



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

EL CULTIVO DE FRIJOL AYOCOTE EN EL CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA: DIVERSIDAD, MANEJO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

LUZ IRENE LÓPEZ BÁEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Luz Irene López Báez**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis, **El cultivo de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla: diversidad, manejo y características de las unidades de producción**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 20 de marzo del 2018.

Luz Irene López Báez

Vo. Bo. Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán
Profesor Consejero

La presente tesis, titulada: **El cultivo de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla: diversidad, manejo y características de las unidades de producción**, realizada por la alumna: **Luz Irene López Báez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. OSWALDO REY TABOADA GAYTÁN

ASESOR:



DR. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:



DR. ENRIQUE ORTIZ TORRES

ASESOR:



DR. RUFINO DÍAZ CERVANTES

ASESORA:



M.C. MA. LUISA PATRICIA VARGAS VÁZQUEZ

Puebla, Puebla, México, 20 de marzo de 2018

EL CULTIVO DE FRIJOL AYOCOTE EN EL CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA: DIVERSIDAD, MANEJO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Luz Irene López Báez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

El frijol ayocote es una especie originaria de México que se cultiva en diferentes regiones del país debido a su importancia alimenticia, cultural y socioeconómica. Aun cuando se han realizado trabajos previos en torno a esta especie, ninguno se ha hecho en el altiplano Centro-Oriente de Puebla, principal región productora de la entidad. Los objetivos de la presente investigación fueron definir el nivel de diversidad morfoagronómica de las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en la región mencionada, así como conocer las características socioeconómicas de las unidades de producción que lo cultivan y su manejo agronómico. Para cumplir el primer objetivo se evaluaron 31 poblaciones locales con diferentes coloraciones de grano y cinco testigos, utilizando un diseño experimental tipo látice con dos repeticiones y registrando 37 variables morfoagronómicas. Para el segundo, se aplicó un cuestionario a 52 agricultores distribuidos en ocho localidades, ubicados en dos municipios de la zona de estudio. En el instrumento se consideraron aspectos socioeconómicos, la racionalidad del cultivo, la diversidad empleada y el manejo de la especie. Los resultados demostraron que la diversidad morfoagronómica entre las poblaciones locales de frijol ayocote del altiplano Centro-Oriente del estado Puebla es amplia y que la variación observada se encuentra en todas las estructuras de la planta, pero principalmente en atributos de flor, vaina y semilla. Adicionalmente, se encontró que las unidades de producción presentan ciertas restricciones socioeconómicas; sin embargo, el cultivo prevalece debido a su importancia económica, cultural y alimenticia. En cuanto al manejo agronómico, éste se basa mayormente en el conocimiento tradicional. Un componente tecnológico central lo constituye el empleo de poblaciones nativas, las cuales son ampliamente valoradas y preferidas.

Palabras clave: poblaciones locales, diversidad fenotípica, manejo agronómico, características socioeconómicas.

**THE CROP OF RUNNER BEAN IN THE CENTRAL-EASTERN OF PUEBLA:
DIVERSITY, MANAGEMENT AND CHARACTERISTICS OF THE PRODUCTION
UNITS**

**Luz Irene López Báez, M. Sc.
Colegio de Postgraduados, 2018**

ABSTRACT

The runner bean is a species native to Mexico, it is cultivated in different regions of the country due to its nutritional, cultural and socioeconomic importance. Even though previous work has been done on this species, no research has been done in the Central-Eastern highland plateau of Puebla, the main producing region of the state. The objectives of the present investigation were to define the morpho-agronomic diversity level of the local populations of runner bean grown in the aforementioned region, as well as to know the socio-economic characteristics of the production units that grow it and its agronomic management. To achieve the first objective 31 local populations with different grain colorations and five controls were evaluated, using an experimental lattice design with two replications and recording 37 morpho-agronomic variables. For the second one, a questionnaire was applied to 52 farmers distributed in eight locations, located in two municipalities of the study area. The instrument considered socio-economic aspects, the rationality of the crop, the diversity used and the management of the species. The results showed that the morpho-agronomic diversity is wide among the local populations of runner bean of the Central-Eastern highland plateau of Puebla, and the observed variation is seen present in all the structures of the plant, but mainly in attributes of flower, pod and seed. Additionally, it was found that the production units present certain socioeconomic restrictions; however, cultivation prevails due to its economic, cultural and nutritional importance. Regarding agronomic management, this is based mostly on traditional knowledge. A central technological component is the employment of native populations, which are widely valued and preferred.

Index word: local populations, phenotypic diversity, agronomic management, socio-economic characteristics.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca económica otorgada durante mi estancia en el programa de Postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), programa de Fortalecimiento Académico para Mujeres Indígenas Becarias CONACyT, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por abrirme las puertas para la realización de mis estudios de Maestría.

A mi profesor consejero Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán, por su apoyo incondicional, enseñanzas, orientación y consejos brindados durante esta etapa de mi formación académica y por su valiosa amistad.

Al Dr. Abel Gil Muñoz, por haber aceptado formar parte de mi Consejo Particular, por sus importantes aportaciones y su apoyo en la revisión de este documento.

Dr. Enrique Ortiz torres, por el apoyo brindado y atención prestada para la elaboración y desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Rufino Díaz Cervantes, por haber aceptado formar parte de mi Consejo Particular y por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

M.C. Ma. Luisa Patricia Vargas Vázquez, por haber aceptado formar parte de mi Consejo Particular, por su apoyo y participación durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Pedro Antonio López, por el apoyo brindado en el análisis de los datos y sus importantes aportaciones en el primer capítulo del presente documento.

A los ingenieros José Hernández Cortes, Hugo García Perea y a Don Juan Morales por el apoyo brindado en la toma de datos.

A Don Porfirio López Jiménez y a Don Erasto González Meza, por facilitar el terreno donde fueron establecidos los experimentos.

A los agricultores de frijol ayocote del Centro-Oriente del estado Puebla que brindaron información para poder desarrollar parte importante de la presente investigación. Gracias.

DEDICATORIA

A mis padres: Reyna Báez Quisehuatl y David López Lucas, a ustedes más que a nadie, porque son mi motivo, mi razón, mi inspiración, mi motor y mi ejemplo. De ustedes he aprendido el verdadero significado de la fortaleza y la voluntad.

A mis hermanos: Absalón, Jonatan, Mayra y Erendira, porque supieron darme su apoyo, sus consejos y cariño en los momentos en que más falta me hacían.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del Problema	4
2. Objetivos	6
2.1. Objetivo general.....	6
2.2. Objetivos específicos	6
3. Hipótesis	6
3.1. Hipótesis general.....	6
3.2. Hipótesis particulares.....	6
4. Bibliografía	7
I. DIVERSIDAD MORFOAGRONÓMICA DEL FRIJOL AYOCOTE (<i>Phaseolus</i> <i>coccineus</i> L.) EN EL ALTIPLANO CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA	11
1.2. Summary	12
1.3. Introducción	13
1.4. Materiales y Métodos.....	14
1.4.1. Área de estudio	14
1.4.2. Material genético	14
1.4.3. Establecimiento de experimentos y manejo agronómico:	15
1.4.4. Diseño, parcela experimental y variables evaluadas:	15
1.4.5. Análisis estadístico.....	15
1.5. Resultados	18
1.7. Discusión.....	24
1.6. Conclusión	27
1.7. Bibliografía	27
II. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS Y MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE FRIJOL AYOCOTE EN EL CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA	31
2.1. Resumen.....	31
2.2. Summary	32
2.3. Introducción	33
2.4. Materiales y Métodos.....	34
2.4.1. Área de estudio y tamaño de muestra	34
2.4.2. Instrumento empleado, variables estudiadas y análisis estadístico.....	35
2.5. Resultados	36

2.5.1. Características socioeconómicas de las unidades de producción que cultivan frijol ayocote	36
2.5.2 Racionalidad del cultivo frijol ayocote y diversidad empleada	38
2.5.3. Prácticas agrícolas del proceso de producción del cultivo de frijol ayocote	41
2.6. Discusión.....	45
2.7. Conclusiones	49
2.8. Bibliografía	50
III. DISCUSIÓN GENERAL	53
3.1. Bibliografía	55
IV. CONCLUSIONES GENERALES	56

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I.		Página
Cuadro 1.1	Datos de color de grano y sitios de colecta de las poblaciones locales de frijol ayocote evaluadas.....	16
Cuadro 1.2	Variabales morfológicas y agronómicas registradas en la evaluación de poblaciones locales de frijol ayocote del Centro-Oriente de Puebla.....	17
Cuadro 1.3	Cuadros medios del análisis de varianza combinado en 36 poblaciones de frijol ayocote evaluadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla.....	19
Cuadro 1.4	Promedios para diez variables de los cuatro grupos identificados en el dendrograma de 36 poblaciones de frijol ayocote del Centro-Oriente de Puebla.....	22
CAPÍTULO II.		
Cuadro 2.1	Distribución de la muestra de productores en ocho localidades ubicadas en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.....	36
Cuadro 2.2	Nivel de escolaridad y edad de los productores de frijol ayocote en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.....	36
Cuadro 2.3	Actividades económicas que cubren los gastos de producción del cultivo de ayocote en el Centro-Oriente de Puebla.....	37
Cuadro 2.4	Razones por las que el agricultor del Centro-Oriente de Puebla conserva cada uno de los tipos de ayocote que cultiva.....	40
Cuadro 2.5	Método empleado en la preparación del terreno para la siembra de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla.....	41

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I.		Página
Figura 1.1	Dendrograma obtenido con el método de Ward para 36 poblaciones de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla	21
Figura 1.2	Dispersión de 36 poblaciones locales de frijol ayocote definida por los tres primeros componentes principales (CP) en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.....	23
CAPÍTULO II.		
Figura 2.1	Número de años que los agricultores llevan cultivando frijol ayocote en el Centro-Oriente del estado de Puebla.....	38
Figura 2.2	Variedades empleadas y tiempo promedio de uso de cada variedad de frijol ayocote en el Centro-Oriente del estado de Puebla	42

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es un centro importante de domesticación y diversidad para numerosas especies cultivadas, algunas de gran relevancia mundial y nacional. Entre estas destacan las pertenecientes al género *Phaseolus* L. Éste género pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Phaseolinae (Miranda, 1979). De acuerdo con Delgado (2015), en México se encuentra la mayoría de las 65 especies del género entre las cuales, además de los progenitores silvestres, figuran las cinco especies domesticadas: *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *P. coccineus* L. (frijol ayocote o patol), *P. lunatus* L. (frijol lima, comba o ib), *P. acutifolius* (frijol tépari o escumite) y *P. dumosus* Green (frijol acalete o gordo). De ellas, a nivel internacional, las más relevantes desde un punto de vista económico son *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L. y *P. coccineus* L. (Santalla *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2013; Guerra-García *et al.*, 2017), en tanto que para la alimentación del pueblo mexicano, las más importantes son el frijol común y el frijol ayocote (Vargas *et al.*, 2012).

Freytag y Debouck (2002) señalan que las principales áreas de diversificación del género *Phaseolus* L., son las partes altas del centro (Estado de México a Jalisco) y sur de México. El frijol ayocote, en específico, se puede encontrar entre los 1,000 y 2,800 msnm pero con mayor frecuencia a los 2,200 msnm, en las siguientes regiones: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, eje transversal volcánico y Sierra de San Cristóbal de las Casas, Chiapas (Miranda, 1979). De acuerdo con la información que se tiene hasta la fecha, el frijol ayocote tiene su origen en el área de Mesoamérica, pero Spataro *et al.* (2011) y Rodríguez *et al.* (2013) sugieren que su domesticación tuvo lugar en el área de Guatemala-Honduras y que alternativamente ocurrió otro evento de domesticación en México. Sin embargo, en un estudio reciente (Guerra-García *et al.*, 2017) se encontró que sólo ocurrió un evento de domesticación, el cual aconteció en México, alrededor del Cinturón Volcánico Transmexicano.

La especie *P. coccineus* es la más compleja y taxonómicamente difícil del género, pues su variación está en función de la selección y manejo por parte del hombre, así como de una continua infiltración genética entre formas cultivadas y sus contrapartes silvestres, facilitada por su sistema reproductivo (Delgado, 1988). Retomando lo anterior, así como la existencia de poblaciones silvestres, cultivadas y ferales (escapadas), Delgado (1988) propone la siguiente clasificación de subespecies:

P. coccineus ssp. coccineus: Comprende sólo formas cultivadas, con un amplio rango de distribución, principalmente en zonas templadas. Presentan germinación hipogea, raíces tuberosas, flores blancas y rojas con estigma extrorso o apical.

