores, para fortalecer la toma de decisiones a nivel local, y obtener un mejor desarrollo en las actividades de campo. Lo que hace necesario, el acceso a la información externa para fortalecer las actividades de los campesinos y el sector agrícola para difundir y conocer las ventajas que trae una organización interna y externa dentro de una región (Rondot y Collion 2001).

En la organización social intervienen estructuras de intermediación entre los productores rurales y demás instituciones del entorno económico, social, político y ambiental. También, es necesario mejorar la administración de los recursos mencionados y sus bienes para tener resultados positivos en el desarrollo de sus acciones. Uno de los factores importantes dentro de las zonas rurales es aprovechamiento sostenible y acceso a los recursos naturales, y con ello sus medios básicos de producción y mejor acceso a los servicios, créditos y mercados al ejercer influencia en los campos. La participación en los procesos de toma de decisiones para la producción y comercialización de sus productos por parte de los agricultores debe tener negociación y efectuar un aporte eficaz a los procesos de toma de decisiones (Argoneto, 2008).

El diseño organizacional cada vez adquiere mayor relevancia, pues se hace necesario lograr eficiencia en la gestión local de los pequeños productores, optimizando los recursos, no solo materiales, sino también humanos. En la mayoría de las situaciones, el gobierno se encuentra ante la tarea de mejorar la gestión y desempeño de organizaciones de producción o servicios ya existentes, en las cuales, una limitante del desempeño de las mismas, es la falta de organización interna y gestión, que relacione consistentemente la visión, objetivos, planes de acción e indicadores, con los procesos clave de la organización para mantener alineados todos los sistemas productivos y funciones hacia un fin común (García y Castellanos, 2013).

La gestión local juega un papel importante en las innovaciones para el desarrollo tecnológico y potencial competitivo de una región o país (García y Castellanos, 2013), que busca innovar y mejorar la producción, con el objetivo de ofrecer una respuesta dentro de los mercados. Sin embargo, los factores externos obligan a las organizaciones a gestionar sus procesos de una forma diferente, mucho más abierta (Robayo, 2016). La innovación participativa exige una compleja y específica mezcla de conocimientos y experiencias locales productivas con un enfoque sustentable hacia una producción exitosa (Castro y Rajade, 2015).

2.7 Literatura citada

- Aguilar, M. A. (2006). Ethnobotanical and molecular data reveal the complexity of the domestication of chiles (*Capsicum annuum* L.) in Mexico. Tesis Ph. D., Department of Plant Biology, University of California, Riverside.
- Aguilar, M. A., Morrel, P. L., Roose, M. L. and Seung, C. K. (2009). Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*-, Solanaceae) from México. *American Journal of Botany* 96:1190-1202, <http://doi.org/10.3132/ajb.0800155>
- Aguilar, M. A., Vásquez, D. M. A., Katz, E. y Hernández, C. M. R. (2018). (Ed). Los chiles que le dan sabor al mundo. Universidad Veracruzana. 318 p.

- Aguilar, R. V. H., Corona, T. T., López, L. P., Latournerie, M. L., Ramírez, R. M., Villalón, M. H. y Aguilar, C. J. A. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI. Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114.
- Aguirre, H. E. y Muñoz, V. O. (2015). El chile como alimento. *Ciencia* 66(3):16-23.
- Ahuja, K. D., Robertson, I. K., Geraghty, D. P. and Ball, M. J. (2006). Effects of chili consumption on postprandial glucose, insulin, and energy metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition* 84: 63-69, <http://doi.org/10.1093/ajcn/84.1.63>
- Alonso, R. A., Moya, C., Cabrera, A., Ponce, P., Quiroga, R., Rosales M. A. y Zuart, J. L. (2008). Evaluación *in situ* de la variabilidad genética de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la región Frailesca del estado de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales* 29(2):49-55.
- Argoneto, P., Perrone, G., Renna, P. Nigro, G., Bruccoleri, M., and Diega, S. N. (2008). Production planning in production networks: Models for medium and short-term planning. Springer-Verlag London. 256 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-058-2>
- Arroyo, L. (2012). Normas preliminares de diagnóstico nutrimental compuesto y correlaciones nutrimentales en pimiento (*Capsicum annum* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo de México. México. 44 p.
- Ayvar, S. S., Mena, B. A. y Durán, J. A. R. (2007). El cultivo de chile criollo y su manejo integrado. Iguala, Gro, México. 79 p.
- Baldeón, A. S. y Hernández, G. W. (2017). Identificación de la capsaicina y la deshidrocapsaicina en el extracto de oleoresina obtenido a partir del ají panca (*Capsicum chinense*). *Ingeniería Industrial* 35:223-237, <https://hdl.handle.net/20.500.12724/5402>
- Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L., Ruíz-Sánchez, E., Pérez-Gutiérrez, A. and Rosado-Lugo, G. (2013). Morphological characterization of *Capsicum annum* L. accessions from southern Mexico and their response to the *Bemisia tabaci-Begomovirus* complex. *Chilean Journal of Agricultural Research* 73(4):329-338, <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400001>

- Bhadragoudar, M.R. and Patil, C. G. (2011). Assessment of genetic diversity among *Capsicum annum* L. genotypes using RAPD markers. *African Journal of Biotechnology* 10(76):17477-17483, <https://doi.org/10.5897/AJB11.497>
- Bozokalfa, M. K. and Eşiyok, D. (2011). Evaluation of morphological and agronomical characterization of turkish pepper accessions. *International Journal of Vegetable Science* 17(2):115-135, <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.516329>
- Caro, E. M., Leyva, M. C. y Ríos, S. J. (2014). Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. *Revista de Economía* 31(83):95-128.
- Carrizo, G. C. (2018). Breve historia evolutiva del género *Capsicum*. In: Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M. A., Katz, E. y Hernández C. M. R. Los chiles que le dan sabor al mundo: contribuciones multidisciplinarias. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. Pp: 26-40.
- Carrizo, G. C., Barfuss, M. H., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A. y Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of botany* 118(1):35-51, <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>
- Carvalho, S. I. C., Faleiro, F. G., Ragassi, C. F., Bianchetti, L. B., Buso, G. S. C. y Reifschneider, F. J. B. (2014). Morphological and genetic relationships between wild and domesticated forms of peppers (*Capsicum frutescens* L. and *C. chinense* Jacquin). *Genetics and Molecular Research* 13(3):7447-7464, <https://doi.org/10.4238/2014.September.12.11>
- Castañón, N. G., Latournerie, M. L., Leshner, G. J. M., De la Cruz, L. E. y Mendoza, E. M. (2010). Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp) en Tabasco, Mexico. *Universidad y Ciencia* 26:225-234.
- Castañón, N. G., Latournerie, M. L., Mendoza, E. M., Vargas, L. A. y Cárdenas, M. H. (2008). Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp) en Tabasco, México. *Øyton, International Journal of Experimental Botany* 77:189-202.
- Castellón, M. E., Carrillo-Rodríguez, J.C., Chávez-Servia, J.L., y Vera-Guzmán, A.M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Øyton, International Journal of Experimental Botany* 83:225-236.

- Castro, N. y Rajadel, O. (2015). El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. *Universidad y Sociedad*. ISSN 2218-3620. 7(1):63-72.
- CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo) (2021). El Chile como parte de la cultura alimenticia de México. <https://www.ciad.mx/el-chile-como-parte-de-la-cultura-alimenticia-de-mexico/>. Consultado: 08 junio de 2022.
- Clark R. y Lee S. H. (2016). Anticancer properties of capsaicin against human cancer. *Anticancer Research* 36(3):837-843.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Data). (2020). Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Consultado: abril 2022.
- Fernández, T. J. P. (2007). Extracción convencional de oleoresina de pimentón dulce y picante I. Generalidades, composición, proceso e innovaciones y aplicaciones. *Grasas y Aceites* 58(3):252-263.
- García, L. L. N. y Castellanos, V. G. G. (2013). Los sistemas productivos locales como alternativa para el desarrollo del municipio la Ceiba (Estado Trujillo, Venezuela): un enfoque prospectivo. *Agroalimentaria* 12(25):23-35.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M. and Payvast, G. A. (2011). Variation in phenolic compound, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods* 3:44-49, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Góngora, C. E., Fajardo, J. R., Fernández, C. A., Jofre, G. A. E., Lozoya, G. E., Martínez, O. Ochoa, A. N. and Rivera, B. R. (2012). The *Capsicum* transcriptome DB: a hot tool for genome research. *Bioinformatics* 8:43-47, <https://doi.org/10.6026/97320630008043>
- González, J. P., Moreno, L. A., Fraile, A., Piñero, D. and García, A. F. (2011). Impact of human management on the genetic variation of wild pepper, *Capsicum annum* var. *glabrusculum*. *PLoS ONE* 6(12):e28715, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028715>
- Hayano, K. C., Gámez, M. N. y Medina, J. L. A. (2016). Wild pepper *Capsicum annum* L. var. *glabrusculum*: Taxonomy, plant morphology, distribution, genetic diversity,

- genome sequencing, and phytochemical compounds. *Crop Science* 56:1-11, <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.11.0789>
- INTAGRI. (2020). Cultivo de Chile en México. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. *Serie Hortalizas* 2:16.
- IPGRI. (1995). Descriptors for *Capsicum* spp. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- Jiménez, N., De la Cruz, L. E., Gómez, V. A., Castañón, N. G., Cruz, H. A. y Márquez, Q. C. (2014). La diversidad morfológica *in situ* de chiles silvestres (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Fitotecnia Mexicana* 37:209-215.
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P. Luedeling E., Luna, R. J. J., Cppens, D. G., Hijmans, R. J. and Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United of America* 111:6165-6170, <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- Kraft, K. H., Luna, R. J. J. and Gepts, P. (2013). A new collection of wild populations of *Capsicum* in Mexico and the Southern United States. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60:225-232, <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9827-5>
- Latournerie, M. L., Chávez, S. J. L., Pérez, P. M., Castañón, N. G., Rodríguez, H. S. A., Arias, R. L. M. y Ramírez, V. P. (2002). Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq) en Yaxcaba, Yucatán. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 25(1):25-33.
- Long, S. J. (1986). *Capsicum* y Cultura: La historia del Chilli. Fondo de Cultura Económica (México). 203 p.
- Macías, R. H., Villalobos, J. A. y Villa, C. M. M. (2013). Chile habanero: Descripción de su cultivo en la península de Yucatán. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 12(2):37-43.
- Moreno, C. A. I., Toledo, V. M. y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91(4):375-98.
- Moreno, L. S., Salcedo, M. S. M., Cárdenas, Á. M. L., Hernández, P. J. L. y Núñez, G. M. A. (2012). Efecto antifúngico de capsaicina y extractos de chile piquín (*Capsicum*

annuum L. var. *aviculare*) sobre el crecimiento *in vitro* de *Aspergillus flavus*. *Polibotánica* 34:171-184.

Moreno-Ramírez, Y. R., Santacruz-Varela, A., López, P. A., López-Sánchez, H., Córdova-Téllez, L., González-Hernández, V. A., Corona-Torres, T. and López-Ortega, R. (2019). Morphological diversity of Zacatecas Guajillo chile landraces is broad and is given mainly by fruit traits. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 31(6):440-448. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i6.1965>

Narez, J. C. A., De la Cruz, L. E., Gómez, V. A., Márquez, Q. C. y García, A. P. (2014). Colecta y caracterización morfológica *in situ* de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20:269-281.

Occhiuto, P. N., Peralta, I. E., Asprelli, P. D. and Galmarini, C. R. (2014). Characterization of *Capsicum* germplasm collected in northwestern Argentina based on morphological and quality traits. *Agriscientia* 31(2):63-73.

Pacheco, O. A., Hernandez, V. S., Rocha, R. V., Gonzales, R. A. and Oyama, K. (2012). Genetic diversity and structure of pepper (*Capsicum annum* L.) from northwestern Mexico analyzed by microsatellite markers. *Crop Science* 52: 231-241, <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.06.0319>

Paredes, V. P. J. (2009). Desarrollo Local: Gestión, estrategia, elementos, características, dimensiones y agentes. *Voxlocális, Revista Digital Iberoamericana Municipalista* 23: 1-14.

Pérez, C. L. M. (2010). Diversidad genética de chiles (*Capsicum Spp.*) del estado de Tabasco, México. Tesis de doctorado. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 75 p.

Pérez, C. L. M., Castañón, N. G. y Mayek, P. N. (2008) Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 27:11-22.

Pérez, C. L. M., Castañón, N. G., Ramírez, M. M. y Mayek, P. N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2(4):117-128.

- Popelka, P., Jevinová, P., Šmejkal, K. and Roba, P. (2017). Antibacterial activity of *Capsicum* extract against selected strains of bacteria and micromycetes. *Journal of Food Science* 11:223-229, <https://dx.doi.org/10.5219/731>
- Ramírez, N. U. I., Cervantes O., F., Montes H., S., Raya P., J. C., Cibrián J., A. y Andrio E., E. (2018). Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(6):1156-1170.
- Ramírez, M. M., Villalón, M. H., Aguilar, R. V. H., Corona, T. T. y Latournerie, M. J. (2015). Caracterización morfológica de chiles silvestres y semidomesticados de la región huasteca de México. *Agroproductividad* 8(1):9-16.
- Reddy, U.K., Almeida, A., Abburi, V. L., Alaparathi, S.B., Unselt, D. and Hankins, G. (2014). Identification of gene-specific polymorphisms and association with capsaicin pathway metabolites in *Capsicum annuum* L. Collections. *PLoS ONE* 9(1):e86393, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086393>
- Robayo, A. P. V. (2016). La innovación como proceso y su gestión en la organización: una aplicación para el sector gráfico colombiano. *Suma de Negocios* 7(16):125-140.
- Rodríguez, M. A., Troncoso, R. R., Sánchez, E. A., González, M. D., Ruiz, S. E., Zamora, B. R., Ceceña, D. C., Grimaldo, J. O. y Avilés, M. M. (2015). Efecto antifúngico de extractos fenólicos y de carotenoides de chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en *Alternaria alternata* y *Fusarium oxysporum*. *Revista Argentina de Microbiología* 47(1):72-77.
- Rodríguez, M. M. D. y Rodríguez, C. N. (2004). Metabolismo y modo de acción de fitohormonas. *Salamanca*. Salamanca, España. 31 p.
- Rondon, P. y Collion, M.H. (2001). Organizaciones de Productores: su contribución al fortalecimiento de las capacidades rurales y reducción de la pobreza. Washington. DC: Banco Mundial.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural). (2012). Sistema de información agroalimentaria y pesquera, www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/.
- Salazar, S. E. A. (2016). Efecto bacteriostático y bactericida de extractos de ají panca (*Capsicum chinense*) y pimiento (*Capsicum annuum* var. *annuum*) sobre cultivos de

- Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1-58.
- Schulze B. and Spiteller D. (2009). Capsaicin: Tailored chemical defence against unwanted “frugivores”. *Chembiochem* 10:428-429, <https://doi.org/10.1002/cbic.200800755>
- SIAP-SADER (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado: julio de 2022.
- SNICS-SAGARPA (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). (2014). Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura: Resúmenes ejecutivos, ejercicio fiscal 2011. SAGARPA, SNICS, SINAREFI. 330 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232370/Resumenes_ejecutivos_ejercicio_fiscal_2011.pdf
- Stewart C. J., Byoung, C. K., Kede, M. L., Michael, L. M., Shanna, Y. Y., Eun, K. B., Dong, P. L. and Molly, M. J. (2005). The Pun1 gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *The Plant Journal* 42:675-688, <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02410.x>
- Toledo A. R. (2015). Diversidad genética de chiles anchos, a nivel morfológico, bioquímico y molecular. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P.A., Guerrero-Rodríguez, J.D. Santacruz-Varela, A. y Huerta-de la Peña, A. 2016. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(5):1005-1015.
- Tucuch, H. C. J., Alcantar, G. G., Ordaz, C. V. M., Santizo, R. J.A. y Larqué, S. A. (2012). Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones NH₄⁺/NO₃⁻ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* 30(1):9-15.
- Tundis, R., Loizzo, M. R., Menichini, F., Bonesi, M., Conforti, F., Statti, G., De Luca, D., Cindio, B. and Menichini, F. (2011). Comparative study on the chemical composition, antioxidant properties and hypoglycaemic activities of two *Capsicum annuum* L.

cultivars (*Acuminatum* small and *Cerasiferum*). *Plant Foods for Human Nutrition* 66:261-269, <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0248-y>

Vázquez, F. F., Miranda, H. M. L., Monforte, G. M., Gutiérrez, C. G., Velázquez, G. C. y Nieto, P. Y. (2007). La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:353-360.