P. coccineus ssp. darwinianus: Se presenta principalmente en formas cultivadas, aunque se puede encontrar en formas escapadas, en altitudes de 1,200 a 2,700 msnm. Presenta germinación epigea y el color de la flor va de blanco o amarillo a lila o púrpura; se caracteriza por presentar raíces largas no tuberosas y estigma de apical a introrso.

P. coccineus ssp. formosus: Marcadamente polimórfico, se extiende en una amplia zona geográfica que va desde Chihuahua hasta Panamá y desde los 1,000 hasta los 3,000 msnm de altitud.

P. coccineus ssp. griseus: De esta especie se conocen poblaciones esporádicas a lo largo de la Sierra Madre Occidental, el oeste del eje transversal volcánico y la sierra madre del sur, en hábitats de bosque de pino-encino, bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo entre los 610 a los 2250 msnm.

P. coccineus ssp. glabellus: Se restringe a zonas de bosque mesófilo de montaña desde el suroeste de Tamaulipas hasta Chiapas en altitudes que van de los 750 a los 1600 msnm, se caracteriza por ser glabra. Es un taxón bien definido. Con base en estudios que involucran polinización y arquitectura floral se considera como una especie aparte, que solo coincide con el complejo *P. coccineus* en el color escarlata de la flor.

Según Miranda (1990) la descripción botánica de *P. coccineus* L. es la siguiente: planta perenne con raíz tuberosa aunque algunas veces bajo cultivo desarrollan raíz fibrosa; ciclo biológico anual; predominantemente alógama, cotiledones principalmente hipógeos, tallos herbáceos con crecimiento indeterminado o determinado; segundo par de hojas pecioladas, simples, enteras, ovaladas o lanceoladas, de 3.5 a 8.0 cm de longitud y de 3.5 cm a 8.0 cm de ancho. Los peciolo pueden ser glabros o pubescentes, de 5 a 12 cm de longitud; hojas enteras de forma deltoide o lanceolada, glabra o pubescente, de 6 a 12 cm de longitud y de 5 a 9 cm de anchura; inflorescencia en forma de racimo más largo que las hojas, de 10 a 60 cm de longitud con dos o más de 35 entrenudos. En cada nudo nacen dos yemas florales; cáliz gamosépalo, glabro o pubescente, de 0.5 a 0.8 cm de longitud; flores de color rojo, blanco y morado, tonalidades intermedias entre el rojo y el blanco; vainas rugosas, glabras o pubescentes cuando verdes y que al madurar son color café, amarillas, pintas o estriadas, de 4 a 15 cm de longitud, de 0.5 a 2.5 cm

de anchura y de 0.4 a 2.0 cm de espesor. Las semillas son blancas, rojas, amarillas, cafés, negras, moradas, grises, pintas o estriadas. Las formas de la semilla más comunes son reniforme, cilíndrica, ovada y esférica, sus dimensiones varían de 0.4 a 2.0 cm de longitud, 0.3 a 1.5 cm de anchura y 0.2 a 1.3 cm de espesor.

Vargas-Vásquez *et al.* (2011) explican que en México, el frijol ayocote se cultiva como una planta anual o bianual; agregan que en los municipios de Libres y Serdán, Puebla, se siembra como monocultivo, en tanto que en regiones de los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala, se siembran entre 10 y 20 surcos por parcela. Agregan que tal diferencia puede atribuirse a variaciones en la demanda de grano, formas de preparación y épocas de consumo. Finalmente, Vargas-Vásquez *et al.* (2007) precisan que actualmente la especie se cultiva y se consume en varios estados de México como el estado de México, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Oaxaca, Guanajuato, San Luis Potosí y Chiapas. Con respecto a la diversidad de sistemas agrícolas y regiones agrícolas en México, Labrador y Altieri (1994) precisan que cada región tiene un conjunto particular y único de sistemas agrícolas, los cuales son el resultado del clima local, de la topografía del suelo, de las relaciones económicas y culturales y, finalmente, de su historia. Aun cuando en diversas regiones de la República Mexicana se han adoptado sistemas comerciales de producción de frijol, más asociados a esquemas de agricultura convencional, los cuales según Altieri (2009) priorizan un modelo tecnológico basado en el uso de la mecanización, uso de insumos sintéticos como fertilizantes y plaguicidas y el monocultivo, la mayor parte de los agricultores del país tiende a seguir sistemas tradicionales de producción basados en el autoconsumo, en los cuales cultivan pequeños terrenos y donde no pueden hacer grandes inversiones (Engleman, 1991; Flores-Sánchez *et al.*, 2012).

De acuerdo con Hernández (1988), los sistemas agrícolas tradicionales de México se han caracterizado por presentar rasgos tecnológicos particulares, tales como el uso de animales de trabajo y herramientas manuales, uso de semillas nativas y minifundios en la tenencia de la tierra. Complementando lo anterior, Engleman (1991) comenta que en los sistemas presentes en áreas de temporal, prevalece la tecnología agrícola tradicional, la cual ha sido construida desde la antigüedad y se ha venido enriqueciendo hasta el presente a través de la adición de diversos elementos. Por último, Cruz *et al.* (2015) afirman que en la actualidad existe un dominio de las unidades de producción de subsistencia, cuyos conocimientos productivos se basan en saberes agrícolas tradicionales. Estos elementos y conocimientos deben ser reconocidos como una

herramienta para lograr la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, pues son una reserva de saberes que han sido fundamentales para conservar la diversidad genética agrícola, ya que permite a los agricultores adaptar sus cultivos a las condiciones cambiantes a través de la selección (CDB, 2008).

Basurto *et al.* (1996) concluyen que la persistencia de *P. coccineus* L. en México como cultivo puede atribuirse a su aprovechamiento casi integral por parte del hombre, ya que no sólo se consume el grano, sino también sus vainas, inflorescencias, el follaje tierno y su raíz. Cabe mencionar que en España, esta especie es considerada de gran valor comercial, debido a su calidad culinaria que la hace igual o más competitiva que el frijol común (Acampora *et al.*, 2007) y que en otras partes del mundo, el frijol ayocote es cultivado con fines ornamentales, debido al color llamativo de sus flores (Santalla *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2013).

1. Planteamiento del Problema

De acuerdo con información del FIRA (2016), en México la superficie cosechada con frijol ha tenido una tendencia a la baja desde el año 2013, debido tanto a una disminución en la superficie sembrada como en la cosechada. En la misma fuente se menciona que el consumo per cápita muestra una tendencia a la baja durante los últimos treinta años, al pasar de 16 kg en los ochentas a 8.4 kg en la actualidad. Ello se atribuye a factores tales como la migración, el urbanismo y cambios en el poder adquisitivo y la mayor incorporación de la mujer al ámbito laboral. La situación antes descrita puede constituir una amenaza para la diversidad de las poblaciones locales y silvestres de frijol ayocote, por el riesgo de abandono del cultivo o de las variedades en él empleadas. Bajo esta premisa, la diversidad genética del cultivo puede estar en riesgo, por lo que es necesario estudiarla y conocerla para poder hacer un mejor aprovechamiento de la misma, puesto que la diversidad genética es la base de la sobrevivencia y adaptación, así como de la producción agrícola (Ulukan, 2011). De igual manera, es necesario desarrollar investigaciones orientadas al estudio de las unidades de producción que cultivan este tipo de frijol, para precisar no sólo sus características y el manejo agronómico que dan a la especie, sino también el nivel de variación fenotípica por ellas manejado.

En México, la diversidad del frijol ayocote se ha estudiado con base en datos climáticos, caracteres fenológicos y tamaño del grano (Vargas-Vázquez *et al.*, 2011; Vargas *et al.*, 2014), así como con atributos morfológicos (Castillo *et al.*, 2006). Las regiones donde se han conducido tales

trabajos han incluido el oriente del estado de México (Castillo *et al.*, 2006), el Carso Huasteco (Vargas-Vázquez *et al.*, 2011) y el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental (Vargas *et al.*, 2014). Entre los resultados más relevantes se encuentran los de Castillo *et al.* (2006), quienes evidenciaron que entre las poblaciones nativas que integran esta especie existe un considerable nivel de variación fenotípica. En cuanto a los estudios que precisan algunos aspectos socioeconómicos y explican las formas de manejo agronómico del cultivo de frijol ayocote, se encuentra el de Monroy y Quezada-Martínez (2010) y el de Basurto *et al.* (1996), quienes encontraron diversas formas de aprovechamiento y prácticas agronómicas culturales ajustadas a las condiciones del ambiente y la cosmovisión de los agricultores.

Con base en los elementos previamente expuestos se puede afirmar que aunque en México se han desarrollado estudios de diversidad en ayocote en varias regiones del país, no se ha conducido alguno que permita precisar, por una parte, el nivel de diversidad morfoagronómica existente entre poblaciones nativas de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla, principal región productora de ayocote en el estado de Puebla (SIAP, 2017), y por otra, precisar aspectos tales como las características socioeconómicas de las unidades de producción y el manejo agronómico del cultivo. En concordancia con lo anterior, en la presente investigación se buscó responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el nivel de diversidad morfoagronómica presente en las poblaciones nativas de frijol ayocote cultivadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla?
2. ¿Cuáles son las principales características morfoagronómicas que explican la diversidad encontrada?
3. ¿Qué características socioeconómicas tienen las unidades de producción que mantienen y cultivan el frijol ayocote?
4. ¿Cuál es el manejo agronómico que los agricultores del Centro-Oriente de Puebla dan al cultivo de frijol ayocote?

Se considera que la información producto del presente estudio puede ser de utilidad para definir estrategias de rescate, conservación y aprovechamiento del frijol ayocote a nivel local y regional.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Precisar el nivel de diversidad morfoagronómica existente entre las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla, así como conocer las características socioeconómicas de las unidades de producción y el manejo agronómico que los agricultores le dan al cultivo.

2.2. Objetivos específicos

1. Precisar el nivel de variación morfoagronómica de las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla.
2. Identificar las principales características que expliquen la diversidad morfoagronómica encontrada.
3. Identificar las características socioeconómicas de las unidades de producción en las cuales se conserva y cultiva el frijol ayocote.
4. Precisar y describir las principales prácticas de manejo agronómico del frijol ayocote en la zona de estudio.

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis general

Las poblaciones locales de frijol ayocote del altiplano Centro-Oriente del estado de Puebla presentarán un alto nivel de diversidad morfoagronómica y su cultivo se desarrolla en unidades de producción con restricciones socioeconómicas, siguiendo un manejo agronómico derivado principalmente del conocimiento tradicional.

3.2. Hipótesis particulares

1. Existe una amplia diversidad morfoagronómica entre las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en el Centro-Oriente de Puebla.
2. Las características que explicarán en mayor medida la variación morfoagronómica detectada entre las poblaciones de frijol ayocote serán aquellas asociadas a atributos de vaina y semilla.
3. El frijol ayocote es cultivado en unidades de producción que presentan algunas restricciones de tipo socioeconómico, las cuales continúan produciéndolo debido a la importancia económica, cultural y alimenticia que representa.

4. El manejo agronómico que los agricultores del Centro-Oriente del estado de Puebla dan al cultivo de frijol ayocote tiene como base el conocimiento tradicional que ellos mismos han generado.

4. Bibliografía

- Acampora A., M. Ciaffi, C. De Pace, A. R. Paolacci, O. A. Tanzarella. 2007.** Pattern of variation for seed size traits and molecular markers in Italian germplasm of *Phaseolus coccineus* L. *Euphytica*, 157: 69-82, <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-007-9397-3>
- Altieri M. 2009.** La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. Universidad de California, Berkeley, USA. <http://www.ayuntamientomotril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/IOAgriculturaModerna.pdf> (marzo, 2018)
- Basurto F., D. Martínez D., A. Castellanos y M. Martínez. 1996.** Ciclo agrícola y fenología de *Phaseolus coccineus* L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México. *Etnoecología* 3: 71-81
- Castillo M. M., P. Ramírez V., F. Castillo G. y S. Miranda C. 2006.** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:112-119, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029203>
- CDB, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008.** La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo, <https://www.cbd.int/doc/bioday/2008/ibd-2008-booklet-es.pdf> (marzo, 2018)
- Cruz L.A., J. Cervantes H., M.Á. Damián H., B. Ramírez V., y P.G. Chávez S. 2015.** Etnoagronomía, tecnología agrícola tradicional y desarrollo rural. *Revista de Geografía Agrícola* 55:75-89, <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/r.ga.2015.55.006.pdf>
- Delgado S. A. y S. Gama L. 2015.** Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Revista Digital Universitaria* 16:2-11, <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/>
- Delgado S. A. 1988.** Variation, taxonomy, domestication and germplasm potentialities of *Phaseolus coccineus* L. In: P. Gepts (ed.). *Genetic Resources, Domestication and*

- Evolution of Phaseolus beans. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland, pp. 441-466.
- Engleman E.M. 1991.** Contribución al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 140 p.
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2016.** Panorama Agroalimentario Frijol 2016, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf (marzo 2018)
- Flores-Sánchez D., H. Navarro-Garza, A. Carballo-Carballo Y M. Pérez-Olvera. 2012.** Sistemas de cultivo y biodiversidad periurbana: Estudio de caso en la Cuenca del Río Texcoco. Agricultura, sociedad y desarrollo 9:209-223, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722012000200007&lng=es&tlng=es
- Freytag G. F. y D. G. Debouck. 2002.** Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. In: SIDA (eds.) Botanical Miscellany 23. Botanical Research Institute of Texas (BRIT), Forth Worth, TX, USA. 298 p.
- Guerra-García A., M. Suárez-Atilano, A. Mastretta-Yanes, A. Delgado-Salinas and D. Piñeiro. 2017.** Domestication genomics of the open-pollinated scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). Frontiers in Plant Science 8:1891, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01891>
- Hernández X. E. 1988.** La agricultura tradicional en México. Comercio Exterior 38:673-678, <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/189/2/RCE2.pdf>
- Labrador M. J. y Altieri M. A. 1994.** Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras Agrarias. Madrid, Hojas Divulgadoras, n° 6. 51p. https://www.researchgate.net/profile/Juana_Labrador/publication/267775382_MANEJO_Y_DISENO_DE_SISTEMAS_AGRICOLAS_SUSTENTABLES/links/56ea95f608ae25ede8327e6e/MANEJO-Y-DISENO-DE-SISTEMAS-AGRICOLAS-SUSTENTABLES.pdf (Marzo 2018).

- Miranda C. S. 1979.** Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. In: E. Mark Engleman (ed.) Contribuciones al Conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp: 83–99.
- Miranda C. S. 1990.** Identificación de las especies cultivadas del género *Phaseolus*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 20 p.
- Monroy R. y A. Quezada-Martínez. 2010.** Estudio etnobotánico del frijol yepatxltle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Avances en Investigación Agropecuaria 14:23-34, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83716113002>
- Rodríguez M., D. Rau, S. A. Angioi, E. Bellucci, E. Bitocchi, L. Nanni,... y G. Attene. 2013.** European *Phaseolus coccineus* L. Landraces: population structure and adaptation, as revealed by cpSSRs and phenotypic analyses. PloS one 8:1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057337>
- Santalla M., A. B. Monteagudo, A. M. González and A. M. De Ron. 2004.** Agronomical and quality traits of runner bean germplasm and implications for breeding. Euphytica 135: 205-215, <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000014912.07993.e7>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2017.** http://nube.siap.gob.mx/cierre_agrícola/ (octubre 2017)
- Spataro G., B. Tiranti, P. Arcaleni, E. Bellucci, G. Attene, R. Papa and V. Negri. 2011.** Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. Theoretical and Applied Genetics 122: 1281-1291, <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1530-y>
- Ulukan H. 2011.** The use of plant genetic resources and biodiversity in classical plant breeding. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science 61:97-104, <https://doi.org/10.1080/09064710903573390>
- Vargas V.P., J. S. Muruaga M., J.M. Hernández C. y J. Díaz D. 2007.** Diagnóstico de la forma cultivada del frijol ayocote *Phaseolus coccineus* L. e información geográfica de los sitios de colecta. Campo Experimental Valle de México, INIFAP, Chapingo, Estado de México. 18p.
- Vargas-Vázquez P., J. S. Muruaga-Martínez, S. E. Martínez-Villarreal, R. Ruiz-Salazar, S. Hernández-Delgado, N. Mayek-Pérez 2011.** Diversidad morfológica del frijol ayocote

del Carso Huasteco de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:767-775,
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029203>

Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., R. Lepiz I. y A. Perez G. 2012. La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) Distribución geográfica de sitios de colecta. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3:1247-1259,
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600014&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-0934

Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., N. Mayek P., A. Pérez G. y E. Ramírez S. 2014. Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5:191-200,
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263129784002>

I. DIVERSIDAD MORFOAGRONÓMICA DEL FRIJOL AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.) EN EL ALTIPLANO CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA¹

MORPHO-AGRONOMIC DIVERSITY OF THE RUNNER BEAN (*Phaseolus coccineus* L.) IN THE CENTRAL-EASTERN HIGHLAND PLATEAU OF PUEBLA

1.1. Resumen

Los estudios de diversidad genética permiten conocer su magnitud e identificar las acciones necesarias para su conservación y aprovechamiento. En el caso de *Phaseolus coccineus* L., aun cuando se han llevado a cabo estudios de diversidad, en ninguno de ellos se ha evaluado a las poblaciones en su área de colecta, ni se ha incluido una muestra amplia de las poblaciones locales del altiplano Centro-Oriente de Puebla, principal región productora de la entidad. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue definir el nivel de variación morfoagronómica de las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en la región mencionada y precisar las principales características morfoagronómicas que expliquen la diversidad encontrada. Para ello, se evaluaron 31 poblaciones locales de grano amarillo, blanco, negro, morado y pinto, y cinco testigos. La evaluación se hizo en dos localidades de la zona de colecta, utilizando un diseño experimental tipo látice con dos repeticiones. Se registraron 37 variables morfoagronómicas, asociadas a características de germinación, emergencia, plántula, hoja, flor, planta, vaina, semilla y rendimiento de grano. El análisis de varianza combinado reveló que la diversidad morfoagronómica es amplia, evidenciando que la variación se encuentra distribuida en todas las estructuras de la planta pero principalmente en variables de flor, vaina y semilla. Los análisis de conglomerados y componentes principales permitieron identificar cuatro grupos de poblaciones, diferenciados básicamente por precocidad, color de semilla y flor y, de manera complementaria, por características de plántula, planta, hoja, flor, vaina y semilla. Se concluye que la diversidad morfoagronómica presente en las poblaciones locales de frijol ayocote es amplia y que las variables días a floración media, color de la flor y color de semilla, fueron las más importantes para explicar la diversidad existente.

Palabras clave: caracterización *in situ*, diversidad fenotípica, poblaciones locales, recursos fitogenéticos.

¹ Artículo enviado a la Revista Fitotecnia Mexicana

1.2. Summary

The studies of genetic diversity enable its quantification and the identification of actions needed for its conservation and use. In *Phaseolus coccineus* L, even though several diversity studies have been conducted, in none of them the accessions have been evaluated in the area where they were collected, nor have included a large sample of local populations from the central-eastern highland plateau of Puebla, the main production area in the state. Therefore, the objective of this work was to define the level of morpho-agronomic variation present in the local populations of runner bean cultivated in the aforementioned region, and to identify the main morpho-agronomic traits explaining the diversity found. A total of 31 local populations of yellow, black, white, purple and pinto grain color were evaluated, as well as five controls. The evaluation was conducted at two sites within the area of collection, using a lattice experimental design with two replications. Data were recorded on 37 morpho-agronomic traits, dealing with attributes of germination, emergence, seedling, leaf, flower, plant, pod, seed and grain yield. The combined analysis of variance revealed that the morpho-agronomic diversity is large, showing that the variation is distributed among all the structures of the plant, but mostly in variables measured on flower, pod and seed. The cluster and principal components analyses allowed the identification of four groups of populations, differentiated basically by earliness, seed and flower color, and, complementary, by traits of seedling, plant, leaf, flower, pod and seed. It is concluded that the morpho-agronomic diversity present in the local populations of runner bean is large, and that days to 50 % of flowering, flower color and seed color, are the most important traits to explain the existing diversity.

Index words: *in situ* characterization, phenotypic diversity, local populations, plant genetic resources.

1.3. Introducción

Usualmente se concibe a la diversidad genética como la cantidad de variación de tal naturaleza presente entre individuos de una variedad o población de una especie. Es el resultado de las diferencias genéticas entre individuos y puede manifestarse en variaciones en secuencias de ADN, en características bioquímicas, en propiedades fisiológicas o en caracteres morfológicos (Rao y Hodgkin, 2002). Como tal, la diversidad genética es la base de la sobrevivencia y adaptación, así como de la producción agrícola, y es un requisito para que los fitomejoradores puedan desarrollar nuevas variedades (Ulukan, 2011). Para medir y estudiar la variabilidad genética se puede recurrir al empleo de descriptores discriminantes del comportamiento y estructura de una población (Hernández-Villarreal, 2013).

Entre los trabajos orientados a estudiar la diversidad genética del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) en otros países, a través de atributos morfológicos y agronómicos, figura el de Palmero *et al.* (2011), quienes caracterizaron 17 poblaciones en España mediante 32 variables y a partir de ello concluyeron que existe una variación significativa en características de semilla y flor. Por su parte, Santalla *et al.* (2004), al estudiar 31 accesiones españolas, detectaron variación en caracteres cualitativos, tales como color de la flor e hipocótilo, y en rasgos agronómicos (caracteres de semilla). Incluso, a nivel de una sola población se ha reportado la presencia de cierto nivel de variación fenotípica (Zeven *et al.*, 1993).

En el caso de México, la diversidad del frijol ayocote se ha estudiado con base en datos climáticos, caracteres fenológicos y tamaño del grano (Vargas-Vázquez *et al.*, 2011; Vargas *et al.*, 2014) y morfológicos (Castillo *et al.*, 2006). Entre los principales resultados pueden señalarse los de Vargas *et al.* (2014), quienes trabajando con materiales del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental, identificaron que el clima de los sitios de domesticación del frijol ayocote del centro de México actúa como una fuente importante de generación de diversidad fenológica y tamaño de semilla y que estas variedades podían agruparse en cuatro grandes grupos con base en su origen geográfico, diferenciados también por precocidad y tamaño de semilla. La importancia de la duración del ciclo biológico y atributos de semilla y vaina también había sido reportada por Vargas-Vázquez *et al.* (2011) para poblaciones del Carso Huasteco. Castillo *et al.* (2006), estudiando los ayocotes del oriente del estado de México, encontraron que la variación morfológica fue mayor en el tamaño que en el color de la semilla y con base en días a floración,

número de semillas por vaina y tamaño de semilla definieron la existencia de dos grupos bien diferenciados.

De acuerdo con información del SIAP (2017), durante los años 2013-2016, el estado de Puebla se posicionó como único productor a nivel nacional de frijol ayocote, con 2256 t producidas en 2590 ha (250 ha de riego y el resto de temporal). En la entidad, los dos Distritos de Desarrollo Rural (DDR) donde se concentra el cultivo de ayocote son el DDR 04 de Libres y el DDR 07 de Tecamachalco, con el 6.6 y 93.3 % de la superficie sembrada, y el 5.7 y 94.2 % de la producción estatal, respectivamente (SIAP, 2017).

Lo anterior evidencia que en el caso de México, aun cuando se han llevado a cabo estudios sobre la diversidad morfoagronómica de frijol ayocote, ninguno se ha conducido en los lugares de origen de las colectas y ninguno ha estado orientado a precisar el nivel de variación fenotípica presente en las poblaciones locales cultivadas en la principal región productora del estado de Puebla. Con base en ello se planteó la presente investigación, cuyos objetivos fueron: definir el nivel de variación morfoagronómica de las poblaciones locales de frijol ayocote cultivadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla y precisar las principales características morfoagronómicas que expliquen la diversidad encontrada. El conocimiento generado complementará el existente en torno a la variabilidad fenotípica del frijol ayocote y será de utilidad para definir estrategias de rescate, conservación y aprovechamiento a nivel local y regional.

1.4. Materiales y Métodos

1.4.1. Área de estudio: La investigación se desarrolló en dos municipios ubicados en el Centro-Oriente del estado de Puebla: Chalchicomula de Sesma (DDR 04) y General Felipe Ángeles (DDR 07). El primero se localiza entre los 18° 52' y 19° 05' LN y los 97° 16' y 97° 34' LO, su altitud varía entre 2380 y 5600 msnm, predominan los suelos de tipo litosol y regosol y prevalece el clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. El segundo municipio se ubica entre los 18° 58' y 19° 05' LN y los 97° 36' y 97° 44' LO, su altitud varía entre 2160 y 2800 msnm, predominan los suelos calcisol, leptosol y regosol; el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).