Vázquez-Casarrubias, G., Escalante-Estrada, J. A. S., Rodríguez-González, M. T., Ramírez-Ayala, C. y Escalante-Estrada, L. E. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1):61-65. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.009>

Velázquez-Ventura, J.C., Márquez-Quiroz, C., Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R. and Preciado-Rangel, P. (2018). Morphological variation of wild peppers (*Capsicum* spp.) from the state of Tabasco, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 30(2):115-121, <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603>

Villota, C. D., Bonilla, B. M. L., Carmen, C.H., Jaramillo, V. J. y García, D. M. A. (2012). Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el Banco de Germoplasma activo de Corpoica C.I. Palmira, Colombia. *Acta Agronómica* 61(1):16-26.

III. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CHILE APAXTLECO NATIVO DE GUERRERO, MÉXICO

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF APAXTLECO CHILLI PEPPER NATIVE OF GUERRERO, MEXICO

3.1 SUMMARY

Background. Mexico has a great diversity of chili peppers, especially in *C. annuum* L., which includes local morphotypes that have been little studied. Apaxtleco chili pepper is only found in Guerrero State, Mexico, and it is important in Apaxtla region due to economic resources it generates, and because it is used in preparation of typical mole in this region; however, its morphological diversity has not been described and this visualizes the state of this plant genetic resource to define use and conservation strategies. **Objective.** Analyze and describe morphological diversity of a group of Apaxtleco chili pepper populations, identify characteristics that most support its diversity and establish similarity relationship between the populations studied. **Methodology.** Twenty-four populations of apaxtleco chili pepper collected from Apaxtla de Castrejón, Guerrero were evaluated under randomized complete block experimental design, with four replications. The evaluation was carried out under greenhouse conditions at Tuxpan Unit of Autonomous University of Guerrero. Sowing was carried out in July 2020 in polyethylene pots with 16 L capacity. Fifty-nine morphological variables from IPGRI descriptors for *Capsicum* were recorded, and variance, discriminant, principal components (CP) and conglomerated analysis were performed by SAS V9.3 software. **Results.** Statistical significant differences were found in 72.9 % of variables registered and seventeen were selected by its contribution to variation according discriminant analysis, which were mostly fruits characteristics. In CP, with the first six, 76 % of total morphological variation was explained; length fruit and pedicel, width seed, weight fruit per plant, color of fruit at intermediate stage, number fruits per plant, width fruit, fruit and seed texture, filament color, number seeds per fruit and shape fruit appendage had greater contribution to total morphological diversity and were useful to differentiate populations under study. As well,

four groups of apaxtleco chili pepper with different fruit, vegetative and flower characteristics were identified, however, it was possible to group them by shape and texture of fruits. **Implications.** Contribute to description of diversity of local populations of apaxtleco chili, native to Guerrero, Mexico, and that allows the establishment of use and conservation mechanisms for food security. **Conclusion.** Morphological diversity of native apaxtleco chili of Guerrero is presented mainly in fruit characteristics and lesser degree in plant and seed variables, which were useful to explain greater total variation in this local chili. The shape and texture fruits were important characteristics in grouping.

Key words: *C. annuum* L.; local variety; plant genetic resources.

3.2 RESUMEN

Antecedentes. México tiene una gran diversidad de chiles, sobretodo de la especie *C. annuum* L., que incluye a los morfotipos locales que han sido poco estudiados. El chile apaxtleco únicamente se encuentra en el Estado de Guerrero, y es importante en la región de Apaxtla por los recursos económicos que genera y porque se emplea en la preparación de mole típico en esta región; sin embargo, su diversidad morfológica no ha sido descrita y que ello visualice el estado que guarda este recurso fitogenético para definir estrategias de uso y conservación. **Objetivo.** Analizar y describir la diversidad morfológica de un grupo de poblaciones de chile apaxtleco, identificar las características que apoyan mayormente su diversidad y establecer relaciones de similitud entre las poblaciones estudiadas. **Metodología.** Se evaluaron 24 poblaciones de chile apaxtleco colectadas en Apaxtla de Castrejón, Guerrero, en un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La evaluación se realizó en condiciones de invernadero en la Unidad Tuxpan de la Universidad Autónoma de Guerrero. La siembra se realizó en julio de 2020 en macetas de polietileno con capacidad de 16 L. Se registraron 59 variables morfológicas del manual de descriptores para *Capsicum* del IPGRI, y se realizó análisis de varianza, análisis discriminante, de componentes principales (CP) y conglomerados mediante el programa SAS V9.3. **Resultados.** En los análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticamente significativas en 72.9 % de las variables, y se seleccionaron 17 variables con mayor aporte a la variación de

acuerdo con el análisis discriminante, que fueron mayormente características de los frutos. En CP, con los primeros seis se explicó 76 % de la variación morfológica total, las variables longitud del fruto y pedicelo, ancho de la semilla, peso de fruto por planta, color del fruto en estado intermedio, número de frutos por planta, ancho del fruto, tipo de epidermis del fruto, textura de la semilla, color del filamento, número de semillas por fruto y forma del apéndice del fruto tuvieron mayor aporte a la diversidad morfológica total y fueron útiles para diferenciar a las poblaciones en estudio. En el agrupamiento se identificaron cuatro grupos de chile apaxtleco con características en fruto, vegetativas y de flor distintas, sin embargo, fue posible agruparlos por la forma y textura de los frutos.

Implicaciones. Contribuir en la descripción de la diversidad de poblaciones locales del chile apaxtleco nativo de Guerrero, México, y que ello permita establecer mecanismos de uso y conservación para la seguridad alimentaria. **Conclusiones.** La diversidad morfológica de chile apaxtleco nativo de Guerrero se presenta mayormente en características de fruto y en menor grado en características de planta y semillas, mismas que fueron de utilidad para explicar la mayor variación total en este chile local. La forma y textura de los chiles fueron características de importancia en la agrupación.

Palabras clave: *C. annuum* L.; variedad local; recursos fitogenéticos.

3.3 INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* spp. se conforma por más de 35 especies que han sido identificadas desde el Sur de Estados Unidos hasta América del Sur (Carrizo *et al.*, 2016; Barboza *et al.*, 2019; Khoury *et al.*, 2020), y muestran variación genética en las formas, colores y tamaños de frutos, color de las semillas y pétalos (Carrizo *et al.*, 2016; Pickersgill, 2016), e incluso variación en la intensidad o ausencia de picor (Luna-Ruíz *et al.*, 2018; Castillo-Aguilar *et al.*, 2021). Para este género, se han reportados cinco especies domesticadas: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (Bosland & Votava, 2012; Pickersgill, 2016); sin embargo, *C. annuum* L. es la de mayor importancia económica y distribución en el mundo (Hernández-Pérez *et al.*, 2020).

C. annuum, cuyo centro de domesticación y diversidad genética es México (Kraft *et al.*, 2014; Hayano-Kanashiro *et al.*, 2016; Pickersgill, 2016), tiene más de 50 morfotipos cultivados (*C. annuum* var. *annuum*) en este país (Aguilar *et al.*, 2010; CONABIO, 2016; Jardón, 2017), con importancia económica, nutricional, cultural y culinaria (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2018; Martínez-Ávalos *et al.*, 2018). La diversificación detectada en los chiles corresponde a la selección humana realizada después de la domesticación, variación ambiental y cultural (usos) que ha dado como resultado una enorme variabilidad dentro de esta especie (Carrizo *et al.*, 2016; Pickersgill, 2016; Jardón, 2017; Hernández-Pérez *et al.*, 2020), lo que es apreciado en la alimentación y cocina nacional y mundial. En *C. annuum*, los chiles son cultivados para su consumo en fresco, seco y en productos procesados (Aguilar *et al.*, 2010; Aguilar-Meléndez *et al.*, 2018).

Dentro de esta especie se encuentran diversas variedades locales que se cultivan en pequeñas parcelas o traspatios, que están adaptadas a condiciones de producción diversas, y tienen hábitos de crecimiento, usos y propiedades diferenciadas (Jardón, 2017). Aunque Guerrero no se distingue por la producción de chiles, ya que aporta menos del 2 % a la producción nacional (SIAP-SADER, 2022), existen variedades locales de importancia económica y culinaria en las Regiones Norte y Montaña del Estado, que propician el comercio y generan ingresos económicos a las familias rurales en ambas regiones, por la venta de chiles nativos frescos y secos.

El chile apaxtleco se cultiva en la región de Apaxtla de Castrejón, ubicado en la zona Norte del Estado de Guerrero; y se ha mantenido a través de generaciones mediante selección que realizan los productores para favorecer características como tamaño, forma, color, sabor y olor del fruto (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011). Generalmente se distinguen tres tipos: anchos chinos (rugoso), anchos lisos y carrillos, que tienen la característica de ser delgados y de epidermis lisa (Aguilar *et al.*, 2010). La mayor parte de la producción de este chile se destina a la venta en seco, en circuitos cortos de comercialización para la preparación de pasta de mole.

La diversidad morfológica en chiles ha sido descrita en variedades locales, en algunas de ellas son más evidentes los cambios por el síndrome de domesticación, como aumento en el tamaño del fruto, persistencia del pedicelo con el fruto, persistencia de las semillas en el fruto y ciclo de vida (Meyer *et al.*, 2012). También se informó que la mayor variación se detectó en características de frutos, principalmente en peso y color de chiles poblanos (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016); tamaño, forma, color y número de frutos/planta en chiles guajillos locales (Moreno-Ramírez *et al.*, 2019) y ancho, peso y forma del fruto en chiles de Tabasco (Narez-Jiménez *et al.*, 2014). Incluso, mediante descriptores morfológicos se han diferenciado especies de *C. annuum* y *C. frutescens*, a través de características de flores y frutos (Olatunji & Afolayan, 2019).

Los estudios de diversidad morfológica en chiles locales son pocos, considerando la gama de morfotipos que existen en el país. Describir la diversidad morfológica representa un área de oportunidad para mejorar caracteres de interés agronómico, conocer el estado que guardan las poblaciones, para planificar acciones de conservación, uso y mejoramiento genético en chiles locales (Kadri *et al.*, 2009). Por ello, el objetivo fue analizar y describir la diversidad morfológica de un grupo de poblaciones de chile apaxtleco e identificar las características que apoyan mayormente su diversidad.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Ubicación y establecimiento del experimento

Se evaluaron 24 poblaciones de chile apaxtleco, colectadas en 2018 con productores cooperantes, en la cabecera municipal de Apaxtla de Castrejón, Guerrero. El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales del Estado de Guerrero, unidad Tuxpan. La siembra se realizó en julio de 2020 en bolsas de polietileno negro, con capacidad de 16 L, como sustrato se utilizó Lama, Tezontle rojo y Tierra de monte (2:1:1); se colocaron dos semillas por maceta y se realizó un ajuste para dejar una planta por maceta.

Se realizó fertilización edáfica en tres etapas: vegetativa (80-100-50, a 24 dds), floración (70-00-50, a 52 dds) y en el primer corte (70-00-50, a 90 dds). Se utilizó como fuentes fosfato diamónico $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$, urea $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ y cloruro de potasio (KCl). Además, se realizaron aplicaciones foliares con Green Force® a dosis de 100 mL/20 L, esta aplicación se realizó cada 7 días, durante dos meses. Adicionalmente, se aplicó Boramin Ca en drench (100 mL/19 L) en la etapa de producción.

3.4.2 Diseño y unidad experimental

Las poblaciones se evaluarán bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con 4 repeticiones. La parcela experimental se constituyó por ocho plantas, con una planta por maceta. Las macetas se acomodaron a 30 cm entre macetas, en doble hileras, las dobles hileras se separaron a 1 m entre ellas. El registro de las variables se realizó en cinco plantas por repetición.

3.4.3 Variables registradas

Se registraron 59 variables morfológicas y agronómicas del manual de descriptores para *Capsicum* (IPGRI *et al.*, 1995, Biodiversity International) en las etapas vegetativa, de floración, fructificación inmadura y madura. Las variables cualitativas fueron codificadas de manera numérica, de acuerdo al manual, para el análisis estadístico.

3.4.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para todas las variables registradas, y se identificaron aquellas que mostraran variación entre las poblaciones. Se obtuvo el índice de diversidad de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1964; Karkee *et al.*, 2021). Posteriormente, se realizó un análisis discriminante Stepdisc, para obtener las variables con mayor aporte a la variación morfológica total; con el conjunto de variables obtenidas, se realizó el análisis de componentes principales y agrupamientos. Con este último, se obtuvo la matriz de distancia con el método de Gower (Gower, 1971) y se realizó el dendrograma con el

método de agrupamiento por pares de grupos con media aritmética no ponderada (UPGMA, por sus siglas en inglés). Los análisis se realizaron en el programa SAS V9.4 (SAS Institute, 2012).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Descripción de la diversidad morfológica

Se encontraron diferencias significativas en 72.9 % de las características morfológicas analizadas, lo que refleja variación entre las poblaciones locales de Chile apaxtleco analizadas. En variables cuantitativas no se observaron diferencias estadísticas significativas para ancho de la planta, días a floración, número de flores por axila, espesor de la pared del fruto y número de lóculos (Cuadro 2); y en variables cualitativas, color y forma del tallo, hábito de crecimiento, densidad de ramificación, densidad de hojas, margen y constricción anular del cáliz, manchas antocianínicas en el fruto verde, cuello en la base del fruto y color de las semillas, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones (Cuadro 3).