1.4.2. Material genético: Se evaluaron 31 poblaciones locales de frijol ayocote con diferente coloración de grano, las cuales constituyen un grupo de materiales preseleccionados por comportamiento agronómico a partir de la evaluación de un grupo de 92 poblaciones colectadas en diferentes localidades de los municipios anteriormente mencionados. Las evaluaciones previas

se llevaron a cabo durante 2014 y 2015 en tres ambientes diferentes (Ciudad Serdán, Mpio. de Chalchicomula de Sesma; San Antonio Portezuelo, Mpio. de Gral. Felipe Ángeles; Calpan, Mpio. de San Andrés Calpan), tomando como criterios de selección el rendimiento de grano, color de grano y precocidad, pero procurando mantener la variación encontrada en estas características (Taboada, 2015)². Adicionalmente se incluyeron cinco variedades testigo (Cuadro 1.1).

1.4.3. Establecimiento de experimentos y manejo agronómico: Los experimentos se sembraron en Ciudad Serdán, municipio de Chalchicomula de Sesma (18° 59' 18" LN y 97° 26' 48" LO y 2520 msnm) y San Antonio Portezuelo, municipio de General Felipe Ángeles (18° 59' 49" LN y 97° 42' 58" LO y 2170 msnm) (INEGI, 2009), los días 18 de mayo y 16 de junio de 2016, respectivamente. Los experimentos se condujeron bajo condiciones de temporal, dando el manejo agronómico acostumbrado por los agricultores de las regiones de estudio y utilizando la fórmula de fertilización 60-60-00 aplicada en la primera labor. La cosecha de los experimentos se realizó los días 7 y 15 de diciembre, respectivamente.

1.4.4. Diseño, parcela experimental y variables evaluadas: Se utilizó un diseño experimental látice simple 6 × 6 por localidad. La parcela experimental estuvo compuesta por cuatro surcos de 5 m de largo y 80 cm de ancho, de los cuales se tomaron como parcela útil los dos centrales. Se sembraron tres semillas por mata con una separación entre matas de 40 cm. Después de la emergencia se aclaró a dos plantas por mata. Se midieron 37 variables, entre morfológicas y agronómicas (Cuadro 1.2). En la mayoría de los casos se tomó como referencia el manual de descriptores para *Phaseolus coccineus* L., en el cual se detallan las escalas de medición utilizadas (IBPGR *et al.*, 1983).

1.4.5. Análisis estadístico: Con la información obtenida se realizó un análisis de varianza combinado para identificar aquellas variables con significancia estadística ($p \leq 0.05$) entre poblaciones y no significativas para la interacción población × localidad. Posteriormente se condujo un análisis de correlación para detectar aquellas variables con valores altos de correlación ($r > 0.7$), eligiéndose de cada par la que se consideró más informativa. De esta manera, se seleccionaron diez variables, las cuales se sometieron a análisis multivariado. Para cada variable se calcularon los promedios por población a través de ambientes, con los que se realizó un análisis

² Taboada G.O.R., (2015) Profesor Investigador Asociado. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Comunicación personal.

de componentes principales y se calculó la matriz de distancias euclidianas para hacer un análisis de conglomerados, aplicando el método de agrupamiento de mínima varianza dentro de grupos de Ward. Posteriormente se condujo un análisis multivariado de varianza para precisar si existían diferencias estadísticas entre los grupos formados y después se realizó una prueba de medias teniendo como fuente de variación a los grupos definidos. Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2013).

Cuadro 1.1 Datos de color de grano y sitios de colecta de las poblaciones locales de frijol ayocote evaluadas.

Código	Color-Grano	Municipio	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)
P3NC	Negro	CHS	El Veladero	18°57'41"	97°29'19"	2493
P5BC	Blanco	CHS	El Veladero	18°57'45"	97°29'12"	2490
P7MC	Morado	CHS	El Veladero	18°58'02"	97°28'57"	2502
P12PC	Pinto	CHS	El Veladero	18°57'42"	97°29'15"	2499
P15PC	Pinto	CHS	El Veladero	18°57'58"	97°29'02"	2496
P22NC	Negro	CHS	Las Palmas	18°55'45"	97°30'36"	2430
P23MC	Morado	CHS	San Antonio Tecajetes	18°57'24"	97°29'12"	2498
P24BC	Blanco	CHS	San Antonio Tecajetes	18°57'24"	97°29'12"	2498
P30BC	Blanco	CHS	San Antonio Tecajetes	18°57'25"	97°29'14"	2400
P32BC	Blanco	CHS	San Antonio Tecajetes	18°57'30"	97°29'17"	2501
P35MC	Morado	CHS	San Antonio Tecajetes	18°57'26"	97°29'14"	2500
P39NC	Negro	CHS	San Pedro Temamatla	18°55'29"	97°30'44"	2427
P42PC	Pinto	CHS	San Pedro Temamatla	18°55'29"	97°30'44"	2427
P46BC	Blanco	CHS	Santa María Techachalco	18°57'11"	97°28'06"	2553
P47AF	Amarillo	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'45"	97°43'14"	2169
P50NF	Negro	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'46"	97°43'03"	2170
P54NF	Negro	GFA	San Antonio Portezuelo	19°00'06"	97°42'45"	2186
P56AF	Amarillo	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'58"	97°42'48"	2179
P59NF	Negro	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'45"	97°43'13"	2182
P60NF	Negro	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'49"	97°42'46"	2168
P61AF	Amarillo	GFA	San Antonio Portezuelo	18°59'49"	97°47'46"	2168
P65AF	Amarillo	GFA	San Pablo de las Tunas	18°59'31"	97°42'09"	2185
P67BF	Blanco	GFA	San Pablo de las Tunas	18°59'33"	97°42'08"	2179
P68BF	Blanco	GFA	San Pablo de las Tunas	18°59'27"	97°42'16"	2172
P71BF	Blanco	GFA	San Pablo de las Tunas	18°59'28"	97°42'16"	2184
P72AF	Amarillo	GFA	San Pablo de las Tunas	18°59'28"	97°42'16"	2184
P73BF	Blanco	GFA	Santa Úrsula Chiconquiac	19°01'03"	97°40'59"	2221
P84BF	Blanco	GFA	Santa Úrsula Chiconquiac	19°00'36"	97°40'49"	2228
P85NF	Negro	GFA	Santa Úrsula Chiconquiac	19°00'36"	97°40'49"	2228
P87NF	Negro	GFA	Santa Úrsula Chiconquiac	19°00'44"	97°40'33"	2244

CONTINUACIÓN DEL CUADRO 1.1

P89NF	Negro	GFA	Santa Úrsula Chiconquiác	19°00'35" c	97°40'31"	2239
P94MHt	Morado	HTZ	Huejotzingo			
P95NHt	Negro	HTZ	Huejotzingo			
P97PSt	Pinto	SMT	San Matías Tlalancaleca			
P99AHt	Amarillo	HMT	Huamantla			
P100BIt	Blanco	TEX	CEVAMEX-INIFAP			

CHS=Chalchicomula de Sesma; GFA= Gral. Felipe Ángeles; HTZ= Huejotzingo; SMT= San Matías Tlalancaleca;

HMT= Huamantla; TEX=Texcoco, Edo. de Méx.

Cuadro 1.2 Variables morfológicas y agronómicas registradas en la evaluación de poblaciones locales de frijol ayocote del Centro-Oriente de Puebla.

Categoría	Variable	Abreviatura	U. de medida	Muestra
Germinación	Tipo de germinación	TIPGE	Nominal	PU
Emergencia	Número de plantas emergidas	NPLEM	Número	PU
	Color de hipocótilo	COLHI	Nominal	PU
Plántula	Vigor de la plántula	VIGPL	Nominal	PU
Hoja	Longitud de la hoja central	LONGHO	cm	5 plantas
	Forma de la hoja central	FORHOJ	Adimensional	5 plantas
	Color de la hoja	COLHOJ	Nominal	PU
	Longitud del peciolo†	LOPECIOL	cm	5 plantas
Flor	Área foliar†	ARFOLI	cm ²	5 plantas
	Tamaño del botón floral	TAMBF	mm	5 plantas
	Forma del botón floral	FORBF	Nominal	5 plantas
	Color del cáliz	COLCAL	Nominal	5 plantas
	Días a floración media	DAFLM	Días	PU
	Apertura de la flor	APEFLO	Nominal	5 plantas
	Color de la flor	COLFLO	Nominal	PU
Planta	Altura de la planta†	ALP	cm	5 plantas
	Tipo de crecimiento	TIPCRE	Nominal	5 plantas
Vaina	Días a fructificación media	DFRUM	Días	PU
	Número de vainas normales†	NVN	Número	5 plantas
	Número de vainas vanas†	NVV	Número	5 plantas
	Curvatura de la vaina	CURVAI	Nominal	20 vainas
	Longitud de la vaina	LONVAI	cm	20 vainas
	Ancho de la vaina	ANCVAI	mm	20 vainas
	Longitud del pedicelo†	LONPED	cm	20 vainas
Semilla	Número de semillas normales	NSN	Número	20 vainas
	Número de semillas vanas	NSV	Número	20 vainas
	Longitud de semilla	LONSEM	mm	20 semillas
	Ancho de semilla	ANCHSE	mm	20 semillas
	Grosor de semilla	GROSEM	mm	20 semillas
	Forma de la semilla longitud/anchura	FORSEMA	Adimensional	20 semillas

CONTINUACIÓN DEL CUADRO 1.2

	Forma de la semilla		Adimensional	20 semillas
	longitud/grosor	FORSEMG		
	Patrón de la cubierta de la semilla	TIPACU	Nominal	20 semillas
	Peso de 100 semillas	PE100S	g	100 semillas
	Volumen de 100 semillas	VOLSEM	mm ³	100 semillas
	Densidad de semilla†	DENSEM	g /mm ³	100 semillas
Rendimiento (Grano)	Factor de desgrane†	FCDESGR	Adimensional	5 plantas
	Rendimiento de grano por hectárea	RHA	kg ha ⁻¹	PU

PU= parcela útil; †=variables medidas no incluidas en el manual de descriptores (IBPGR *et al.*, 1983).

1.5. Resultados

El análisis de varianza combinado (Cuadro 1.3) reveló diferencias estadísticas significativas entre poblaciones en el 56.7 % de las variables evaluadas. Entre localidades hubo diferencias significativas en el 67.5 % de las variables, en tanto que para la interacción “población × localidad” sólo hubo significancia estadística en tres variables: días a fructificación media, densidad de semilla y rendimiento de grano por hectárea. Cabe mencionar que hubo tres características en las cuales no existió variación alguna a través de poblaciones o ambientes: tipo de germinación, forma del botón floral y tipo del patrón de cubierta de la semilla. Al analizar detenidamente a qué categorías de variables correspondían aquellas con diferencias estadísticas entre poblaciones, se encontró que el 62 % se relacionaron con características de flor, vaina y semilla, mientras que el 38 % restante lo estuvo con caracteres de emergencia, plántula, planta, hoja y rendimiento de grano. Los resultados anteriores sugieren que existe variación fenotípica entre el conjunto de poblaciones estudiadas, evidenciando también que la diversidad se encuentra distribuida en todas las estructuras de la planta, siendo más notable en atributos de flor, vaina y semilla. Un aspecto adicional a resaltar es que la mayor parte de tales variables no interaccionan de manera significativa con el ambiente.

En el dendrograma obtenido, a una distancia de corte de 0.10 unidades, se identificaron cuatro grupos (Figura 1.1). Los estadísticos de prueba de Lambda de Wilks, Traza de Pillai, Traza de Hotelling-Lawley y Raíz máxima de Roy del análisis de varianza multivariado demostraron que los cuatro grupos son estadísticamente distintos ($p \leq 0.01$) reiterando el alto grado de diversidad existente entre las poblaciones de estudio. Los datos promedio para cada variable (Cuadro 1.4) sirvieron de base para hacer la descripción de los grupos.

Cuadro 1.3 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado en 36 poblaciones de frijol ayocote evaluadas en el Centro-Oriente del estado de Puebla.

Variables †	Cuadrados medios						r ²
	Población	Localidad	Pob×Loc.	C.V. (%)			
NPLEM	324.831 **	2089.792 **	36.743 ns	16.5		0.86	
COLHI	1.568 **	0.023 ns	0.258 ns	23.6		0.86	
VIGPL	1.617 **	7.895 **	0.461 ns	15.1		0.80	
LONGHO	0.642 *	9.476 **	0.293 ns	8.3		0.76	
FORHOJ	0.005 ns	0.091 **	0.005 ns	5.6		0.68	
COLHOJ	1.241 ns	0.029 ns	0.885 ns	14.9		0.71	
ARFOLI	191.022 ns	2275.324 **	87.366 ns	16.6		0.75	
LOPECIOL	3.180 **	69.713 **	1.303 ns	9.8		0.84	
TAMBF	0.815 **	31.985 **	0.220 ns	3.0		0.87	
COLCAL	0.712 **	0.064 ns	0.079 ns	16.4		0.88	
DAFLM	189.935 **	178.995 *	39.123 ns	8.1		0.87	
APEFLO	1.303 ns	9.805 **	1.157 ns	36.1		0.65	
COLFLO	5.709 **	0.270 ns	0.202 ns	11.2		0.97	
ALP	46.482 **	281.702 **	8.879 ns	8.4		0.85	
TIPCRE	0.725 **	0.174 ns	0.241 ns	13.9		0.79	
DFRUM	111.089 **	1887.730 **	36.565 *	5.7		0.89	
NVN	51.231 ns	887.745 **	37.970 ns	25.4		0.75	
NVV	3.338 *	109.729 **	2.594 ns	39.4		0.86	
CURVAI	1.214 ns	7.701 *	1.214 ns	42.5		0.65	
LONVAI	0.784 ns	25.701 **	0.800 ns	9.9		0.63	
ANCVAI	1.907 **	3.437 ns	1.059 ns	6.6		0.74	
LONPED	0.038 **	0.513 **	0.022 ns	7.3		0.82	
NSN	0.133 ns	1.453 **	0.076 ns	9.1		0.73	
NSV	0.040 ns	0.446 **	0.061 ns	37.1		0.73	
LONSEM	4.865 **	7.176 **	0.855 ns	5.0		0.88	
ANCHSE	27.684 ns	23.585 ns	24.799 ns	42.9		0.65	
GROSEM	0.282 ns	3.071 **	0.274 ns	7.5		0.69	
FORSEMA	0.005 ns	0.077 **	0.003 ns	4.1		0.71	
FORSEMG	0.076 **	0.076 ns	0.023 ns	6.7		0.77	
PE100S	309.510 **	3179.215 **	134.259 ns	11.4		0.83	
VOLSEM	838.591 **	2068.627 **	186.039 ns	14.2		0.87	
DENSEM	0.019 **	0.00005 ns	0.007 *	5.7		0.83	
FCDESG	0.001 ns	0.007 **	0.001 ns	3.9		0.70	
RHA	0.994 **	2.551 **	1.259 **	22.0		0.87	

Grados de libertad: Poblaciones =35; Localidades =1; Poblaciones × Localidad =143; *, **= estadísticamente significativo a P≤ 0.05 y P≤ 0.01, respectivamente; ns= no significativo; C.V.= coeficiente de variación. †= La descripción de las variables se presenta en el Cuadro 2 de la sección de Materiales y Métodos.

El grupo I incluyó sólo una población testigo (P99AHt), de grano amarillo. Esta población se caracterizó por presentar los valores más altos en diversas variables en comparación con los demás grupos, de tal manera que fue la de plántula vigorosa, la de mayor altura, hojas más largas (clasificadas como intermedias), con los peciolos de mayor longitud y de ciclo tardío (86 días a floración media). Sus botones florales fueron los de mayor tamaño (aun cuando todos se clasificaron como grandes), su flor fue de color naranja y tuvo las vainas más anchas, las semillas más planas y el mayor peso de 100 semillas

El grupo II se integró con siete poblaciones, cuatro de las cuales fueron poblaciones locales y tres testigos. De las cuatro poblaciones locales una fue de grano morado y otra de grano pinto, ambas procedentes de CHS y dos más fueron de grano blanco, colectadas en GFA. Los testigos presentaron coloración de grano negro (P95NHt), morado (P94MHt) y blanco (P100BIIt). Los atributos distintivos de este grupo fueron el incluir a las plantas de menor altura, más precoces (57 días a floración media) y los brotes florales más pequeños. En cuanto al resto de las características, las poblaciones de este grupo presentaron plántulas de vigor intermedio, hoja central de longitud corta-intermedia y peciolos cortos. Un 57 % de los materiales presentó flores naranjas y 43 % flores blancas, el ancho de vaina fue de 13.61 mm, tuvieron semilla plana y peso de 100 semillas de 82.53 g.

El grupo III se formó con diez poblaciones locales, siete de ellas de CHS con tres distintas coloraciones de grano (blanco, morado y negro) y tres de GFA con grano de color blanco. A pesar de esta heterogeneidad, el grupo se distinguió del resto por incluir a ocho de las diez poblaciones de grano blanco estudiadas. El grupo se caracterizó por presentar plántulas de vigor bajo-intermedio, plantas de porte intermedio, longitud de hoja central corta-intermedia, peciolos de longitud media, ciclo intermedio (74 días a floración media) y botones florales de 15.89 mm. El 80 % de los materiales tuvo flores blancas y 20 % de flores naranjas. En el resto de características fue similar a los grupos II y IV.

El grupo IV se formó por 18 poblaciones; todas, excepto un testigo que quedó incluido, fueron poblaciones nativas. Incluyó doce colectas de GFA con color de grano negro y amarillo y cinco más de CHS de color negro, morado y pinto. El testigo (P97PSt) fue de grano pinto. Este grupo se caracterizó por incluir prácticamente a todas las poblaciones locales de grano negro evaluadas (9 de 10) y por contener sólo materiales con flores naranjas. En cuanto al resto de características, presentó plántulas con vigor bajo-intermedio, plantas de porte intermedio, con longitud de hoja

central corta-intermedia y peciolos de 11.03 cm. Se clasificó como de ciclo intermedio, tuvo uno de los valores más altos para tamaño de botones florales (16.46 mm), vainas de 14.08 mm de ancho, semilla plana y peso de 100 semillas de 89.21 g. De lo anterior se infiere que las poblaciones tendieron a agruparse principalmente con base en precocidad, pero también por el color de grano y de la flor.

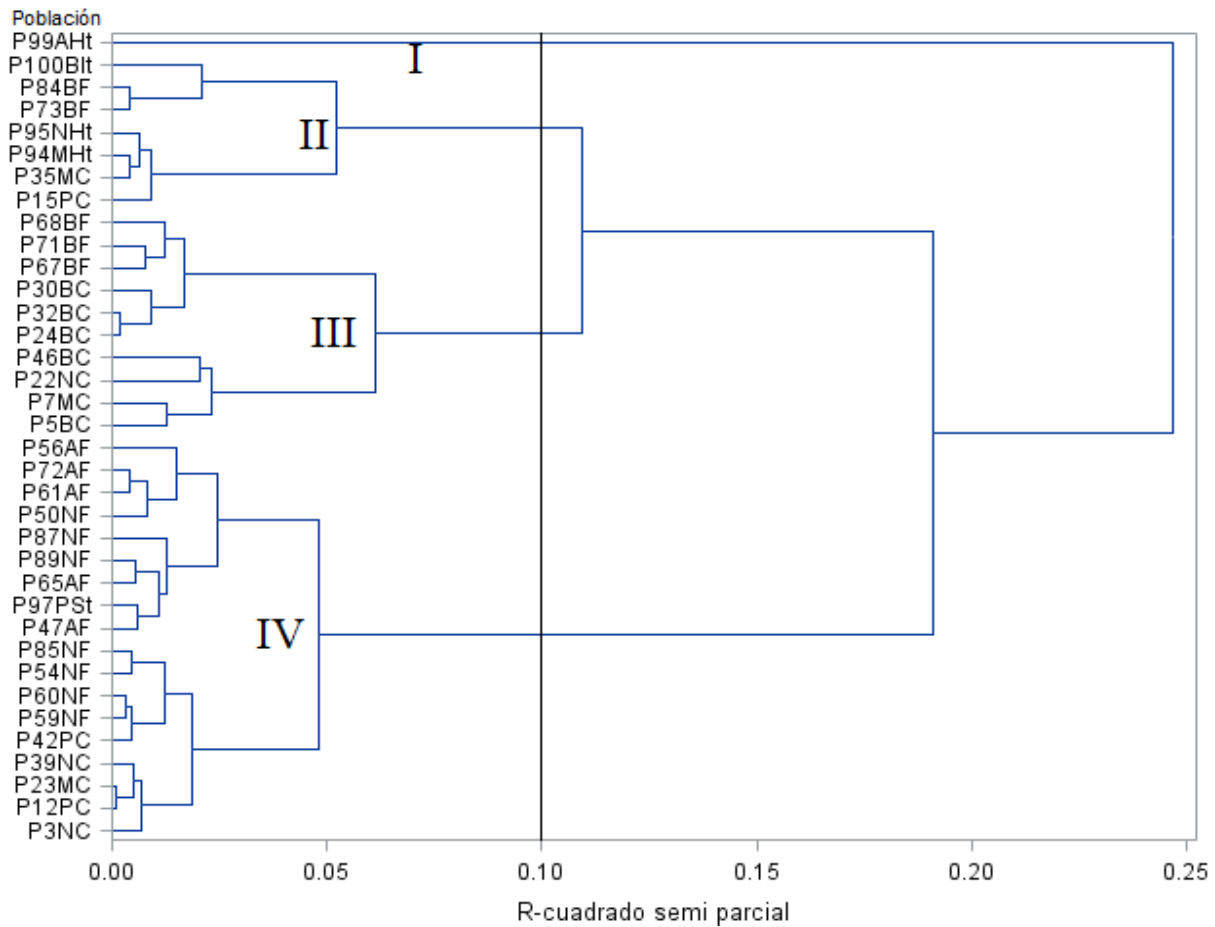


Figura 1.1 Dendrograma obtenido con el método de Ward para 36 poblaciones de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla.

Cuadro 1.4 Promedios para diez variables de los cuatro grupos identificados en el dendrograma de 36 poblaciones de frijol ayocote del Centro-Oriente de Puebla.

Grupos	VIGPL†		ALP		Variables LONGHO		PECIOL	DAFLM
	I	7.00a	Alta	49.43a	8.52a	Intermedia		13.15a
II	5.14b	Intermedia	34.23c	7.05b	Corta-intermedia		9.93b	57c
III	4.42b	Baja- intermedia	37.32bc	7.30b	Corta-intermedia		10.80b	74b
IV	5.00b	Intermedia	40.69b	7.30b	Corta-intermedia		11.03b	70b
		TAMBF	COLFLO		ANCVAI	FORSEMG		PE100S
I	16.59a	Grande	4.00a	Naranjas	16.93 ^a	2.97a	Muy plana	121.19a
II	15.44c	Grande	2.75ab	>Naranjas	13.61b	2.37b	Plana	82.53b
III	15.89bc	Grande	1.93b	>Blancas	13.94b	2.35b	Plana	79.87b
IV	16.46ab	Grande	3.97a	Naranjas	14.08b	2.42b	Plana	89.21b

Medias con la misma letra en una columna no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). †= La descripción de las variables se presenta en el Cuadro 2 de la sección de Materiales y Métodos.

En el análisis de componentes principales se encontró que los primeros tres componentes explicaron en conjunto el 75.2 % del total de la variación observada, con contribuciones individuales de 48.4 % para el primero (CP1), 15.1 % para el segundo (CP2) y 11.5 % para el tercero (CP3). El primer componente presentó mayor asociación con longitud del peciolo (vector propio de 0.364), peso de 100 semillas (0.363) altura de la planta (0.361), ancho de vaina (0.347), forma de la semilla dada por la relación longitud/grosor (0.331) y longitud de la hoja central (0.318); es decir, con atributos de la hoja, planta, vaina y semilla. El segundo componente estuvo asociado con la variable días a floración media (0.539), tamaño del botón floral (0.450) y vigor de la plántula (-0.531). Finalmente, el tercer componente estuvo mayormente influido por el color de la flor (0.677). En estos dos últimos componentes predominaron atributos de la flor, principalmente. Lo anterior evidencia que la diversidad morfoagronómica en ayocote se presenta en diferentes estructuras y etapas de desarrollo de la planta, tales como plántula, hoja, flor, planta, vaina y semilla.