Por lo contrario, las variables que mostraron mayor índice de diversidad fueron: intensidad de la coloración antocianínica en los nudos de la planta, color del fruto en estado maduro, forma del fruto tanto en la unión con el pedicelo, como en la punta y arrugamiento transversal del fruto; en estas variables se observaron más estados para cada una de ellas. Particularmente, en la coloración del fruto se distinguieron cinco tipos que van del naranja oscuro a marrón, lo que está determinado por compuestos carotenoides, clorofilas y flavonoides (Hayano-Kanashiro *et al.*, 2016), estas coloraciones detectadas son reflejo del uso de estos chiles, que pueden emplearse para la elaboración de mole típico de la región y adobos. Alvares *et al.* (2020) coinciden en que el color del fruto maduro y la forma del fruto son características que presentan mayor diversidad, en su estudio estas variables presentaron el mayor número de clases en chiles (*C. chinense*) de Brasil. Karkee *et al.* (2021) indican que las características con mayor índice de

diversidad tienen una relación con la preferencia del consumidor como color, forma y superficie del fruto.

Los productores que utilizan semillas nativas o criollas, incluido el chile apaxtleco, año tras año realizan selección de la semilla que sembrarán en el ciclo posterior, mismas que se siembran en condiciones climáticas y de suelo diversas, lo anterior, aunado al tipo de reproducción de esta especie, ha permitido encontrar amplia diversidad en estos chiles. Aunque, algunos estudios indican que en cada evento de selección se disminuye la diversidad con relación a su ancestro común (González-Jara *et al.*, 2011; Gepts, 2014; Jardón, 2017), cada productor determina los criterios de selección, los cultivos se producen en polinización libre, y las mutaciones de acuerdo con las condiciones climáticas y cambiantes van generando una nueva diversidad inherente a cada variedad local.

Por lo anterior, la especie *C. annum* tiene un variado número de morfotipos donde también intervienen aspectos culturales y sociales, particularmente los usos de esta hortaliza (Jardón, 2017; Aguilar & Rodríguez, 2018), por ello, se pueden encontrar desde los muy picosos hasta los que no tienen picor (Carrizo *et al.*, 2016; Hernández-Pérez *et al.*, 2020; Castillo-Aguilar *et al.*, 2021), formas alargadas, triangulares, redondas (Moreno-Pérez *et al.*, 2011; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016), intensidad del color variada (Berry *et al.*, 2019), entre otras características. Luna-Ruíz *et al.* (2018) indican que los diferentes chiles locales cultivados y consumidos en Mesoamérica muestran una asombrosa gama de variación morfológica en la arquitectura de la planta, color y forma del fruto, lo cual también se observó en el chile local de este estudio (Cuadros 2 y 3). Castillo-Aguilar *et al.* (2021) indican que los agricultores son responsables de preservar y generar la diversidad genética de chiles de Yucatán, lo que ocurre también con la gran variedad de chiles locales preservados por los agricultores de México.

Con relación al color de la corola blanca, que es una característica uniforme en *C. annum*, se detectaron algunas flores ligeramente amarillas y blanco-verdoso, así como manchas antocianínicas en el exterior de la corola. Además del filamento blanco, también

se observó en tonalidades moradas en pocas poblaciones, lo que es menos común para *C. annuum* (Carrizo *et al.*, 2016). En persistencia del pedicelo con el fruto, reflejo del síndrome de domesticación en chiles, aquellos donde se separa el pedicelo fácilmente del fruto, es una característica de chiles no domesticados para facilitar su dispersión por las aves (Luna-Ruíz, 2018; Barchenger & Bosland, 2019); en especies domesticadas de chiles, incluido el apaxtleco, esta característica se ha encaminado a los frutos puedan permanecer en la planta hasta su cosecha, son características seleccionadas en el ámbito agrícola que se quedan fijas en el genoma del cultivo (Meyer *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y estadísticos descriptivos de variables cuantitativas, en la caracterización de poblaciones locales de chile apaxtleco, 2020.

Factor de variación	Intervalo	Media	CM	CV (%)
Altura de la planta (cm)	26.0 - 107.0	55.4	299.75 **	22.7
Ancho de la planta (cm)	15.0 - 92.0	38.4	172.30 ns	30.4
Longitud del tallo (cm)	9.0 - 53.8	29.1	91.75 ***	21.8
Diámetro de tallo (mm)	5.0 - 12.5	7.3	4.97 *	23.3
Longitud de la hoja madura (cm)	4.7 - 10.5	9.2	17.77 ***	21.7
Ancho de la hoja madura (cm)	1.9 - 8.7	3.9	3.06 ***	24.6
Número de fruto planta	2.0 - 35.0	7.5	76.32 ***	54.3
Peso fresco de frutos por planta (g)	10.5 - 135.4	20.5	892.41 ***	86.9
Peso seco de frutos por planta (g)	7.8 - 49.9	11.1	84.21 ***	54.0
Días a floración	46 - 73	55.0	26.51 ns	9.2
Número de flores por axila	1 - 2	1.0	0.01 ns	10.5
Ancho de la corola (mm)	10.80 - 27.36	21.74	74.01 ***	14.0
Longitud de la corola (mm)	8.36 - 23.31	12.50	14.63 ***	13.1
Longitud de la antera (cm)	1.67 - 5.20	2.63	0.58 ***	14.2
Longitud del filamento (mm)	2.26 - 7.12	4.32	2.63 ***	17.6
Días a fructificación	52 - 91	68.0	98.15 *	10.6
Longitud del fruto (mm)	45.25 - 123.1	52	2222.81 ***	29.2
Ancho de fruto (mm)	10.74 - 40.31	31.0	221.78 ***	18.9

Longitud del pedicelo del fruto (mm)	16.62 - 57.61	27.0	292.73	***	24.0
Espesor de la pared del fruto (mm)	0.76 - 3.82	2	0.40	ns	29.2
Número de lóculos	2 - 4	2	0.20	ns	17.8
Longitud de la placenta (mm)	8.73 - 43.4	17.2	48.68	***	57.0
Ancho de la semilla (mm)	2.88 - 5.46	4.16	1.51	***	9.3
Número de semilla por fruto	2 - 163	31	1337.88	***	75.1
Peso de 100 semillas (g)	5.0 - 11.0	7.5	2.12	**	13.2

CV: coeficiente de variación, ns: diferencias estadísticas no significativas, *, **, ***: diferencias estadísticamente significativas al 95.0, 99.0 y 99.9 % de probabilidad.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza y estadísticos descriptivos de variables cualitativas, en la caracterización de poblaciones locales de chile apaxtleco, 2020.

Factor de variación	CM		CV (%)	Estados y porcentajes	H'
Color del tallo	0.026	ns	15.4	Verde (97.3), verde con rayas púrpura (2.7) [†]	0.124
Antocianinas en los nudos de la planta	7.425	***	55.1	Verde (37.7), morado claro (29.2), morado (33.1)	1.093
Forma del tallo	0.240	ns	39.6	Cilíndrico (64.4), angular (32.5), achatado (3.1)	0.757
Pubescencia del tallo	1.043	**	21.3	Escasa (86.5), intermedia (13.1), densa (0.4)	0.415
Hábito de crecimiento	0.866	ns	16.8	Postrada (2.1), intermedia (74.0), erecta (23.9)	0.646
Densidad de ramificación	1.608	ns	19.7	Escasa (8.1), intermedia (62.3), densa (29.6)	0.859
Macollamiento	3.013	*	29.8	Escaso (39.6), intermedio (47.1), denso (13.3)	0.990
Densidad de hojas	1.965	ns	20.8	Escasa (6.9), intermedia (48.5), densa (44.6)	0.895
Color de la hoja	0.490	**	14.9	Verde claro (3.1), verde (69.2) verde oscuro (27.7)	0.719
Forma de la hoja	0.448	**	19.1	Deltoide (0.6), oval (41.5), lanceolada (57.9)	0.713
Margen de la lámina foliar	0.007	ns	7.8	Entera (99.4), ondulada (0.6)	0.038

Posición de la flor	2.686	***	20.0	Pendiente (25.7), intermedia (72.5), erecta (1.8)	0.654
Color de la corola	1.004	**	58.6	Blanco (91.5), ligeramente amarilla (2.6), blanco-verdoso (5.9)	0.344
Color externo de la mancha de la corola	1.854	***	65.7	Nulo (94.8), verde-amarillo (2.2) morado (3.0)	0.218
Forma de la corola	0.429	***	34.2	Redonda (74.4) acampanulada (25.6)	0.569
Color del filamento	26.549	***	84.7	Blanco (85.5), morado claro (7.0), morado (7.5)	0.514
Exserción del estigma	0.312	*	6.1	Inserto (1.0), al mismo nivel (0.8), exserto (98.2)	0.101
Pigmentación antocianínica del cáliz	0.012	*	8.3	Ausente (99.3), presente (0.7)	0.043
Margen del cáliz	0.094	ns	10.2	Intermedio (9.7), dentado (90.3)	0.318
Constricción anular del cáliz	0.002	ns	4.6	Ausente (99.8), presente (0.2)	0.015
Manchas antocianínicas en fruto verde	0.004	ns	6.4	Ausente (99.6), presente (0.4)	0.027
Color de fruto estado intermedio	2.506	***	35.0	Verde claro (18.7), verde (56.0), verde oscuro (25.3)	0.986
Cuajado de fruto	0.906	***	4.0	Intermedio (2.7), alto (97.3)	0.124
Color de fruto en estado maduro	4.514	***	12.0	Naranja (6.0), rojo claro (5.4), rojo (29.2), rojo oscuro (53.5), marrón (5.9)	1.189
Forma del fruto	6.129	***	41.3	Elongado (24.6), triangular (61.5), acampanulado (1.7), acampanulado y en bloque (12.2)	0.968
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	2.656	***	25.3	Agudo (0.7), obtuso (43.3), truncado (43.8), cordado (11.3), lobulado (0.9)	1.006
Cuello en la base del fruto	0.046	ns	18.0	Ausente (96.4), presente (3.6)	0.157
Forma del ápice del fruto	3.215	***	37.7	Puntudo (28.2), romo (43.4), hundido (25.4), hundido y puntudo (3.0)	1.173
Apéndice del fruto	0.556	***	34.7	Ausente (64.2), presente (35.8)	0.652
Arrugamiento transversal del fruto	15.391	***	33.3	Levemente corrugado (44.3), intermedio (27.7), muy corrugado (28.0)	1.073

Tipo de epidermis del fruto	1.683	***	40.4	Lisa (58.3), semirrugosa (34.5), rugosa (7.2)	0.871
Persistencia del pedicelo con el fruto maduro	3.669	**	26.7	No persistente (20.0), Persistente (80.0)	0.722
Color de la semilla	0.047	ns	17.0	Amarillo claro (96.8), amarillo oscuro (3.2)	0.143
Textura de la semilla	1.802	***	35.4	Lisa (47.6), áspera (47.3), rugosa (5.1)	0.859

†Número en paréntesis expresado en porcentaje. CM: cuadrados medios, CV: coeficiente de variación, H': índice de diversidad de Shannon-Weaver, ns: diferencias estadísticas no significativas, *, **, ***: diferencias estadísticamente significativas al 95.0, 99.0 y 99.9 % de probabilidad.

3.5.2 Relación entre las poblaciones locales

Con el análisis discriminante stepwise se obtuvieron 17 variables para determinar relaciones entre las poblaciones de Chile apaxtleco y gestionar la clasificación entre grupos; la mayoría de las variables tuvieron relación con los frutos en comparación con variables de estructuras vegetativas y florales, las cuales fueron: manchas antocianínicas en los nudos de la planta, longitud del tallo, macollamiento, color del filamento, peso y número de frutos por planta, color del fruto en estado intermedio, longitud y ancho del fruto, longitud del pedicelo, forma del ápice del fruto, arrugamiento transversal y textura del fruto, apéndice del fruto, número de semillas por fruto, textura y ancho de la semilla. Con estas variables se establecieron las relaciones y agrupaciones entre las poblaciones de Chile apaxtleco.

En componentes principales (CP), con los primeros seis se explicó 76.5 % de la variación total y se eligieron con autovalor mayor a 1. El CP 1 explicó 22.5 % de la variación total, y las variables con mayor contribución fueron longitud del fruto y pedicelo, y ancho de las semillas. El CP 2 aportó 14.9 % de la variación total, y peso fresco del fruto por planta y color del fruto en estado intermedio intervinieron mayormente. El CP 3 con 13.5 %, las variables número de frutos por planta y ancho del fruto fueron las de mayor aporte. El CP 4 con 11.9 % de variación total, conformada por tipo de epidermis

del fruto y textura de la semilla. El CP 5 con 6.9 % de variación total, con mayor influencia por color del filamento y número de semillas por fruto. El CP 6, con 6.5 % de variación, se integró por la forma del apéndice del fruto, únicamente. Las variables vegetativas como presencia de antocianinas en los nudos de las plantas, longitud del tallo, macollamiento, así como, forma del ápice del fruto y arrugamiento transversal del fruto contribuyeron en menor proporción en este análisis.

En chiles guajillos, Moreno-Ramírez *et al.* (2019) explicaron 77 % de la variación total con los primeros cinco CP. Con variables cuantitativas, en chiles de largos y anchos (*Capsicum* spp.) se explicó 55.3 % de la variación con los primeros cuatro CP (Orobiyi *et al.*, 2018); mientras que, en chiles silvestres (*C. annuum* var. *glabriusculum* y *C. frutescens*) se explicó 82.2 % de la variación total con los primeros cinco CP. Este estudio comparte mayor similitud con lo detectado para chiles guajillos de México (Moreno-Ramírez *et al.*, 2019).

La distribución de las poblaciones de chile apaxtleco a través de los primeros dos componentes principales se presenta en la Figura 1. En esta figura, las poblaciones situadas hacia la derecha de la figura indica que tienen mayor longitud del fruto y del pedicelo y mayor ancho de las semillas; y las accesiones situadas hacia arriba poseen menor peso de fruto por planta, y mayor intensidad de la coloración verde del fruto en estado inmaduro. La dispersión de las poblaciones de chile apaxtleco en los cuatro cuadrantes de los CP1 y CP2 visualiza que existen variación morfológica entre las agrupaciones, pues las poblaciones se dispersan unas de otras, pero compartiendo algunas similitudes entre ellas que las agrupan.

Luna-Ruíz *et al.* (2018) indican que en chiles domesticados la diversidad inter e intraviertal se observa mayormente en las características que son usadas, como las detectadas en este estudio. En chiles guajillo, se observó esta misma tendencia de identificar mayor diversidad en las características de los frutos (Moreno-Ramírez *et al.*, 2019), al igual que en chiles poblanos (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016) y en pimientos de Turquía (Kadri *et al.*, 2009). Orobiyi *et al.* (2018) indican que los caracteres de fruto como

días a fructificación, periodo de fructificación, longitud, ancho y peso del fruto, y número de fruto por planta son características de importancia que contribuyen en el rendimiento y valor de producción y comercialización en Chile (*C. annuum*).

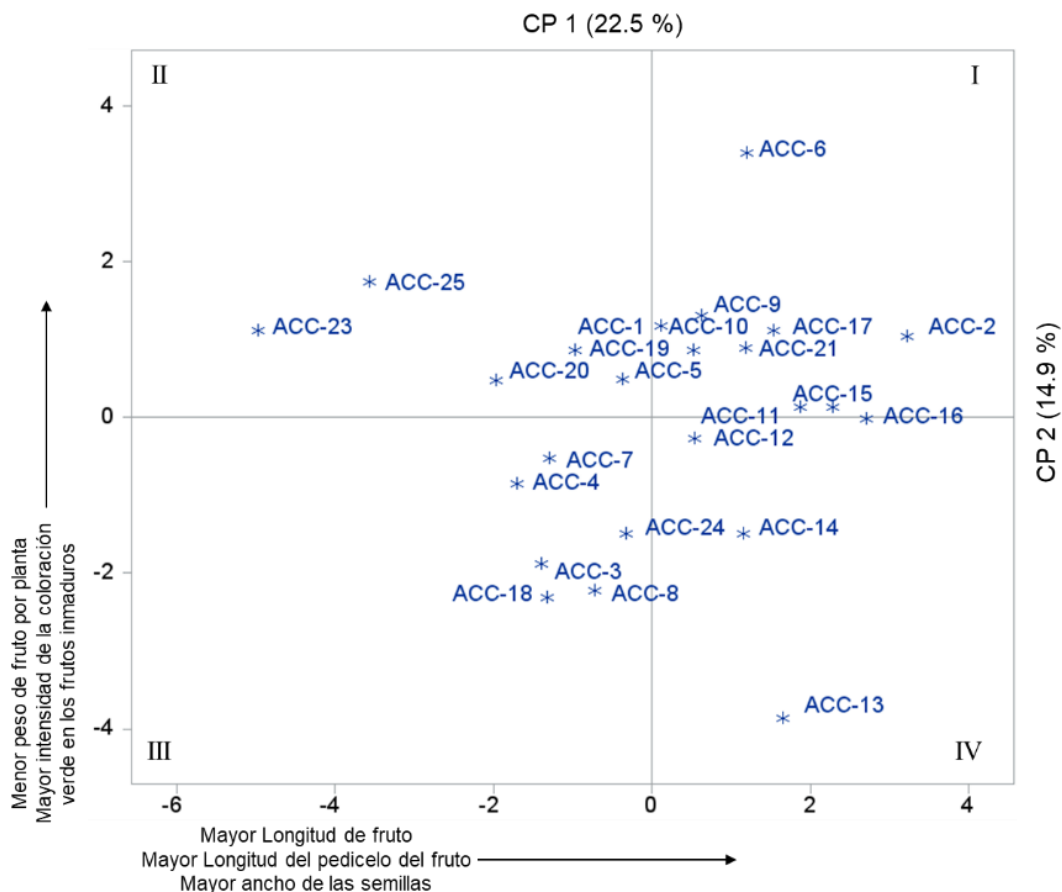


Figura 1. Dispersión de las poblaciones locales de Chile apaxtleco a través de los primeros dos componentes principales.

Para Martínez-Sánchez *et al.* (2010), los descriptores seleccionados en el análisis de componente principales son de importancia en el proceso de selección que se ha ejercido en Chile de agua en Oaxaca, y son características agrónomicamente deseables como días a floración y fructificación que tiene relación con la precocidad y ciclo del cultivo, así como, densidad de ramificación, diámetro y longitud del fruto; sin embargo, también detectaron diversidad en características florales y de plántula. El uso de semillas nativas y criollas, para el establecimiento de cultivos, ha sido transmitido de generación en

generación y regularmente se cultivan con métodos tradicionales y convencionales; el intercambio de semillas, la polinización libre y cruzada y la intervención humana mediante la selección artificial han propiciado la fijación de características agronómicas deseables de acuerdo con las consideraciones de los productores involucrados.

Por su parte, Murillo-Amador *et al.* (2015) describen alta variabilidad morfométrica en poblaciones de *C. annuum* silvestre colectados en reservas mexicanas, e indican que la diversidad fenotípica y genética de *Capsicum* silvestre se determina por la geografía, clima, ecología e intervención humana, es decir, su diversidad es específica para cada nicho ecológico. En poblaciones silvestres de *C. annuum* var. *glabriusculum* y *C. frutescens* en Tabasco, además de variables de fruto, también las variables ancho y largo de la hoja, altura de la planta y densidad de las ramas fueron las de mayor importancia en la descripción de la diversidad, y también para la diferenciación entre ambas especies (Velázquez-Ventura *et al.*, 2018). De igual forma, De la Cruz-Lázaro *et al.* (2017) indican que en estudios *in situ* con chiles silvestres (*Capsicum frutescens*) de Tabasco, la mayor variación se detectó en características de planta y tallo.

En el análisis de conglomerados se identificaron cuatro agrupaciones (Figura 2). Los patrones de asociación se determinaron en gran medida por características del fruto, como su forma, color, peso y número de frutos por planta (Cuadro 4). El grupo II fue donde se concentraron la mayor cantidad de poblaciones de chile apaxtleco, y su diversidad es más amplia en comparación con los demás grupos, las características que definieron su agregación fueron principalmente chiles largos, anchos, de forma triangular, lisos y rugosos y otras características descritas en el Cuadro 4.

Hay coincidencia en estudios morfológicos con *C. annuum* var *annuum*, donde se indica que las variables de frutos son las de mayor importancia y abundancia para describir la mayor proporción de la diversidad y también con estas variables permite diferenciar las poblaciones estudiadas (Aklilu *et al.*, 2016; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). Así también, las variables cualitativas pueden ayudar a diferenciar poblaciones locales de chile de las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* (Castillo-Aguilar *et al.*, 2021). Li *et al.*

(2022) indican que con descriptores de frutos se pueden diferenciar especies de chile. En chiles silvestres pico de paloma (*C. frutescens*) *in situ*, las agrupaciones se realizaron con variables vegetativas como altura y ancho de la planta, largo y ancho de las hojas, diámetro del tallo, además de variables de fruto (largo y peso).

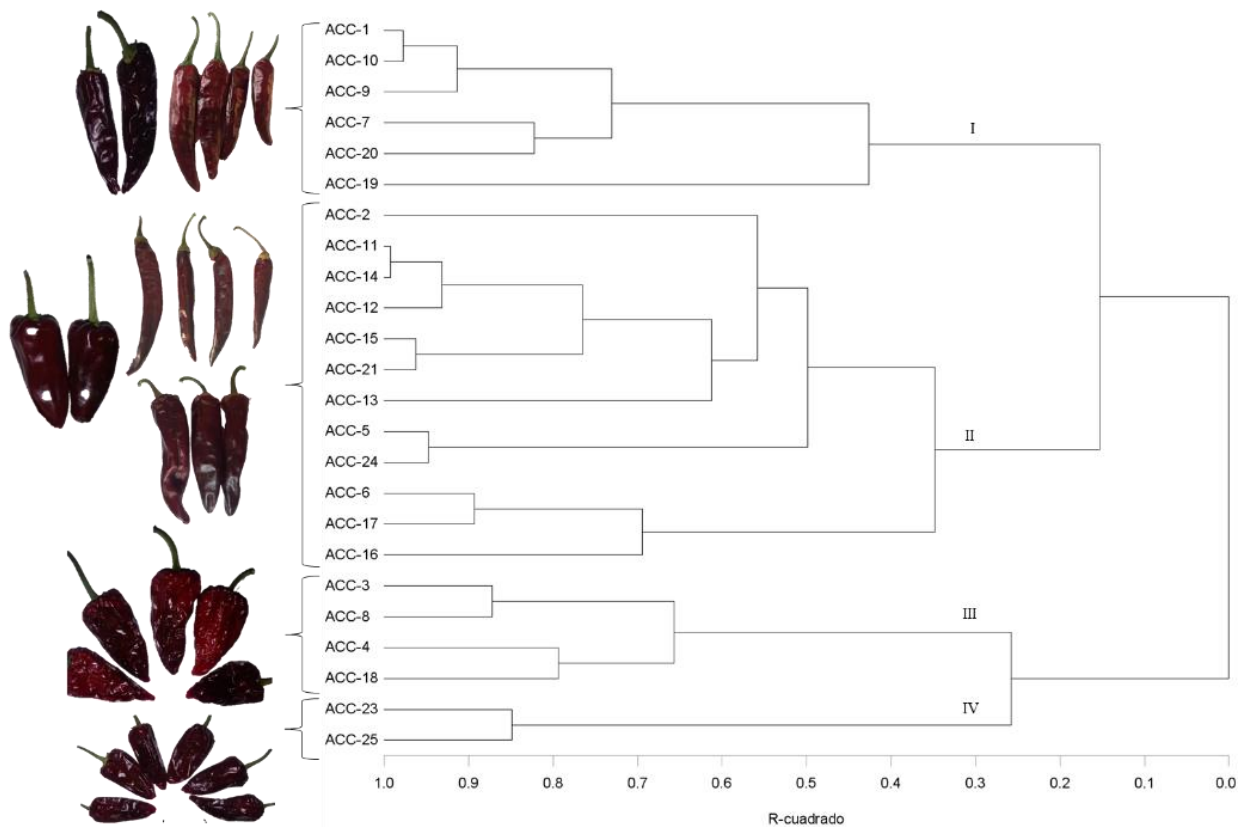


Figura 2. Dendrograma de poblaciones de chile apaxtleco, generado con el método de agrupamiento UPGMA y distancias de Gower.

Cuadro 4. Características morfológicas de las agrupaciones identificadas en poblaciones de chile apaxtleco.

Grupo	Nombre local	Características
I	Semianchos	Plantas con gran intensidad de antocianinas en los nudos, con semirugosos* macollamiento por debajo de la primera bifurcación, tallos de tamaño medio (28.3 cm), 9 frutos por planta en promedio,

-
- filamento de las flores blanco y morado claro, frutos de color verde medio en su estado inmaduro, largos y semianchos, con ápice romo y hundido, arrugamiento transversal intermedio y epidermis semirugosa en frutos maduros, pedicelo largo, 30 semillas por fruto, de textura lisa y tamaño grande.
- II Carricillos Plantas con intensidad media y ligera de antocianinas en los nudos, con macollamiento por debajo de la primera bifurcación, semianchos tallos de tamaño medio (29.1 cm), 7 frutos por planta en lisos y tallos de tamaño medio (29.1 cm), 7 frutos por planta en anchos lisos promedio, filamento blanco en las flores, frutos de color verde claro, verde medio y oscuro en su estado inmaduro, largos y de ancho medio y delgados, pero también de forma triangular lisos, ápice del fruto puntudo y romo, arrugamiento transversal muy corrugado mayormente, epidermis lisa del fruto, pedicelo largo, 30 semillas por fruto, de textura áspera y tamaño grande.
- III Anchos lisos Plantas sin presencia de antocianinas en los nudos, con escaso y anchos macollamiento por debajo de la primera bifurcación, tallos de rugosos tamaño medio (29.0 cm), 9 frutos por planta en promedio, filamento de las flores blanco, frutos de color verde medio en su estado inmaduro, cortos y anchos, ápice del fruto romo, arrugamiento transversal muy corrugado del fruto, epidermis lisa y muy corrugada del fruto, pedicelo corto, 38 semillas por fruto, de textura lisa y tamaño grande.
- IV Anchos lisos Plantas sin presencia de antocianinas en los nudos, con macollamiento por debajo de la primera bifurcación, tallos altos (31.6 cm), 5 frutos por planta en promedio, filamento de las flores blanco, frutos de color verde medio en su estado inmaduro, de forma triangular, cortos y de ancho medio ancho, ápice del fruto romo, arrugamiento transversal ligeramente corrugado del fruto, epidermis lisa del fruto, pedicelo muy corto, 27 semillas por fruto, de textura lisa, y tamaño pequeña.
-

*Nombre asignado localmente para distinguir la forma y textura del fruto.

3.6 CONCLUSIONES

La diversidad morfológica de las poblaciones locales de chile apaxtleco es mayor en variables de los frutos, y en menor proporción en características de la planta y semillas.

Las 17 variables empleadas en el análisis de componentes principales y agrupamiento pudieron mostrar la relación y diferenciación entre las poblaciones evaluadas, nuevamente, las variables de los frutos intervinieron más para explicar la variación total en este chile local. Además, se identificaron seis componentes principales que explicaron 76 % de la variación total. La forma y textura de los chiles fueron características de importancia en la agrupación.

Las variables vegetativas como presencia de antocianinas en los nudos de las plantas, longitud del tallo, macollamiento, así como, forma del ápice del fruto y arrugamiento transversal del fruto contribuyeron en menor proporción en la diversidad morfológica en este estudio.

3.7 DECLARACIONES

Funding. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Iguala and Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Conflict of interest statement. There is no conflict of interest for publication of this research.

Compliance with ethical standards. The research did not include studies with humans, therefore it was not required to submit it to reviews for verification of its compliance.

Data availability. Data are available upon request to corresponding author (toledo.rocio@inifap.gob.mx).