La Figura 1.2 muestra la distribución espacial de las poblaciones locales de frijol ayocote con base en los tres primeros componentes principales (CP1, CP2 y CP3). En ella se trazaron los grupos identificados en el dendrograma. Se observa claramente que el Grupo I (testigo P99AHt) se separó del resto de materiales, básicamente por el mayor nivel de expresión de las características

asociadas al CP1; el grupo IV, por otra parte, presentó valores intermedios en tales variables con respecto a los demás grupos. También resalta la mayor precocidad del grupo II (el cual también tiende a presentar los brotes florales más pequeños) y la tendencia del grupo III a ser ligeramente más tardío que el IV. De lo anterior puede concluirse que los grupos II a IV (los cuales contienen a todas las poblaciones locales), forman conjuntos definidos, los cuales muestran una variación continua en las características asociadas a las tres dimensiones graficadas.

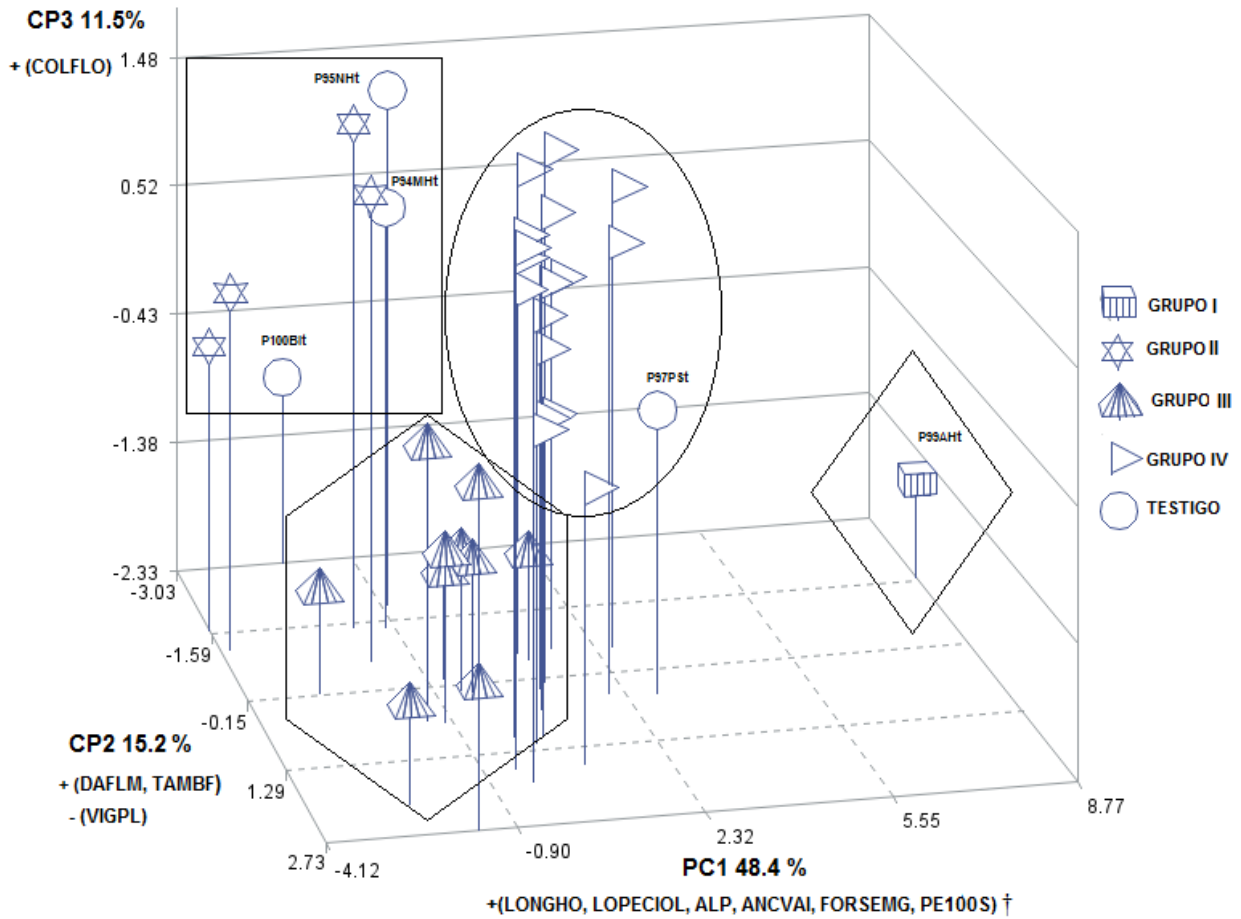


Figura 1.2 Dispersión de 36 poblaciones locales de frijol ayocote definida por los tres primeros componentes principales (CP) en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.

†= La descripción de las variables se presenta en el Cuadro 2 de la sección de Materiales y Métodos.

1.7. Discusión

Los resultados demostraron lo siguiente: 1) La existencia de una amplia diversidad morfoagronómica entre las poblaciones locales de frijol ayocote del Centro-Oriente del estado Puebla, evidente en la variación observada en todas las estructuras de la planta, pero principalmente en atributos de flor, vaina y semilla y 2) Las variables que contribuyen en mayor medida a explicar la diversidad encontrada son: días a floración media, color de la flor y color de semilla.

De acuerdo con Castillo *et al.* (2006) y López *et al.* (2005) actualmente gran parte de la diversidad fenotípica y genética presente en las especies cultivadas se encuentra en las poblaciones nativas conservadas por los agricultores, las cuales se caracterizan por presentar amplia variabilidad. Ello llevó a hipotetizar que entre las poblaciones locales de ayocote de la región de estudio existiría una amplia diversidad morfoagronómica. Los resultados confirmaron tal supuesto, dado que para la fuente de variación “Poblaciones” (la cual estuvo integrada en un 86 % por poblaciones locales) se detectaron diferencias estadísticas en el 56.7 % de las variables evaluadas. Al respecto, conviene señalar que en México trabajos como los de Castillo *et al.* (2006) y Vargas-Vázquez *et al.* (2014), evidenciaron que entre las poblaciones nativas que integran esta especie existe un considerable nivel de variación fenotípica en el germoplasma local. Tal diversidad es atribuible, en principio, al hecho de que el área de Mesoamérica es reconocida como el centro de domesticación de la especie (Guerra-García *et al.*, 2017). En este sentido, como lo señalan Mercati *et al.* (2015), las prácticas de selección por parte de los agricultores han influido en la estructura genética y la variabilidad de la especie. Otro factor involucrado es el mencionado por López *et al.* (2005) para *P. coccineus*: su capacidad de adaptación a una amplia gama de tipos climáticos (una de las mayores en el género *Phaseolus*). Finalmente, también debe considerarse el hecho de que el frijol ayocote es considerado una especie alógama, con un alto grado de cruzamiento natural (Miranda, 1974).

En esta investigación, las variables que permitieron agrupar y distinguir entre sí a las poblaciones locales bajo estudio involucraron tanto atributos relacionados con plántula, hoja, flor, vaina y semilla, como atributos fenológicos (particularmente días a floración media) y altura de la planta así como, en algunos casos, el color del grano.

Los grupos identificados evidenciaron una progresión gradual en el nivel de expresión de las variables previamente mencionadas y revelaron que una variable clave en el agrupamiento fue días

a floración media, detectándose tres niveles de precocidad. Las poblaciones locales se ubicaron en dos de ellos: precoz e intermedio. Las plantas de ciclo precoz, de menor vigor y de menores dimensiones (grupo II) posiblemente son el resultado de la selección hecha por los agricultores hacia ciclos más cortos, para enfrentar las condiciones ambientales presentes en la región de estudio (heladas tempranas y sequías). Una situación similar ha sido reportada para maíz (Hortelano *et al.*, 2012) en la misma región de trabajo. Esta característica de precocidad puede propiciar que la especie pueda dispersarse hacia áreas con la misma problemática, siendo así una buena fuente de adaptación y tolerancia a las restricciones impuestas por el ambiente (López-Romero *et al.*, 2005; Miranda, 1974). Entre los grupos identificados también hubo dos (grupos III y IV) que se clasificaron como de ciclo intermedio, los cuales contuvieron a la mayor parte de las poblaciones nativas. La existencia de esta fracción responde a una estrategia de los agricultores, particularmente de los de zonas de temporal, para hacer frente a las variaciones ambientales a las cuales se enfrentan, pues les da la posibilidad de aprovechar distintos períodos de crecimiento. Ello ha sido documentado ampliamente por Muñoz (2005).

En los grupos que contuvieron poblaciones locales (II a IV), se encontraron los cinco tipos de coloración de grano identificados; no obstante, fue evidente que el grupo III estuvo compuesto mayormente por poblaciones de grano blanco y flores blancas, en tanto que el IV incluyó prácticamente a todas las poblaciones de grano negro y flores naranjas. Se ha señalado (Hernández, 1985) que en el cultivo de maíz, la presencia de diferentes tipos de coloración de grano responde a la necesidad del agricultor de tener materiales adecuados para condiciones ecológicas diversas, así como para variar la dieta y atender creencias y tradiciones. Ello podría ser el caso del cultivo de ayocote en la zona de estudio. En cuanto a la variación en el color de la flor, es probable que ésta pueda ser el resultado de un criterio de selección por parte de los agricultores para distinguir entre granos pigmentados y aquellos que no lo son. De hecho, Miranda (1974) menciona que el color blanco de la flor ha sido una característica sujeta a selección y hay antecedentes (López y Muñoz, 1984) de que en maíz, los agricultores han asociado características como el color del grano con la precocidad. Es conveniente señalar que la asociación entre flor blanca y grano blanco y entre flor naranja y grano pigmentado ya ha sido documentada en la literatura (Santalla *et al.*, 2004). Lo anterior demuestra que entre las poblaciones locales del altiplano Centro-Oriente de Puebla existe cierto grado de adaptación a las condiciones de producción, asociado a los criterios de selección de cada agricultor.

En concordancia con lo encontrado en el presente estudio, en el de Castillo *et al.* (2006) también se mencionó que los valores de días a floración sirvieron como criterio para la conformación de grupos, en tanto que en el trabajo de Palmero *et al.* (2011), se distinguieron claramente dos grupos principales, los cuales correspondieron a variedades de flores blancas y de flores rojas. En *Phaseolus vulgaris*, las variables de días a floración y hábito de crecimiento de acuerdo a su origen geográfico, permitieron agrupar 200 poblaciones en cinco grupos (Vargas-Vázquez *et al.*, 2008).

La variación en características de la vaina y la semilla se debe a intereses agronómicos, económicos y de consumo (Spataro *et al.*, 2011), mismos que los agricultores normalmente toman en cuenta al momento de decidir qué materiales de frijol ayocote conservar. Los atributos relacionados con la semilla son rasgos agronómicos deseables para los agricultores y para los potenciales compradores y consumidores, además de ser una característica distintiva de las demás especies de su género. Algunos de los hallazgos reportados en este estudio son consistentes con los de otros investigadores que han estudiado la diversidad morfoagronómica del frijol ayocote. Por ejemplo, Palmero *et al.* (2011) reportaron diferencias estadísticas entre poblaciones específicamente en las variables de longitud y ancho de la semilla; en este estudio, las diferencias estadísticas se presentaron en las variables longitud de semilla, forma de la semilla dada por la relación longitud/grosor, peso de 100 semillas, volumen de 100 semillas y densidad de semilla; sin embargo, no hubo significancia estadística en el ancho de semilla, lo que refleja cierta homogeneidad en esta característica. Por otro lado, Vargas-Vázquez *et al.* (2011) reportaron que los primeros tres componentes principales, constituidos por variables originales medidas en la semilla, explicaron el 80 % del total de la variación fenotípica; las variables altamente explicativas fueron: grosor de semilla, largo de semilla y relación largo/ancho de semilla, patrón de moteado, tipo de patrón de moteado y color más oscuro de las accesiones de ayocote del Carso Huasteco. En este estudio, la forma de la semilla, dada por la relación longitud/grosor, y el peso de 100 semillas resultaron mayormente explicativas en lo que respecta al conjunto de variables de semilla. Cabe mencionar que la característica forma de la semilla con respecto a su grosor resultó ser un índice distintivo en las poblaciones de estudio. Un último aspecto a resaltar es que la forma de la semilla de las poblaciones locales (presentes en los Grupos II a IV) correspondió a la categoría “plana”; ello concuerda con la manera en la cual se conoce al frijol ayocote en el norte del estado

de Morelos: yepatlaxtle, que en el vocablo náhuatl significa “frijol plano” (Monroy y Quezada-Martínez, 2010).

El presente estudio constituye el primer acercamiento al conocimiento de la diversidad fenotípica entre poblaciones locales de frijol ayocote provenientes del Centro-Oriente del estado de Puebla *in situ*. Por tanto, se considera conveniente el que se conduzcan investigaciones adicionales que permitan seguir contribuyendo al conocimiento de la diversidad de *P. coccineus* y promuevan el aprovechamiento eficiente de sus atributos potenciales en un programa de mejoramiento genético.