3.8 REFERENCIAS

- Aguilar, M.R. and Rodríguez, C.E., 2018. El origen de los chiles domesticados (*Capsicum annum* L.) del México multiétnico. In: E. Silva R., V. Martínez V., M. Lascurain, E. Rodríguez L., eds. *De la recolección a los agroecosistemas, soberanía alimentaria y conservación de la biodiversidad*. Quehacer Científico y Tecnológico, Universidad Veracruzana, pp. 47-64.
- Aguilar, R.V.H., Corona, T.T., López, L.P., Latournerie, M.L., Ramírez, M.M., Villalón, M.H. and Aguilar, C.J.A., 2010. *Los chiles de México y su distribución*. SINAREFI. Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M.A., Katz, E. and Hernández, C.M.R., 2018. *Los chiles que le dan sabor al mundo: contribuciones multidisciplinarias*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Aklilu, S., Abebie B., Wogari, D. and Teklewold, A., 2016. Analysis of morphological diversity among hot pepper (*Capsicum annum* L.) collections in the Rift Valley area of Ethiopia. *Tropical Agriculture*, 93(3), pp. 152-164.
- Alvares, B.P., Almeida, S.L.R., da Silva, A.A.A., Araújo, D.S.P.H., Pimenta, S., Pombo, S.C., Erpen-Dalla, C.L., Azeredo, G.L.S. and Rodrigues, R., 2020. Biomorphological characterization of Brazilian *Capsicum chinense* Jacq. germplasm. *Agronomy*, 10(3), pp. 447. <http://doi.org/10.3390/agronomy10030447>
- Barboza, G.E., Carrizo, G.C., Leiva, G.S., Scaldaferrro, M. and Reyes, X., 2019. Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the Tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *PLoS ONE*, 14(1), pp. e0209792. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0209792>
- Barchenger D.W. and Bosland P.W., 2019. Wild chile pepper (*Capsicum* L.) of North America. In: S. Greene, K. Williams, C. Khoury, M. Kantar and L. Marek, eds. *North American Crop Wild Relatives*, Volume 2. Springer, Cham, pp. 225-242. http://doi.org/10.1007/978-3-319-97121-6_7
- Berry, M.H., Rickett, D.V., Baxter, C.J., Enfissi, E.M.A. and Fraser, P.D., 2019. Carotenoid biosynthesis and sequestration in red chilli pepper fruit and its impact on colour

- intensity traits. *Journal of Experimental Botany*, 70, pp. 2637-2650.
<http://doi.org/10.1093/jxb/erz086>
- Bosland, P.W. and Votava, E.J., 2012. *Peppers: Vegetable and spice capsicums*. 2nd ed. Oxfordshire, UK: CAB International.
- Carrizo, G.C., Barfuss, M.H.J., Sehr, E.M., Barboza, G.E., Samuel, R. Moscone, E.A. and Ehrendorfer, F., 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118, pp. 35-51.
<http://doi.org/10.1093/aob/mcw079>
- Castillo-Aguilar, C.C., López, C.L.C., Pacheco, N., Cuevas-Bernardino, J.C., Garruña, R. and Andueza-Noh, R.H., 2021. Phenotypic diversity and capsaicinoid content of chilli pepper landraces (*Capsicum* spp.) from the Yucatan Peninsula. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 19(2), pp. 159-166.
<http://doi.org/10.1017/S1479262121000204>
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2016. *Los chiles de México*. [online] Cartel 12733. https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/janium_zui.pl?jzd=/janium/Documentos/ETAPA06/AP/12733/cartel_chiles_espanol.jzd&fn=12733. [accessed october 2021].
- De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C., Osorio-Osorio, R., Preciado-Rangel, P. and Márquez-Hernández, C., 2017. Caracterización morfológica *in situ* de chile silvestre Pico de paloma (*Capsicum frutescens*) en Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 27(2), pp. 3-9. <http://doi.org/10.15174/au.2017.1083>
- Gepts, P., 2014. The contribution of genetic and genomic approaches to plant domestication studies. *Current Opinion in Plant Biology*, 18, pp. 51-59.
<http://doi.org/10.1016/j.pbi.2014.02.001>
- González-Jara, P., Moreno-Letelier, A., Fraile, A., Piñero, D. and García-Arenal, F., 2011. Impact of human management on the genetic variation of wild pepper, *Capsicum annum* var. *Glabriusculum*. *PLoS ONE*, 6(12), pp. e28715.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028715>
- Gower, J.C., 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27, pp. 857-871. <http://doi.org/10.2307/2528823>

- Hayano-Kanashiro, C., Gámez-Meza, N. and Medina-Juárez, L.A., 2016. Wild pepper *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: taxonomy, plant morphology, distribution, genetic diversity, genome sequencing, and phytochemical compounds. *Crop Science*, 56, pp. 1-11. <http://doi.org/10.2135/cropsci2014.11.0789>
- Hernández-Pérez, T., Gómez-García, M.R., Valverde, M.E. and Paredes-López, O., 2020. *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, pp. 1-22. <http://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>
- IPGRI, AVRDC, CATIE [International Plant Genetic Resources Institute, Asian Vegetable Research and Development Center, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. 1995. *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)*. IPGRI, AVRDC, CATIE. 51 p. https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/345.pdf. [accessed may 2020]
- Jardón, B.L., 2017. De Sonora a Yucatán. Chiles en México: diversidad y domesticación. *Oikos*, 17, pp. 25-29.
- Kadri, B.M., Esiyok, E. and Turhan, K., 2009. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7, pp. 83-95. <http://doi.org/10.5424/sjar/2009071-401>
- Karkee, A., Mainali, R.P., Basnet, S., Ghimire, K.H., Joshi, B.K., Thapa, P., Shrestha, D.S., Joshi, P., Pokhrel, P. and Mishra, K.K., 2021. Agro-morphological characterization and intra-varietal diversity of akabarechilli (*Capsicum* spp.) landraces of Nepal. *SAARC Journal of Agriculture*, 19(2), pp. 37-55. <http://doi.org/10.3329/sja.v19i2.57671>
- Khoury, C.K., Carver, D., Barchenger, D.W., Barboza, G.E., van Zonneveld, M., Jarret, R., Bohs, L., Kantar, M., Uchanski, M., Mercer, K., Nabhan, G.P., Bosland, P.W. and Greene, S.L., 2020. Modelled distributions and conservation status of the wild relatives of chile peppers (*Capsicum* L.). *Diversity and Distributions*, 26, pp. 209–225. <http://doi.org/10.1111/ddi.13008>

- Kraft, K.H., Brown, C.H., Nabhan, G.P., Luedeling, E., Luna, R.J.J., d'Eeckenbrugge, G.C., Hijmans, R.J. and Gepts P., 2014. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, pp. 6165-6170. <http://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- Li, P., Zhang, X., Liu, Y., Xie, Z., Zhang, R., Zhao, K., Lv, J., Wen, J. and Deng, M., 2022. Characterization of 75 cultivars of four *Capsicum* species in terms of fruit morphology, capsaicinoids, fatty acids, and pigments. *Applied Sciences*, 12, pp. 6292. <https://doi.org/10.3390/app12126292>
- Luna-Ruiz, J.J., Nabhan, J.P. and Aguilar-Meléndez, A., 2018. Shifts in plant chemical defenses of chile pepper (*Capsicum annuum* L.) due to domestication in Mesoamerica. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 48. <http://doi.org/10.3389/fevo.2018.00048>
- Martínez-Ávalos, J.G., Venegas-Barrera, C.S., Martínez-Gallegos, R., Torres-Castillo, J.A., Olazarán, S.F.E., Mora-Olivo, A., Guerra, P.A., Arellano-Méndez, L.U. and Garza, O.F., 2018. A review on the geographical distribution, fruit production and concentration of capsaicinoids in *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* in the Northeastern region of Mexico. *Preprints*, pp. 2018110517. <http://doi.org/10.20944/preprints201811.0517.v1>
- Martínez-Sánchez, D., Pérez-Grajales, M., Rodríguez-Pérez, J.E. and Moreno-Pérez, E.C., 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. *Revista Chapingo Serie horticultura*, 16(3), pp. 169-176. <http://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.16.021>
- Meyer, R.S., DuVal, A.E. and Jensen, H.R., 2012. Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist*, 196, pp. 29-48. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04253.x>
- Moreno-Pérez, E.C., Avendaño-Arrazate, C.H., Mora-Aguilar, R., Cadena-Iñiguez, J., Aguilar-Rincón, V.H. and Aguirre-Medina, J.F., 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del Centro-Norte de México. *Revista Chapingo Serie horticultura*, 17(1), pp. 23-30. <http://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.004>

- Moreno-Ramírez, Y.R., Santacruz-Varela, A., López, P.A., López-Sánchez, H., Córdova-Téllez, L., González-Hernández, V.A., Corona-Torres, T. and López-Ortega, R., 2019. Morphological diversity of Zacatecas Guajillo chile landraces is broad and is given mainly by fruit traits. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31, pp. 440-448. <http://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i6.1965>
- Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, O.E., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M.V., Hernández-Montiel, L.G. and Nieto-Garibay, A., 2015. Baseline study of morphometric traits of wild *Capsicum annuum* growing near two biosphere reserves in the Peninsula of Baja California for future conservation management. *BioMed Central, Plant Biology*, 15(118), pp. 1-18. <http://doi.org/10.1186/s12870-015-0505-6>
- Narez-Jiménez, C.A., de la Cruz-Lázaro, E., Gómez-Vázquez, A., Castañón-Nájera, G. Cruz-Hernández, A. and Márquez-Quiroz, C., 2014. La diversidad morfológica *in situ* de chiles silvestres (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37, pp. 209-215
- Olatunji, T.L. and Afolayan, A.J., 2019. Contributions to the classification of *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. in west Africa using morphological traits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Napoca*, 47, pp. 135-142. <http://doi.org/10.15835/nbha47111204>
- Orobiyi, A., Loko, L.Y., Sanoussi, F., Agre, A.P., Korie, N., Gbaguidi A., Adjatin A., Agbangla C. and Dansi A., 2018. Agro-morphological characterization of chili pepper landraces (*Capsicum annuum* L.) cultivated in Northern Benin. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65, pp. 555-569. <http://doi.org/10.1007/s10722-017-0553-x>
- Pickersgill, B., 2016. Chile peppers (*Capsicum* spp.). In: R. Lira, A. Casas and J. Blancas, eds. *Ethnobotany of Mexico, interactions of people and plants in Mesoamerica*. Springer Science, pp. 417-438. http://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_17
- SAS Institute, 2012. *SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4*. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Shannon, C.E. and Weaver, W., 1964. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois. Chicago, USA.

- SIAP-SADER [Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural], 2022. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. [accessed february 2022].
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P.A. Guerrero-Rodríguez, J. D., Santacruz-Varela, A. and Huerta-de la Peña, A., 2016. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile poblano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7, pp. 1005-1015.
- Vázquez-Casarrubias, G., Escalante-Estrada, J.A.S., Rodríguez-González, M.T., Ramírez-Ayala, C. and Escalante-Estrada, L.E., 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(1), pp. 61-65. [10.5154/r.rchsh.2011.17.009](https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.009)
- Velázquez-Ventura, J.C., Márquez-Quiroz, C., De la Cruz- Lázaro, E., Osorio-Osorio, R. and Preciado-Rangel, P., 2018. Morphological variation of wild peppers (*Capsicum spp.*) from the State of Tabasco, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(2), pp. 115-121. [http://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603](https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603)

IV. ORGANIZACIÓN SOCIAL E INNOVACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILES CRIOLLOS

4.1 INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp) es una de las hortalizas de mayor importancia por su valor económico y social, debido a su alta rentabilidad y consumo a nivel nacional y mundial. El chile aporta el 20.2% en la producción de hortalizas a nivel nacional. Para 2021, el SIAP-SADER (2022) reportó una producción nacional de 3.09 millones de toneladas de chile. La producción a campo abierto es la más extendida en México y de menor costo de inversión. Bajo esta modalidad se produce la mayor diversidad de chiles nativos.

Estos cultivos de chiles nativos o criollos suelen tener un origen histórico, una identidad ligada a la región donde se producen. Los materiales vegetales o semillas se conservan por la gente local y son el resultado de la selección que cubre las preferencias y gustos propios de la cultura en cuestión, además de ser genéticamente diversa y asociada con los sistemas agrícolas tradicionales (Casas *et al.*, 2016; Heiser y Pickersgill, 1969; Hernández *et al.*, 2012).

Los chiles nativos son elementos importantes en la tradición alimentaria mexicana y representan también un recurso de interés fitogenético. Su ubicación en diferentes áreas del país define a su vez, diferentes expresiones de las relaciones de esta planta con las personas de tipo social, cultural, usos, costumbres, tradiciones y preferencias culinarias; lo cual, se denota como especies que son cultivadas y especies silvestres.

Actualmente los chiles endémicos de Guerrero, cultivados, presentan diferentes características fitogenéticas de interés para su potencial, mejora a partir de atributos deseables para su producción en términos de tamaño, color, rendimientos unitarios y de propiedades organolépticas. También, la producción de estos chiles tiene implicaciones en los eslabones de la cadena de valor, en donde los productores tienen participación variable.

La agricultura en las zonas rurales es una de las principales actividades que genera ingresos económicos y contribuye en la alimentación y salud de la población, sin embargo, hay creciente pérdida para seguir trabajando en la actividad agrícola de interés por los resultados insatisfactorios de una baja producción y desbalance económico por la baja rentabilidad de la producción; aunado esto a la falta de apoyo y organización para la producción en el campo, son alguno de los factores de abandono de estos recursos fitogenéticos como cultivo.

En la gestión local de la actividad agropecuaria es importante la organización para la producción. Las organizaciones de productores tienen varios propósitos, por ejemplo, a) mejorar sus ingresos mediante la realización conjunta de actividades de producción, de comercialización y elaboración de productos a nivel local, b) generar conocimiento y compartir experiencias sobre su actividad, c) mejorar su acceso a insumos, servicios y costos de producción más bajos, y d) obtención de información técnica para la mejora de sus procesos productivos, por su participación en proyectos de investigación y extensión agrícola.

Existen antecedentes que dan cuenta de la disposición de los pequeños productores de las unidades familiares para organizarse y participar e intervenir sobre el diseño futuro de la agricultura, su lugar en la economía local y nacional, y las funciones que esta actividad debería desempeñar en la economía mundial (Rondot y Collion, 2001).

Se ha destacado también que, los pequeños productores enfrentan tres grandes desafíos: la oportunidad de enlace con los mercados, el uso sostenible de los recursos naturales y la adaptación al cambio climático. Al respecto, se ha mencionado que, ante estos retos, la innovación es parte de la respuesta para promover que los pequeños productores se involucren en una visión más integral sustentable sobre la producción y sobre la importancia de la conservación de los chiles nativos como recurso fitogenético, útil para la gestión local de la mejora de las expectativas económicas, sociales y ambientales de este cultivo (IICA-BID, 2013), y sobre la importancia de la conservación de los chiles nativos como recurso fitogenético en la agricultura campesina, útil para la

gestión local de la mejora de las expectativas económicas, sociales y ambientales de este cultivo.

Como recursos fitogenético, es importante su conservación y como cultivo es pertinente su mejora genética; por lo tanto, se hace necesaria la innovación integrando el conocimiento local de los productores, es decir la innovación participativa. La innovación es factible mediante procesos de investigación participativa, en los cuales se intercambian conocimientos y técnicas entre pequeños productores locales e investigadores (López *et al.*, 2021). Estos requerimientos son factibles si, como estrategia de gestión local se arriba a ejercicios de asociatividad, esto es, a la organización social de los productores; lo cual se constituye en un vector estratégico que puede facilitar la investigación apoyada en la innovación participativa para la mejora de la producción, por ejemplo, en términos de productividad y rentabilidad, entre otros impactos esperados.

En este sentido, las organizaciones de los productores deben incorporar dentro de su estrategia acciones tendientes a gestionar los procesos de innovación, a fin de que adquieran mayor capacidad de adaptación y, sobre todo, la posibilidad de anticipar e, incluso, de provocar rupturas que les faculten para renovar sus ventajas competitivas en el momento oportuno (Hidalgo, 2011).

La sustentabilidad de la producción agropecuaria debe ser vista como el resultado del esfuerzo conjunto de las comunidades y de su capacidad para priorizar las acciones colectivas sobre las individuales a través de la conformación de redes que promuevan la utilización eficaz del potencial de desarrollo disponible para un mejor organización y liderazgo (Narváez *et al.*, 2008). con el objetivo de identificar la factibilidad de organización social para la gestión local de la Innovación Participativa en la Producción de chiles endémicos en Apaxtla, Guerrero.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en Apaxtla ubicado al Norte del estado de Guerrero (Figura 4), entre los paralelos 17° 56' y 18° 15' de latitud norte; los meridianos 99° 51' y 100° 07' de longitud oeste; con una altitud entre 300 y 2 000 msnm., con un rango de temperatura 20 – 30°C. Clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (42.44%), y el rango de precipitación 700 – 1 300 mm (INEGI, 2009). De acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por (INEGI, 2020), el municipio de Apaxtla de Castrejón está conformada por 11,112 habitantes, siendo 51.4% mujeres y 48.6% hombres. En comparación a 2010, la población en Apaxtla decreció un 10.3%.

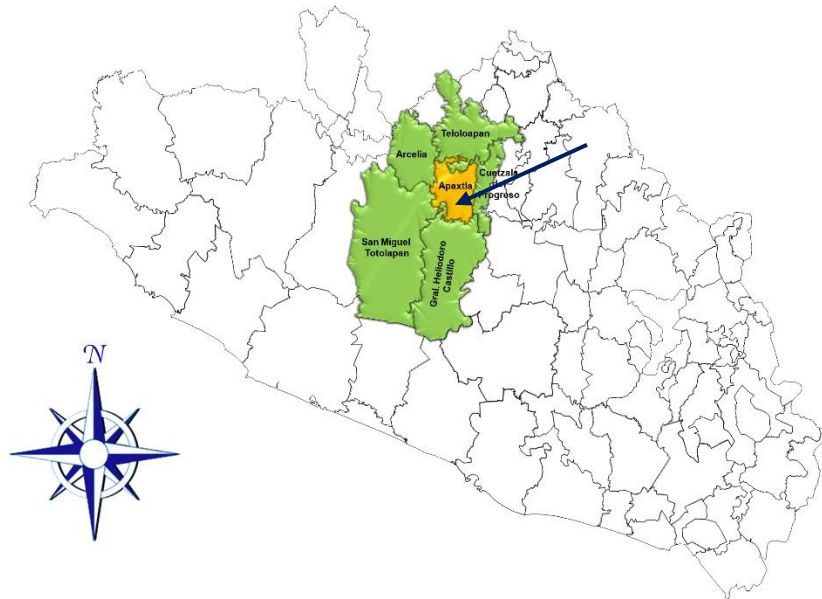


Figura 3. Ubicación del municipio de Apaxtla de Castrejón.

4.2.2 Recolección de la información

Se utilizó una muestra aleatoria simple (Hernández *et al.*, 2014) de tamaño $n=30$, el criterio de inclusión fue que los participantes fueran productores activos de chile dentro del área de estudio.

La caracterización sociodemográfica es imprescindible para abordar la problemática productiva rural, dado que la información secundaria disponible de tipo censo oficial tiene sus limitaciones (Zavala *et al.*, 2020). En este estudio la información se recolectó mediante una encuesta basada en un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas (Schindler, 2014; Hernández *et al.*, 2014) sobre: a) perfil sociodemográfico, b) caracterización productiva y económica, del cultivo y c) disposición para la organización social para la producción y la innovación participativa. La información se recolectó en el mes de mayo de 2021.

4.2.3 Análisis de la información

La información fue organizada, codificada y registrada en una base de datos para su análisis. El análisis se enfocó en la descripción de las variables de estudio, principalmente basada en medidas de tendencia central y porcentajes para la información cuantitativa. Para identificar la rentabilidad del cultivo se analizaron los costos de producción, los rendimientos y los precios de comercialización; sobre la base del análisis beneficio costo B/C (Terrones *et al.*, 2020). La información de preguntas abiertas fue analizada con técnicas de análisis de contenido para identificar opiniones, experiencias y percepciones (Schindler, 2014; Hernández *et al.*, 2014).

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Perfil sociodemográfico de los productores

Para la caracterización sociodemográficas de los productores de Chile apaxlteco se enfocó el estudio para identificar su perfil según sus características principales. En términos de género, únicamente el 30 % son mujeres productoras (Cuadro 5), y la mayor proporción corresponde a productores masculinos. La experiencia en el cultivo es de 11 a 40 años, con 67 % de los participantes; y la experiencia promedio es de 24 años. Se denota que hay pocos campesinos jóvenes dedicados a esta actividad, tal y como se ha encontrado en otros estudios, la gente joven emigra a otras zonas en busca de

oportunidades de trabajo, generando un bajo relevo generacional en esta actividad y en algunos casos abandono de la actividad agrícola (Nájera *et al.*, 2016).

En cuanto al tamaño de la familia, en general, se integra de cuatro miembros todos ellos activos participantes en el proceso productivo agrícola. El 23 % de los productores no cuenta con estudios (Cuadro 5) y, el 57 % tiene educación básica (primaria y secundaria); el resto de productores, ha incursionado en los niveles de bachillerato y licenciatura. La preparación o no de los productores no afecta en el desarrollo de las actividades productivas agrícolas del cultivo de chile.

Cuadro 5. Perfil sociodemográfico de los productores de chile apaxtleco.

Escolaridad	%	Actividad económica complementaria	%	Experiencia cultivo de chile criollo (años)	%	Tamaño familia (No.)	Mujer productora (%)
Sin estudios	23	Agropecuarias	40	Menos de 10	27		
Básica	57	No agropecuarias	60	11 a 40	67	4	30
Media superior	10			Más de 40	6		
Licenciatura	10						

El chile criollo apaxtleco es importante como soporte del ingreso familiar, se cultiva con doble propósito: producción para la comercialización y autoconsumo; sin embargo, también se identificó que realizan otras actividades remuneradas y no remuneradas en el económico del núcleo familiar. El 40 % realiza actividades complementarias agrícolas y pecuarias (Cuadro 5); el 60 % realiza actividades no agropecuarias, entre las cuales se reportan principalmente, comercio, albañilería, ama de casa y docencia (Figura 4). En el acceso a la tierra, el 44 % de los productores realizan el cultivo en terrenos propios y el 36 % lo hace en tierras rentadas; los demás, siembran en parcelas prestadas.

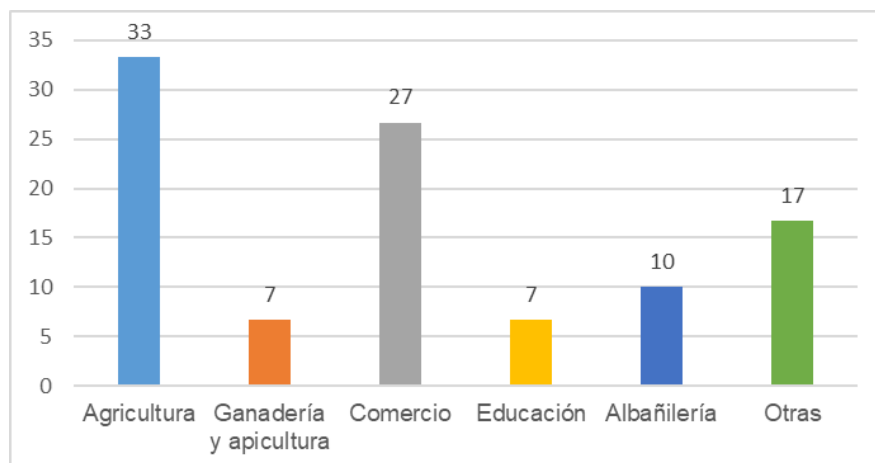


Figura 4. Principales actividades para el ingreso económico familiar, en productores de Chile apaxtleco.

Estas características indican que los productores poseen la experiencia y conocimiento local sobre el cultivo de este recurso fitogenético, y se suma su escolaridad preponderante, lo cual representa el capital humano que puede facilitar su participación en ejercicios de organización social para la gestión local de la innovación participativa en la mejora productiva y conservación de los chiles criollos. Al respecto, Rondon y Collion (2001), han mencionado que las organizaciones de productores pueden ser instrumentos que facilitan los cambios técnicos, económicos e institucionales; y en estas oportunidades, los colectivos de productores pueden ser asociados valiosos, en particular, cuando están estructurados alrededor de un subsector; en este caso, en torno a la producción de chiles nativos.

La importancia del chile se deriva de la relación biocultural productor-naturaleza, mediante la convivencia, y de, como mencionan Casas *et al.*, (2017) la domesticación, migraciones, intercambio de semillas y presiones de selección natural y artificial. Los productores tienen un principal enfoque, que es el campo, una de las principales actividades y la base de su subsistencia, dentro de esta actividad enfrentan problemas desde la implementación del cultivo hasta la comercialización, uno de los problemas más fuertes es el costo de los insumos como fertilizantes, foliares, insecticidas, herbicidas, entre otros, esto influye en el tamaño de la superficie dedicada al cultivo, por lo tanto a mayor tamaño de la parcela corresponde un mayor costo de inversión.

4.3.2 Caracterización productiva

Una de las problemáticas en el sistema productivo rural son los bajos índices de producción que generan los productores y la falta de planes estratégicos para mejorar estas unidades agrícolas, en Apaxtla, la totalidad cultiva en maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum annuum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y calabaza (*C. moschata* y *C. argyrosperma*), en un promedio de 3.5 ha. Los 3.5 ha equivalen a la suma total de hectáreas de los principales cultivos como se muestra en el (Cuadro 6). La producción de chile se realiza en una superficie promedio de 0.8 ha, siendo de los cultivos con preferencia para los productores. Además, hay producción de cacahuate, jamaica, sandia, pepino y con menor porcentaje otros cultivos (Figura 5). Se destaca que el amaranto, como cultivo tradicional de alto valor nutricional, ha perdido importancia dentro del área de estudio; esta información es por cada productor entrevistado

Cuadro 6. Estimación de la superficie y rendimiento de los principales cultivos de productores de Apaxtla de Castrejón.

Cultivos principales	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	Ciclo
Maiz (<i>Zea mays</i>)	1.8	1,200	
Chile (<i>Capsicum annuum</i> L.)	0.8	2,000	
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0.5	900	Primavera-Verano
Calabaza (<i>C. argyrosperma</i> y <i>C. moschata</i>)	0.4	800	

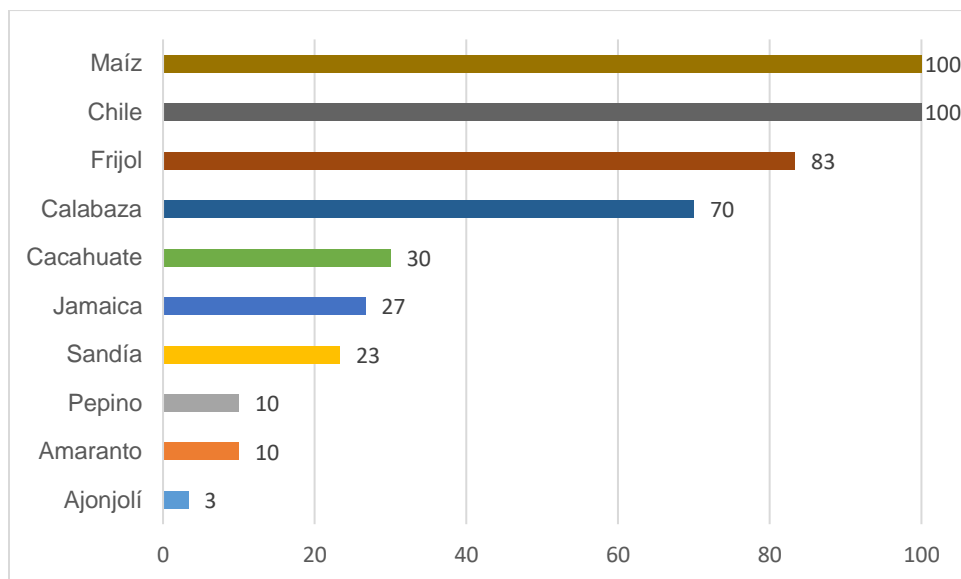


Figura 5. Principales cultivos del sistema productivo familiar (%) en productores de Apaxtla de Castrejón.

En cuanto al cultivo de chile se cultiva en temporal y a cielo abierto, como monocultivo, los productores manifiestan que así disminuyen o evitan la presencia de plagas.

La mayoría de los productores obtiene la semilla de la cosecha anterior, seleccionan chiles grandes y anchos, con la finalidad de seguir conservando las características de interés culinario y comercial, para los tipos anchos; y delgados y lisos para los carrillos. El 2 % de los productores compran semilla a otros productores locales. El 80 % no realiza desinfección de semilla por lo que germinan la semilla en sustrato preparado con tierra de monte, este proceso lo conocen como *pachol* de donde obtienen las plántulas de chile para el cultivo, este proceso se lleva a cabo en el mes de mayo.

El trasplante del cultivo se realiza al iniciar las lluvias, durante la segunda quincena del mes de junio, cuando las plántulas tienen 37 días desde la germinación aproximadamente, con 15 hojas y una altura de 22 cm. En el trasplante, las plantas se colocan a 62 x 62 cm aproximadamente, y se colocan 3 plántulas por mata. Una semana después del trasplante, los productores se aseguran de que todas las plántulas hayan sobrevivido para realizar la fertilización edáfica con sulfato de amonio, urea y 17-17-17,

además de la fertilización foliar con Bayfolan®; este proceso se lleva a cabo a principios de julio y en este mismo mes realizan el control de malezas, en donde el 73 % de ellos lo lleva a cabo de manera manual y el 27 % aplica algún herbicida; así como también, la aplicación de insecticidas para el control de plagas y enfermedades que se presentan al momento de exponer las plantas en las parcelas.

El proceso de producción es una mezcla de tecnología tradicional y convencional, realizado por mano de obra familiar, característica que distingue a pequeños productores rurales de cultivos básicos. En la agricultura convencional hacen el uso de fertilizantes, plaguicidas y foliares industriales con la finalidad de obtener mejores resultados.

El uso de agroquímicos tales como el metil paratión, sulfato de cobre, piretroides, cipermetrina, fertilizantes foliares, entre otros productos, han sido esenciales para labores de desinfección de semilla, control de plagas y enfermedades que impactan en los rendimientos unitarios y calidad de la producción de Chile; uno de los problemas que más se presentan es la marchitez por *Phytophthora* (*Phytophthora capsici*) que atacan en las raíces en la etapa vegetativa y que puede ocasionar pérdidas de un 80 % de la producción. Además de esto se reportan problemas de plagas como la gallina ciega, grillos, hormigas, mosquita blanca, gusano trozador, langosta, pulgón, minador de hoja, y araña roja.

Sin embargo, la aplicación de nuevas tecnologías y métodos relacionadas con la actividad productiva son clave para el control de factores que afectan la producción en las parcelas de productores, los cuales se reflejan en mayores ganancias económicas y menos pérdidas para el productor (Cuevas *et al.*, 2016).

La cosecha y post cosecha es la etapa final del productor, iniciando desde el mes de septiembre hasta finales de octubre; en septiembre realizan tres cortes en verde y en el mes de octubre realizan 4 cortes en rojo mismos que se secan bajo el sol hasta deshidratarlos para después almacenarlos y venderlos.

4.3.3 Caracterización económica

La estrategia productiva de los pequeños productores de chile apaxtleco consiste en el desarrollo e innovación del campo, en el esfuerzo y dedicación que les brindan a sus parcelas. Existen índices de pobreza medio a altos, por la falta de trabajo en la comunidad, lo que ha promovido altos índices de marginación. Dando resultado a que el trabajo esté basado en mano de obra familiar combinado con mano de obra contratada en un bajo porcentaje, para reducir los costos que se obtienen al adquirir mano de obra contratada, asegurando el ingreso económico mediante la venta de sus cosechas.