1.6. Conclusión

La diversidad morfoagronómica presente en las poblaciones locales de frijol ayocote del altiplano Centro-Oriente de Puebla es amplia y continua y se encuentra distribuida en todas las estructuras de la planta, pero principalmente en atributos de flor, vaina y semilla. En este sentido, las características más relevantes para describirla son precocidad, color de flor y color de semilla. Diversas variables asociadas a plántula, planta, hoja, flor, vaina y semilla, complementan la diferenciación entre grupos.

1.7. Bibliografía

- Castillo M. M., P. Ramírez V., F. Castillo G. y S. Miranda C. (2006)** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:112-119, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029203>
- Guerra-García A., M. Suárez-Atilano, A. Mastretta-Yanes, A. Delgado-Salinas and D. Piñeiro (2017)** Domestication genomics of the open-pollinated scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Frontiers in Plant Science* 8:1891, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01891>
- Hernández-Villareal A. E. (2013)** Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias* 2: 113-118, <https://doi.org/10.15741/rev%20bio%20ciencias.v2i3.41>
- Hernández X. E. (1985)** Maize and man in the greater southwest. *Economic Botany* 39:416-430, <https://doi.org/10.1007/BF02858749>

- Hortelano S. R. R., A. Gil M., A. Santacruz V., H. López S., P.A López y S. Miranda C. (2012)** Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano Centro-Oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:97-109, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61023300002>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2009)** Compendio de información geográfica municipal. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx> (agosto 2017).
- IBPGR, International Board for Plant Genetic Resources (1983)** *Phaseolus coccineus* descriptors. Rome. 34 p.
- López H. A. de J. y A. Muñoz O. (1984)** Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción en maíces de Valles Altos. *Revista Chapingo* 43:31-37
- López-Romero G., A. Santacruz-Varela, A. Muñoz-Orozco, F. Castillo-González, L. Córdova-Téllez y H. Vaquera-Huerta (2005)** Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290, <http://www.uacm.kirj.redalyc.org/articulo.oa?id=33910407>
- López S. J. L., J. A. Ruiz C., J. D. J. Sánchez G. y R. Lépiz I. (2005)** Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp) en la República Mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 221 – 230, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028306>
- Mercati F., G. Catarcione, A. R. Paolacci, M. R. Abenavoli, F. Sunseri and M. Ciaffi (2015)** Genetic diversity and population structure of an Italian landrace of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.): inferences for its safeguard and on-farm conservation. *Genetica* 143:473-485, <http://dx.doi.org/10.1007/s10709-015-9846-1>
- Miranda C. S. (1974)** Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. In: E. Mark Engleman (ed.) Contribuciones al Conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp: 83–98.
- Monroy R. y A. Quezada-Martínez (2010)** Estudio etnobotánico del frijol yepatlaxtle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 14:23-34, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83716113002>
- Muñoz O. A. (2005)** Centli Maíz. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 211 p.

- Palmero D., C. Iglesias, M. De Cara, J. C. Tello and F. Camacho (2011)** Diversity and health traits of local landraces of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) from Spain. *Journal of Food Agriculture & Environment* 9: 290-295, <https://doi.org/10.1234/4.2011.1953>
- Rao V. R. and T. Hodgkin (2002)** Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68:1-19, <https://doi.org/10.1023/A:1013359015812>
- Santalla M., A. B. Monteagudo, A. M. González and A. M. De Ron (2004)** Agronomical and quality traits of runner bean germplasm and implications for breeding. *Euphytica* 135: 205-215, <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000014912.07993.e7>
- SAS Institute Inc. (2013)** SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017)** http://nube.siap.gob.mx/cierre_agrícola/ (Octubre 2017)
- Spataro G., B. Tiranti, P. Arcaleni, E. Bellucci, G. Attene, R. Papa and V. Negri (2011)** Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. *Theoretical and Applied Genetics* 122: 1281-1291, <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1530-y>
- Ulukan, H. (2011)** The use of plant genetic resources and biodiversity in classical plant breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 61:97-104, <https://doi.org/10.1080/09064710903573390>
- Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., N. Mayek P., A. Pérez G. y E. Ramírez S. (2014)** Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:191-200, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263129784002>
- Vargas-Vázquez P., J.S. Muruaga-Martínez, S. E. Martínez-Villarreal, R. Ruiz-Salazar, S. Hernández-Delgado, N. Mayek-Pérez (2011)** Diversidad morfológica del frijol ayocote del Carso Huasteco de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:767-775, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029203>
- Vargas-Vázquez M. L. P., J. S. Muruaga-Martínez, P. Pérez-Herrera, H. R. Gill-Langarica, G. Esquivel-Esquivel, M. Á. Martínez-Damián,... y N. Mayek-Pérez (2008)** Caracterización morfoagronómica de la colección núcleo de la forma cultivada de frijol

común del INIFAP. *Agrociencia* 42:787-797,
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30211207005>

Zeven A. C., H. H. Mohamed, J. Waning and H. Veurink (1993) Phenotypic variation within a Hungarian landrace of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Euphytica* 68:155-166,
<https://doi.org/10.1007/BF00024164>

II. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS Y MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE FRIJOL AYOCOTE EN EL CENTRO-ORIENTE DE PUEBLA

SOCIO-ECONOMIC CHARACTERISTICS AND AGRONOMIC MANAGEMENT OF THE RUNNER BEAN CROP IN THE CENTER-EAST OF PUEBLA

2.1. Resumen

México es el centro de origen del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), el cual es cultivado y preservado por los agricultores en diferentes regiones del país. Sin embargo, hasta el momento no existen estudios en el Centro-Oriente del estado de Puebla que describan las características socioeconómicas de las unidades de producción que la cultivan y la forma en que los productores la manejan agronómicamente. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron identificar algunas características socioeconómicas de las unidades de producción que mantienen y cultivan el frijol ayocote y describir las principales prácticas agrícolas del cultivo. Para ello se aplicó un cuestionario a 52 agricultores, distribuidos en ocho localidades ubicadas en dos municipios de la zona de estudio. En dicho cuestionario se recabó información sobre aspectos socioeconómicos, la racionalidad del cultivo, la diversidad empleada y el manejo de la especie. Los resultados permiten concluir que el frijol ayocote es cultivado en unidades de producción con ciertas restricciones socioeconómicas, en las cuales lo manejan siguiendo prácticas propias de la agricultura tradicional, entre las que es notorio el uso exclusivo de poblaciones nativas. En tales unidades cultivan el frijol ayocote debido a su importancia económica, cultural y alimenticia. No obstante, la edad relativamente avanzada de los productores, sus bajos ingresos, así como la posible falta de un reemplazo generacional, podrían afectar la continuidad del cultivo en el futuro.

Palabras clave: conocimiento tradicional, frijol ayocote, lógica de producción, manejo agronómico.

2.2. Summary

Mexico is the center of origin of the runner bean (*Phaseolus coccineus* L.), which is cultivated and preserved by farmers in different regions of the country due to its nutritional, cultural and socio-economic importance. However, to date there are no research in the Central-Eastern of the state of Puebla that describe the socio-economic characteristics of the production units that cultivate it and the way in which producers handle it agronomically. Therefore, the objectives of this work were to identify the socio-economic characteristics of the production units that maintain and grow the runner bean and to describe the main agricultural practices of the crop. To this end, a questionnaire was applied to 52 farmers, distributed in eight locations located in two municipalities of the study area. In this questionnaire, information was collected on socio-economic aspects, the rationality of the crop, the diversity used and the management of the species. The results allow to conclude that the runner bean is cultivated in production units with certain socio-economic restrictions, which manage it following traditional agricultural practices, among which the exclusive use of native populations is notorious. In such units the runner bean is grown due to its economic, cultural and nutritional importance. However, the relatively advanced age of the producers, their low income, as well as the possible lack of a generational replacement, could affect the continuity of the crop in the future.

Index word: agronomic management, runner bean, production logic, traditional knowledge.

2.3. Introducción

En México el frijol no sólo representa una fuente de alimento, sino un elemento de identidad cultural y un producto estratégico en el desarrollo rural del país, que conjuntamente con el maíz, constituye toda una tradición productiva y de consumo, desempeñando diversas funciones de carácter alimentario y socioeconómico, que le han permitido trascender hasta la actualidad (Escalante y Kohashi, 1993; Ayala *et al.*, 2008). De entre las 70 especies del género *Phaseolus* existentes en México, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) son las especies cultivadas más importantes en la alimentación del pueblo mexicano (Miranda, 1979). El frijol ayocote, a pesar de ser cultivado en varias partes del país, ya sea de forma asociada con maíz o como monocultivo, es una especie poco considerada en las estadísticas oficiales en México (Vargas-Vázquez *et al.*, 2007), y a la cual se le ha puesto poca atención en términos de investigación. De hecho, se ha señalado que la persistencia de este tipo de frijol puede deberse más bien al aprovechamiento casi integral que le da el hombre, ya que su utilidad no sólo radica en el consumo del grano, sino también en el de sus vainas, inflorescencias y el follaje tierno y la raíz (Basurto *et al.*, 1996).

El estudio de los sistemas de cultivo, particularmente de los asociados a la agricultura tradicional, es un aspecto que ha sido de gran interés en México, pues como lo señala Hernández (1988), debido a su aplicación en una amplia gama de nichos ecológicos y socioeconómicos, y a que en su práctica interviene una considerable población humana, su estudio contribuye a señalar recursos naturales potenciales, a definir aspectos críticos a la investigación agrícola occidental, a mostrar puntos clave en la secuencia de las prácticas agrícolas, a mostrar formas de conservación dinámica del germoplasma, a apuntar formas de organización y a dar otros aportes diversos. En parte por ello es que a la fecha existen varios trabajos en los cuales se describen y explican las formas de manejo agronómico y las características socioeconómicas bajo las cuales se desarrollan cultivos como el maíz (Tucuch-Cauich *et al.*, 2007), el frijol común (*P. vulgaris*), *Vigna unguiculata* (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2008), chayote (Guevara-Hernández *et al.*, 2014), amaranto (Sánchez-Olarte *et al.*, 2015) y cacao (De la Cruz-Landero *et al.*, 2015). En el caso específico del frijol ayocote, Monroy y Quezada-Martínez (2010) describieron tanto su proceso productivo como de comercialización, así como sus formas tradicionales de consumo en el área natural protegida “Chichinautzin” en el estado de Morelos. Por otra parte, Basurto *et al.* (1996), estudiaron la asociación maíz-frijol ayocote en un sistema de agricultura tradicional en la sierra Norte de Puebla,

México, con el fin de evaluar la relación entre el ciclo agrícola y el ciclo biológico, así como las diferencias en el comportamiento fenológico en relación con el ambiente, el manejo y su aprovechamiento.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que a la fecha no ha habido estudios orientados a conocer las características socioeconómicas de las unidades de producción dedicadas a la producción de frijol ayocote del Centro-Oriente del estado de Puebla, México, ni tampoco trabajos que permitan precisar las prácticas de manejo de dicho cultivo en la región mencionada, ello a pesar de que es la principal región productora de frijol ayocote en el estado de Puebla (SIAP, 2017). Por tanto, los objetivos de esta investigación fueron: 1) Identificar las características socioeconómicas de las unidades de producción en las cuales se conserva y cultiva el frijol ayocote y 2) Precisar y describir las principales prácticas de manejo agronómico del frijol ayocote en la zona de estudio. El conocimiento generado a partir de esta investigación puede servir de base para posteriores estrategias de desarrollo agrícola, orientadas a fomentar el aprovechamiento y la conservación del frijol ayocote en la región de estudio.

2.4. Materiales y Métodos

2.4.1. Área de estudio y tamaño de muestra

El estudio se llevó a cabo en dos municipios ubicados en el Centro-Oriente del estado de Puebla: Chalchicomula de Sesma y General Felipe Ángeles, pertenecientes a los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) 04 Libres y 07 de Tecamachalco, respectivamente. Estos dos DDR son los más importantes en cuanto a producción de frijol ayocote en el estado de Puebla (SIAP, 2017). Las localidades de estudio y el tamaño de muestra se precisaron a partir de una lista de productores que proporcionaron una muestra del frijol ayocote que cultivan en una colecta realizada en el año 2014 (Taboada, 2015)³. De este modo, se aplicó un cuestionario a 52 productores de un total de 54, originarios de ocho localidades, tratando de cubrir el total de los productores registrados (Cuadro 2.1).

³ Taboada G.O.R., (2015) Profesor Investigador asociado. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Comunicación personal.