Por esta razón es importante la diversidad de cultivos básicos para abastecer las demandas de alimentación y producción preponderante de excedentes para la comercialización, con eso, se tiene un mejor aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta la región siempre y cuando se tengan también más oportunidades en la comercialización de los productos hacia otros mercados.

La economía de los productores de Apaxtla se sustenta principalmente en la agricultura. La rentabilidad de la producción de chile, bajo invernadero y a cielo abierto, es todo un reto ya que el cultivo es susceptible a plagas y enfermedades, con eso se incrementa el costo del proceso productivo. El costo promedio de producción unitario es de \$10,250 pesos por ha abarcada, inversión que realiza el productor desde el establecimiento del cultivo hasta la comercialización (Cuadro 7). La mayor inversión se lleva a cabo en la adquisición de insumos para el cultivo; por lo tanto, se requiere de rendimientos unitarios que permitan la obtención de beneficio económico. Lo anterior, hace necesario que la producción de chile endémico tenga productividad, es decir, el mayor rendimiento unitario posible para asegurar la rentabilidad de esta actividad.

La mayor proporción de la producción se destina a la comercialización, y se realiza a precio de mayoreo, principalmente a las empresas empastadoras de mole (50 %) establecidas en Teloloapan y, el resto de la producción (47 %) es para venta, a precio de menudeo, a consumidores locales en las comunidades de la región ya sea

deshidratado o como pastas de mole. Sin embargo, se destaca que en las dos formas de comercialización intervienen los intermediarios (3 %) quienes recorren los centros de venta como son los mercados para la compra, pagando precios bajos. El precio que adquiere el chile verde en promedio es de 33.00 pesos, mientras que deshidratado está en 40.00 pesos. Las ganancias que se obtienen de la venta y gastos que se realizan para llevar a cabo esta actividad agrícola, es por cada temporada del año (Cuadro 8).

Cuadro 7. Costos de producción de pequeños productores de chile apaxtleco.

Unidad	Descripción	Precio/ha
5	Insecticidas	2,500
2	Herbicidas	1,500
2	Funguicida	200
2	Barbecho	2,000
1	Surcado	1,000
2	Aporque	800
2	Deshierbe	400
20	Costales	100
2	Flete	1,000
3	Mano de obra	750
	Total	10,250

El 70 % de los productores dependen de insumos externos como: fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas, para la nutrición del cultivo y el control de plagas y enfermedades; sin embargo, estas prácticas de cultivo tienen impactos negativos sobre el ambiente, pero que son necesarias para un mejor desarrollo y producción.

El análisis beneficio costo (BC) muestra que el cultivo de chile criollo apaxtleco tiene un valor de 1.6 (Cuadro 8), indicando que la actividad es rentable (Terrones, C. & Sánchez, T., 2011), conjuntando las dos formas de aprovechamiento de la producción (verde y deshidratado), aun con la presencia de intermediarios. Sin embargo, es importante la organización para la producción y la gestión local para la innovación participativa, con

dos propósitos centrales: a) la mejora en la productividad y calidad de la producción, mediante la participación de los productores acompañando a investigadores en proyectos de investigación de mejora y conservación de este recursos fitogenético, y b) los productores organizados pueden capturar mayor valor al gestionar su mayor participación en la cadena de valor en la relación entre productores y procesadores/consumidores, y con ello lograr una mayor rentabilidad.

Si se mejoran las expectativas económicas de los productores que se dedican al cultivo de chile criollo apaxtleco, puede contribuir a la sustentabilidad social y ambiental de este recurso fitogenético, es decir, su conservación *in situ*. Un requerimiento es la organización de los productores, y la sustentabilidad económica; es un primer gran desafío identificado para dar continuidad al trabajo de las organizaciones (Muñoz *et al.*, 2020).

Cuadro 8. Rentabilidad de la producción de chile apaxtleco.

Chile	Costo de producción (ha)	Precio Medio Rural (\$/kg)	Ingreso (\$)	Rentabilidad (B/C)
Verde	6,980	33	9,850	
Seco	3,270	40	6,780	
Total	10,250		16,630	1.6

Las pequeñas extensiones de terreno para la implementación del cultivo de chile han llevado a los pequeños productores a manejar la agricultura convencional junto con la agricultura tradicional con el fin de hacer rentable esta actividad y a un buen manejo de los cultivos y de los recursos y de esta forma buscan aumentar la producción y con ello mejorar el desempeño económico de la producción de chiles (Cuevas *et al.*, 2013).

La dependencia de los agricultores del cultivo del chile en Apaxtla, ha tenido pocos beneficios respectivos a la mejora de sus ingresos. Aunque el trabajo y dedicación al cultivo de chiles nativos no ha cumplido las expectativas de los productores en la generación de ingresos económicos, estos siguen cultivándolo. Es por eso que, para la mejora de la productividad y competitividad del sector deberían tener presente los apoyos hacia el campo, ya que se ha señalado que los agricultores con menores ingresos son los menos susceptibles a adoptar nuevas tecnologías de producción (Tate *et al.*, 2012).

4.3.4 Organización social para la producción e innovación participativa

La organización social ha sido y seguirá siendo una de las herramientas fundamentales para que el productor se relacione con lo exterior lo que le llevara a tomar mejores decisiones en cuanto a sus actividades agrícolas. La totalidad de los productores de chile criollo, participantes en este estudio, mencionaron que no han tenido pertenencia ni experiencia en la organización para la producción rural. Al plantear a los productores sobre posibilidades de participación y/o la disposición hacia la organización para la producción, se encontraron dos puntos de vista opuestos.

Por un lado, el 89 % de la población encuestada muestra disposición para organizarse (Figura 6), mencionan que están y siempre han estado listos para este tipo de apoyo, con el objetivo de cambiar lo rutinario por otras actividades que tengan impacto en las parcelas productivas y en los mercados de manera positiva, sin descuidar las principales actividades de interés comercial. Dentro del grupo que si está en disposición hacia la organización para la producción y la gestión local de la innovación participativa.

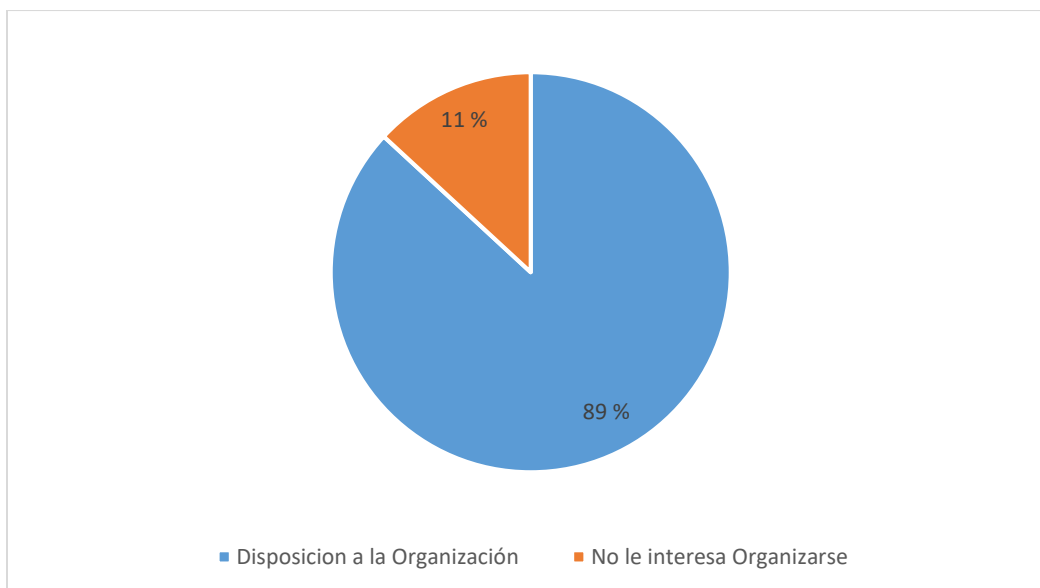


Figura 6. Disposición para la organización de los pequeños productores de Apaxtla.

Dentro del grupo que sí está en disposición hacia la organización para la producción y la gestión local de la innovación participativa, las principales motivaciones para estos ejercicios de asociatividad, se concentran en 89 % (Figura 7) para: a) el intercambio de experiencias y conocimientos en el cultivo, b) la mejora de la producción, y c) mejora de la comercialización y la economía familiar. Este resultado se relaciona con la factibilidad organización para la producción y la gestión local de la innovación participativa, como la ventana de oportunidad para el intercambio de conocimientos entre los productores y los equipos de investigación; en esfuerzos conjuntos para la conservación del chile criollo como recurso fitogenético y, como cultivo para la investigación dirigida a la mejora productiva mediante la innovación aprovechando las características deseables para la productividad y calidad, que mejore la agregación de valor a la producción, con ello, la rentabilidad y la mejora del ingreso familiar de los productores.

Por el otro lado, quienes no están dispuestos a organizarse (11 %) (Figura 6) opinan: a) se pierde tiempo, b) ya no está en edad para participar, c) es difícil la coordinación con otros, y d) que cada quien trabaje lo suyo.

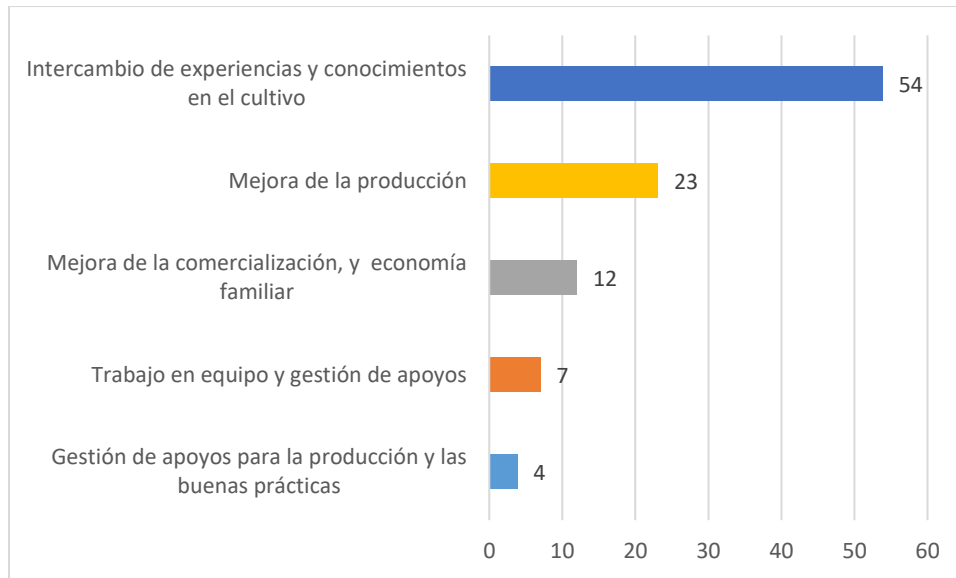


Figura 7. Percepción y motivos sobre la organización para la producción: productores de chiles apaxtlecos.

Entonces, los resultados muestran que hay disponibilidad de un 89 % hacia la organización para la producción o asociatividad de los productores de chiles endémicos de Apaxtla. Zambrano, *et al.*, (2015), señalan, que un sistema institucional y productivo funciona de acuerdo a las condiciones climáticas, a los recursos naturales, las posibilidades económicas para llevar a cabo actividades de campo, es sin duda un sistema capaz de generar mecanismos que permitan la participación activa de los productores siendo de actores sociales que conforman la sociedad rural, independientemente de su edad, género, adscripción cultural y étnica o filiación organizativa.

El agricultor además de decidir sobre cuestiones económicas, tiene que aplicar la innovación tecnológica y a la ampliación de la capacidad de absorción de nuevos conocimientos y tecnologías para mejorar los sistemas productivos (Vieira Filho y Silveira, 2011).

Los procesos participativos buscan la implicación del ciudadano en tres dimensiones: la integración a la acción colectiva, la intensidad de los tipos de procedimientos y de la

participación entre los productores, la influencia de la comunidad en la toma de decisiones, con el propósito de encontrar soluciones racionales y adecuadas, a problemas que pueden tener una comunidad o una organización, cambiando la realidad y afrontando los desafíos; siendo factores relevantes los recursos del territorio y la participación de la población (Herrera, 2016).

Por último, con respecto a la participación organizada para el trabajo conjunto entre productores, investigadores y técnicos, se identificó que las expectativas e intenciones para la participación de los productores de chile criollo apaxtleco se enfocan en un 80% sobre la mejora de la producción y la productividad, el intercambio de conocimientos, asistencia técnica y la capacitación en el proceso productivo (Figura 8). El 20% mencionan que les interesa la gestión de apoyos para la producción y comercialización, así como la difusión de los chiles criollos de Apaxtla.

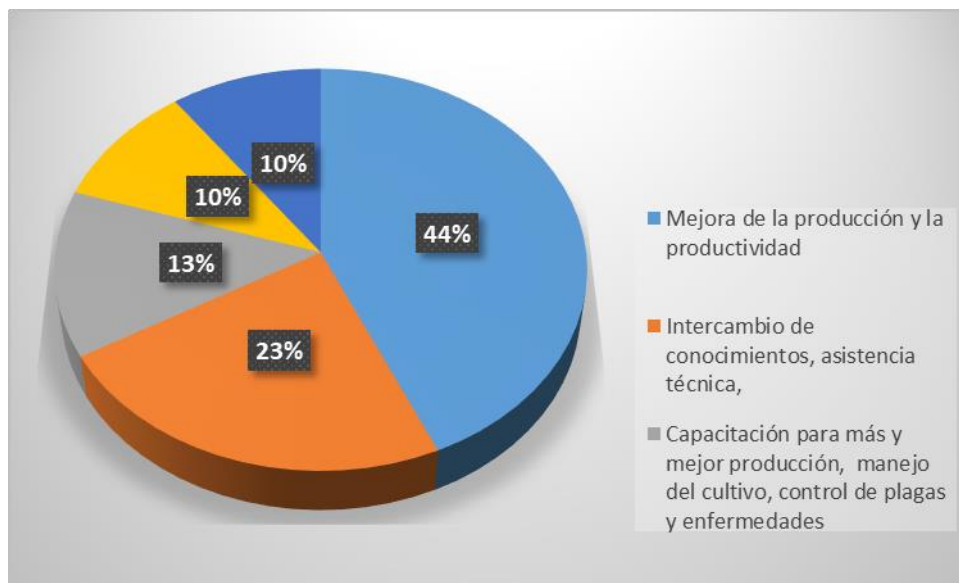


Figura 9. Factibilidad de innovación participativa con productores de chile apaxtleco.

En lo descrito por Cuevas *et al.* (2013) analizan las variables con influencia en la adopción de innovaciones tecnológicas de unidades de producción que cuentan con asistencia técnica (privada o gubernamental) y productores que no cuentan con este tipo de servicio, fundamentalmente en relación a indicadores económicos o productivos de

sistemas de producción. La asistencia técnica es fundamental para la transferencia de tecnología y sobre todo para el intercambio de experiencias o conocimientos que cada productor posee, de ello dependen los productores para la mejora de sus parcelas y para hacer un buen uso de los recursos naturales como del capital social.

La conservación de la diversidad biocultural y de los grupos humanos ha sido una estrategia para mantener la diversificación de los recursos naturales nativos. Muchos de estos grupos tienen una gran sabiduría en relación al manejo y uso de los recursos naturales locales, por lo que las comunidades locales han sido reconocidas como sujetos sociales centrales para la conservación y el desarrollo sustentable (Boege, 2008).

4.4. CONCLUSIONES

Esta investigación señala la posibilidad de una red de productores cooperantes por el interés en la participación con demás miembros de la localidad para el intercambio de conocimientos. Cabe mencionar que uno de los factores que inciden en la baja producción de chiles es el bajo nivel de innovación y de organización, la falta de organización limita las oportunidades que se les puede presentar, así como los accesos a servicios para el ciclo agrícola. Sin embargo, esta actividad no les ha impactado mucho en la mejora de sus ingresos por que hay escasos estudios de este material endémico de importancia económica y la ausencia de conocimientos acerca de su conservación y mejora genética.

Sin embargo, la producción de chile impulsa la actividad agrícola en la localidad. Por lo que para mejorar la rentabilidad de los productores es importante concientizarlos para el acceso a los nuevos métodos de conocimientos técnicos y a su proceso organizativo.

Según los hallazgos de esta investigación, es factible la gestión local de la innovación participativa, mediante la colaboración de los productores con los equipos de investigación, en donde se integre el conocimiento local en el diseño y ejecución de

proyectos para la conservación de los chiles criollos como recurso fitogenético, y para su mejora productiva como opción en la diversificación productiva.

De esa manera, la gestión local de la producción de chile criollo apaxtleco, basada en la innovación participativa, puede contribuir a la conservación de la biodiversidad y la mejora del ingreso familiar de los productores.

4.5 Literatura citada

- Boege, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas.
- Casas, A., Parra, F., Blancas, J., Rangel, L. S., Vallejo, M., Figueredo, C. J. y Moreno, C. A. I. (2016). Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué. *Domest. en el Cont. Am*, 1: 189-224.
- Casas, A., Torres, G. J. y Parra, R. F. (2017). Domesticación en el continente americano. 2: UNAM, UNALM. Morelia, Micho., México.
- Cuevas, R. V., Astengo, L. E., Loaiza, M. A., Antengo, C. H., Reyes, J. J. E., González, G. D. y Moreno, G. T. (2016). Análisis de la percepción de tecnología de productores pecuarios en Sinaloa, México. *Nova Scientia* 8(16): 455-474.
- Cuevas, R. V., Baca, M. J., Cervantes, E. F., Espinosa, G. J. A., Aguilar, Á. J. y Loaiza, M. A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4 (1): 31-46.
- Heiser, C. B. y Pickersgill, B. (1969). Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). *Taxon*, 277-283.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed.) McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, V. S., Porras, F., Pacheco, O. A., López, E. R. G., Villarreal, R. M., Parra, T. S. y Osuna, E. T. (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánica*, (33), 175–191.

- Herrera, F. G. (2016). La Importancia de la Gobernanza Participativa y su Incidencia en el Desarrollo Local. Escuela superior politécnica del litoral (ESPOL). Consultado en <https://core.ac.uk/download/pdf/230818224.pdf> , 06 de septiembre de 2021.
- Hidalgo, N. A. (2011). La gestión de la innovación como proceso. U. de Rica (Ed.), *Conocimiento, Innovación y Desarrollo*. Impresión Gráfica del Este. Costa Rica: 99–122.
- IICA-BID. (2013). Innovaciones de impacto: Lecciones de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. FONTAGRO: 20. URL: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7951>
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Apaxtla, Guerrero. Consultado en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/12/12006.pdf, 14 de julio de 2021.
- López, M. A. J., Martínez, R. A. M., Martínez, A. J. C., García, P. J. A., Pérez, C. S. P. y Cadena, T. J. (2021). Investigación participativa a través de modelos integrados de producción: un estudio de caso en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciencia y Agricultura*, vol. 18, núm. 1, 46-62.
- Muñoz, N., Sagredo, M. y Paredes, M. (2020). Organizaciones Campesinas en Chile: Caracterización, contribuciones y desafíos. Santiago: Centro de Políticas Públicas UC, INDAP.
- Nájera, G. A., Piedra, M. R., Albarrán, P. B. y García, M. A. (2016). Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del estado de México. *Agrociencia* 50: 701-710.
- Narváez, M., Fernández, G. y Senior, A. (2008). El desarrollo local sobre la base de la asociatividad empresarial: una propuesta estratégica. *Opción* 25 (57):74-92.
- Rondon, P. y Collion, M.H. (2001). Organizaciones de Productores: su contribución al fortalecimiento de las capacidades rurales y reducción de la pobreza. Washington. DC: Banco Mundial.
- Schindler, S. P. y Cooper, R. D. (2014). *Business Research Methods*. McGraw-Hill Education: 12.

- SIAP. (2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> consultado en marzo de 2019.
- Tate, G. A., Mbazibain, A. and Shaukat, A. (2012). A comparison of the drivers influencing farmers' adoption of enterprises associated with renewable energy. *Energy Policy* 49:400-409.
- Terrones, C. A., Sánchez, T. Y., Robles, F. V. H. y Vargas, S. J. R. (2020). Rentabilidad económica de la producción de jitomate en valle de tulancingo, hidalgo, méxico: 2018-2019. *Revista Mexicana de Agronegocios* 47, 595-606.
- Terrones, C., A. & Sánchez, T., Y. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlan, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios* 17(29): 752-761.
- Vieira, F. J. E. R. y Ferreira, S. J. M. (2011). Modelo Evolucionario de Aprendizado Agrícola. *Revista Brasileira de Inovação*, 10 (2): 265-300.
- Zambrano, F., Solórzano, E. y Solórzano, C. (2015). Desarrollo rural sostenible: una necesidad para la seguridad agroalimentaria en Venezuela. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 3 (1): 27-33.
- Zavala, A. J., Sánchez, L. Eduardo., Sosa, G. J. F. y Rodríguez, M. R. B. (2020). Socio-demographic characteristics of rural producers of the Mexicali municipality, Baja California: a comparative approach. *Revista de Geografía Agrícola* 64: 183-202.

V. ANEXOS

Cuadro 1A. Cuestionario aplicado a productores de Chile apaxtleco para obtener información sobre el perfil sociodemográfico, caracterización productiva y económica, y disposición para la organización participativa.

FACTIBILIDAD DE GESTIÓN LOCAL DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL PARA LA INNOVACIÓN PARTICIPATIVA EN LA PRODUCCIÓN DE CHILES APAXTLECO

Cuestionario/entrevista No. _____

Fecha: _____

OBJETIVO DE LA ENCUESTA: Conocer la participación de pequeños productores en la realización de la encuesta.

I. PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

1. Nombre del entrevistado(a): _____

2. Coordenadas: _____

3. Ocupación principal: _____

4. Género: Masculino () Femenino () 5. Grupo étnico: Náhuatl () Español () Mestizo ()

6. Escolaridad: Sin estudios () Primaria () Secundaria () Bachillerato () Licenciatura () Posgrado ()

7. Tamaño de la familia (dependientes del producto): _____

8. Principales actividades para el ingreso económico familiar

II. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA, ECONÓMICA, ETNOBOTÁNICA Y AMBIENTAL DEL CULTIVO DE CHILE APAXTLECO

9. Principales cultivos que siembra

	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	Temporada del año
Maíz			

Frijol			
Calabaza			
Chile			
Cacahuate			
Jamaica			
Sandia			
Pepino			
Otro ()			

10. Cuántos años de experiencia tiene cultivando chile apaxtleco: _____

11. ¿Cómo aprendió a cultivar chile apaxtleco?: _____

12. ¿Cuál es la procedencia de la semilla de chile apaxtleco que utiliza?

Herencia () Compra en la misma localidad () Compra en otra localidad () De la cosecha anterior ()

13. ¿Cómo obtiene la semilla para la siembra del siguiente ciclo? Selección de la semilla _____

14. ¿Qué tipo de chile criollo prefiere para el consumo propio? ¿Por qué? _____

15. ¿El chile apaxtleco, lo cultiva en?

Terreno propio () Prestado () Renta ()

16. ¿En que tipo de suelo acostumbra cultivar el chile apaxtleco? _____

17. ¿En qué condiciones cultiva chile apaxtleco?

a) Campo abierto () b) campo abierto con acolchado plástico () c) Invernadero () c) Bioespacio ()

18. ¿Qué sistema de siembra lleva a cabo para el cultivo de chile?

Monocultivo () Policultivo ()

19. Con qué cultivo lo asocia?

Maíz () Frijol () Calabaza () Chile () Cacahuate () Sandia () Pepino () Jamaica () Otro ()

20. Desde la preparación del suelo hasta la post cosecha, ¿qué actividades realiza en el cultivo de chile apaxtleco?

Desinfección de la semilla	SI () NO ()	¿Cuál? _____ Dosis _____ Dónde adquiere el producto: _____
----------------------------	---------------	---

		Costo del producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Producción de plántula	SI () NO ()	Charolas () almácigo o pachol () Fecha de siembra: _____ Sustrato: _____ Fertilización foliar: SI () NO (), ¿Cuál? _____ ¿Cuántas veces? _____ Dosis: _____ Costo del producto y aplicación: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Insecticida: SI () NO (), Plaga: _____ Nombre del insecticida: _____ ¿Cuántas veces lo aplica? _____ Dosis: _____ Costo del producto y aplicación: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Fungicida: SI () NO () Enfermedad: _____ Nombre del fungicida: _____ ¿Cuántas veces lo aplica? _____ Dosis: _____ Costo del producto y aplicación: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Adquisición de plántula	SI () NO ()	Edad de la plántula: _____ Número de hojas: _____ Dónde la adquiere: _____ Precio de la plántula: _____ Precio de la charola: _____ ¿Cuántas plántulas adquiere: _____
Siembra directa	SI () NO ()	Distancia entre plantas _____ Distancia entre surcos _____ Cuántas plantas por mata: _____ ¿Cuándo? _____ Costo: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Barbecho	SI () NO ()	¿Cuándo? _____ Costo: _____ Tracción mecánica o animal: _____
Rastreo	SI () NO ()	¿Cuándo? _____ Costo: _____ Tracción mecánica o animal: _____

Surcado	SI () NO ()	Distancia de surcado: _____ ¿Cuándo? _____ Costo: _____ Tracción mecánica o animal: _____
Trasplante	SI () NO ()	Fecha de trasplante: _____ Edad de la plántula: _____ Número de hojas: _____ Tamaño de la plántula: _____ Aplica algún fungicida, enraizador u otro: _____ ¿Cuál? _____ Dosis: _____ Distancia entre plantas _____ Distancia entre surcos _____ ¿Cuántas plantas por mata? _____ Costo del producto (fungicida, enraizador): _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Fertilización edáfica	SI () NO ()	¿Cuándo? _____ Nombre de los fertilizantes _____ Dosis _____ Costo: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Aporque	SI () NO ()	¿Cuándo? _____ Tracción mecánica o animal: _____ Costo: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Fertilización foliar	SI () NO ()	¿Cuándo? _____ Nombre del foliar: _____ Dosis _____ Costo: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Aplicación de insecticida	SI () NO ()	Plaga: _____ ¿Cuándo? _____ Nombre del insecticida: _____ Dosis _____ Costo: _____

		Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Aplicación de fungicida	SI () NO ()	Enfermedad: _____ ¿Cuándo? _____ Nombre del fungicida: _____ Dosis _____ Costo: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Aplicación de herbicida / deshierbes	SI () NO () Herbicida () Deshierbe ()	Nombre del herbicida: _____ ¿Cuándo? _____ Dosis _____ Costo: _____ Dónde adquiere el producto: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____ ¿Cuántos jornales requiere por hectárea para el deshierbe? _____
Cosecha		Cortes en verde: 1() 2() 3() 4() 5() 6() Cortes en rojo: 1() 2() 3() 4() 5() 6() Fecha de corte en verde: 1() 2() 3() 4() 5() Fecha de corte en rojo: 1() 2() 3() 4() 5() Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____
Deshidratado/secado y almacenamiento		Periodo de secado: _____ Método de secado: _____ Lugar de secado: _____ Costo: _____ Ocupa jornales: _____ ¿Cuántos? _____ Lugar de almacenamiento: _____ Cuidados en el almacenamiento: _____
Otros gastos		Costales: _____ Arpillars: _____

		Hilo: _____ Empaque: _____ Flete: _____ Otros (especificar): _____
--	--	---

21. ¿Qué características o cualidades le gustaría que se mejoran en las variedades de chile apaxtleco que Usted usa?

- a) Incrementar rendimiento () d) Variedades más precoces () g) Frutos medianos () j) Plantas bajas ()
 b) Resistencia al acame () e) Variedades más tardías () h) Resistencia a plagas () Otro (especificar) ()
 c) Resistencia a enfermedades () f) Frutos grandes () i) Plantas altas () _____

22. Duración del ciclo del cultivo: _____ meses

23 Conocimiento de prácticas de cultivo: Tradicional () Externo () Ambas ()

24. Abonos: orgánico () fertilizante () ambos ()

25. Fuente del abono/fertilizante: local () Externa ()

26. Mano de obra: familiar () jornal () ambas ()

27. Financiamiento: Recursos propios () Externo ()

28. Asistencia técnica: SI () NO ()

29. ¿Cuál es el destino de la producción que obtiene de chile apaxtleco?

	Porcentaje	En verde (%)	En rojo (%)	Deshidratado (%)
a) Autoconsumo ()	_____	_____	_____	_____
b) Venta ()	_____	_____	_____	_____

Categoría	Precio de venta (kg)	Porcentaje	Mayoreo/menudeo
Primera			
Segunda			
Tercera			
Cuarta			
Quinta			

31. ¿Dónde lo vende? En la comunidad () Llegan intermediarios a comprarla su casa () En otras comunidades del municipio () Otros municipios cercanos () Mercado () Tianguis () Otro (especificar)._____

32. ¿Para que usa el chile apaxtleco? ¿En que comidas?

III GESTIÓN LOCAL DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL PARA LA PRODUCCIÓN Y LA INNOVACIÓN PARTICIPATIVA

33. Tiene experiencia en años anteriores en Organización para la producción de chile apaxtleco: SI () NO ()

34. ¿La organización está activa? SI () NO ()

35. ¿Estaría de acuerdo y participaría usted en una organización de productores de chiles criollos? SI () NO () NO SÉ ()

¿Porqué? _____

36. ¿Estaría de acuerdo y participaría usted, con productores organizados, para trabajar con ingeniera(o)s, juntos todos, para mejorar la producción de chiles criollos? SI () NO () NO SÉ ()

¿Porqué? _____

37. La producción de chiles criollos se puede mejorar, Si se toma en cuenta el conocimiento y experiencia de los productores ¿Qué opina usted?

38. Tiene algún comentario final?