2.4.2. Instrumento empleado, variables estudiadas y análisis estadístico

Para la recolección de la información se empleó un cuestionario con 52 preguntas, dirigido únicamente a productores de frijol ayocote del Centro-Oriente del estado de Puebla, México. Este cuestionario fue dividido en tres secciones: características socioeconómicas, racionalidad del cultivo de frijol ayocote y diversidad empleada y manejo del cultivo. En la primera sección se incluyeron las siguientes variables: edad del agricultor, nivel educativo, superficie agrícola total de cultivo, superficie destinada para el cultivo de frijol ayocote, tenencia de la tierra, número de integrantes por familia, ingreso familiar mensual y actividades económicas que cubren los gastos de producción. En la segunda sección se formularon las siguientes preguntas: años que los agricultores llevan cultivando frijol ayocote, motivos por los cuales el agricultor cultiva ayocote, intención de seguir cultivando ayocote en los próximos diez años, relevo generacional en la familia para realizar actividades agrícolas, variedades utilizadas, tiempo de uso de cada variedad, razones por las que el agricultor conserva cada variedad que posee, preferencia por alguna variedad en caso de poseer más de dos, y razones por las cuales se prefiere cultivar frijol ayocote en comparación con otras especies de frijol. Finalmente, en la tercera sección se recabó información sobre ciclo del cultivo, preparación del terreno, método de preparación del terreno, tipo de semilla, origen de la semilla, cantidad de semilla empleada por hectárea, fecha de siembra, características asociadas a la fecha de siembra, método de siembra, asociación del cultivo, labores del cultivo, fertilización, control de plagas, control de enfermedades, control de malezas, fecha de cosecha, características de la planta que el agricultor toma en cuenta para decidir la cosecha, fecha de cosecha, método de la trilla y limpieza, rendimiento de grano por hectárea, precio de venta del grano por kilogramo, y canal de comercialización.

Todas las respuestas obtenidas, previa codificación, se analizaron mediante técnicas de estadística descriptiva utilizando el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Cuadro 2.1 Distribución de la muestra de productores en ocho localidades ubicadas en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.

Municipio	Localidad	Número de entrevistados
General Felipe Ángeles	El Veladero	5
	Las Palmas	8
	San Antonio Tecajetes	9
	San Pedro Temamatla	4
	Subtotal	26
Chalchicomula de Sesma	Gral. Felipe Ángeles	2
	San Antonio Portezuelo	4
	San Pablo de las Tunas	3
	Santa Úrsula Chiconquiac	17
	Subtotal	26
Total		52

2.5. Resultados

2.5.1. Características socioeconómicas de las unidades de producción que cultivan frijol ayocote

Del total de productores encuestados, un 84.6 % fueron hombres y el resto, mujeres. La edad promedio de la población de estudio fue de 60 años, con un mínimo de 32 y un máximo de 86 años. Es de resaltar que un 65.4 % de los entrevistados fueron mayores de 51 años. En cuanto al nivel de escolaridad (Cuadro 2.2), un 30.8 % no tuvo estudio alguno, el 59.6 % cursó algún grado del nivel básico y solo el 9.6 % tuvo algún grado de estudios después de la primaria.

Cuadro 2.2 Nivel de escolaridad y edad de los productores de frijol ayocote en dos municipios del Centro-Oriente de Puebla.

Nivel de escolaridad	Frecuencia	Porcentaje (%)	Edad promedio (años)
Sin escolaridad	16	30.8	69
Primaria incompleta	23	44.2	59
Primaria completa	8	15.4	53
Secundaria completa	4	7.7	44
Preparatoria incompleta	1	1.9	42
Total	52	100.0	

El total de superficie cultivable con que cuentan los productores osciló entre 1 y 17 ha, con un promedio de 4.1 ha. Al calcular qué proporción de la superficie de la cual dispone cada agricultor se destina a la siembra de ayocote, se encontró que dicho valor era del 41.48 %, lo que refleja la importancia que tiene dicho cultivo para las unidades de producción estudiadas.

Aun cuando el área promedio destinada para cultivar frijol ayocote fue de 1.7 ha, se detectaron variaciones que se consideró conveniente presentar. Los agricultores que disponen de 1.75 ha en promedio (que representan el 9.6 % del total), cultivan en promedio 0.55 ha de ayocote; los que en promedio tienen 2.5 ha (36.5 %), cultivan en promedio 1 ha; los que cuentan con 5.4 ha (50 %) cultivan 2.25 ha; finalmente, los que cuentan con 10.5 ha (3.8%) cultivan 5 ha de ayocote.

La unidad familiar se integra, en promedio, por cuatro miembros, con un mínimo de dos y un máximo de 12 integrantes. Con respecto a los ingresos mensuales de la unidad familiar, el 95.4 % de los entrevistados mencionó tener menos de \$ 1,500 MXN y sólo el 4.6 % tuvo ingresos de entre \$ 3,000 y \$ 6,000 MXN. Los recursos económicos para apoyar la producción de ayocote, provienen en parte de la venta del propio grano de ayocote y es complementado con dos fuentes importantes: el apoyo gubernamental a través de iniciativas como el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) y el trabajo extra-finca (jornalero agrícola, principalmente) (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Actividades económicas que cubren los gastos de producción del cultivo de ayocote en el Centro-Oriente de Puebla.

Concepto	Financiamiento externo		Concepto	Actividades agropecuarias		Concepto	Trabajo extra-finca	
	Frecuencia			Frecuencia			Frecuencia	
	Absoluta (n=31)	Relativa (%)		Absoluta (n=29)	Relativa (%)		Absoluta (n=28)	Relativa (%)
PROCAMPO	24	77.4†	Venta de frutas	1	3.4	Albañil	3	10.7
Otro tipo de apoyo de gobierno (en especie o monetario)	5	16.1	Venta de maíz, frijol ayocote y frijol común	26	89.7†	Obrero	1	3.5
Prestamos de familiares o conocidos	1	3.2	Venta de otros granos	1	3.4	Comerciante	3	10.7
Préstamo de prestamistas	1	3.2	Venta de animales	1	3.4	Jornalero agrícola	21	75†

† =Actividades mencionadas con mayor frecuencia por los encuestados.

2.5.2 Racionalidad del cultivo frijol ayocote y diversidad empleada

El tiempo que los productores llevan cultivando ayocote osciló entre los 4 y 55 años, con un promedio de 22.5 años (Figura 2.1).

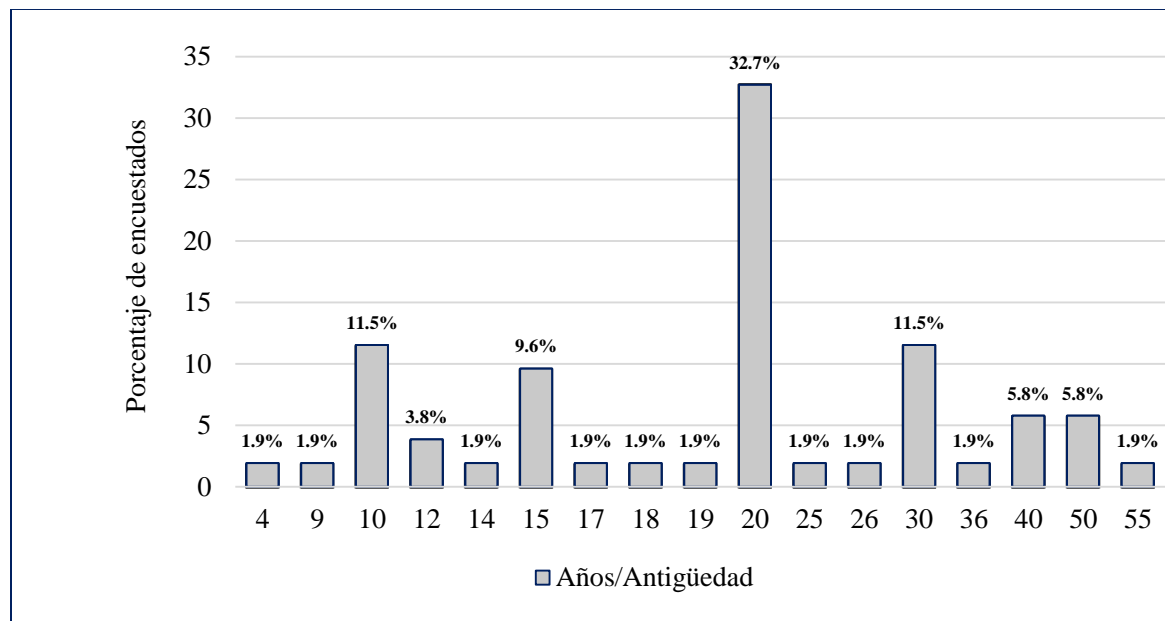


Figura 2.1 Número de años que los agricultores llevan cultivando frijol ayocote en el Centro-Oriente del estado de Puebla.

Los motivos por los cuales los encuestados cultivan ayocote son los siguientes: un 51 % mencionó que es porque representa una fuente de ingreso económico (es empleado exclusivamente para la venta, indicando que no queda grano para el autoconsumo), con el cual puede solventar algunos de los gastos familiares; un 21 % lo cultiva por motivos asociados a la dinámica de funcionamiento de la unidad de producción, puesto que lo vincula con diversas costumbres tanto de consumo como de actividades que pudieran existir en torno al cultivo; por ejemplo, la división e intercambio de trabajo dentro de la unidad de producción y su empleo en los esquemas de rotación de cultivos, común cuando en el ciclo o ciclos anteriores se ha sembrado un cultivo diferente, que por lo regular es maíz. Otro 15 % lo cultiva para autoconsumo, pues le permite tener disponibilidad de alimento durante el año, además de que le da un buen rendimiento de grano. Por último, el 13 % restante mencionó que cultiva frijol ayocote con fines de autoconsumo y venta.

Al interrogar a los agricultores sobre si pensaban seguir cultivando ayocote en los próximos diez años, fue interesante el hecho de que un 90.4 % de los productores mencionó que sí lo hará. Sólo un 9.6 % no piensa seguir cultivando por dos principales razones: la falta de terreno (sus

padres no les heredaron tierras o ya les heredaron a sus hijos) o la edad avanzada que tienen, pues creen que ya no contarán con las suficientes energías para realizar las actividades que demanda el proceso de cultivo. Por otra parte, en cuanto a la permanencia del cultivo en el futuro, el 82.7 % de los encuestados tiene la percepción de que las próximas generaciones, al menos sus hijos y nietos, seguirán cultivando ayocote por dos razones principales: asegurar el abasto de alimento durante el año, ya que el ayocote es parte importante de su dieta regular, y obtener un beneficio económico del cultivo de las tierras. Por ello es que promueven que las nuevas generaciones se involucran en tal actividad. No obstante lo anterior, es pertinente señalar que un 17.3 % de los productores cree que las próximas generaciones no cultivarán frijol ayocote, principalmente a causa de la migración, ya que sus hijos viven en el extranjero u otras partes del país, por lo que tienen otras fuentes de ingreso diferentes de las que provienen de la actividad agropecuaria y, en consecuencia, sus nietos no se inclinarán por el trabajo en el campo.

Con respecto a la diversidad cultivada, se encontró que el 56 % de los entrevistados (29 agricultores) cultivan y conservan más de una variedad, y de éstos, el 72 % (21) manifestó preferencia por alguna en particular. Esta preferencia estuvo directamente relacionada con la coloración de grano: las variedades que contaron con mayor predilección fueron las de color de grano negro y amarillo, debido a que en opinión de los productores, tienen un mejor precio de venta y a que son consideradas como patrimonio familiar. Por otro lado, los agricultores que cultivan una sola variedad justifican esta decisión en el hecho de que la que cultivan alcanza un mejor precio de venta en el mercado o produce un buen rendimiento de grano, destacando aquellas variedades con una coloración de grano negro y blanco, o por el trabajo adicional que implica el manejar diferentes semillas. Sin embargo, también mencionan como justificante el hecho de no tener acceso a otro tipo de variedades.

Entre las razones dadas por los productores para conservar cada una de las variedades que poseen (Cuadro 2.4), destacaron su buen rendimiento así como la adaptación que tienen a las características de producción de su región de origen, situación que, en opinión de los productores, les confiere cierta tolerancia a los daños ocasionados por factores adversos como sequía y heladas.

Cuadro 2.4 Razones por las que el agricultor del Centro-Oriente de Puebla conserva cada uno de los tipos de ayocote que cultiva.

Color de grano	Negro		Blanco		Amarillo		Pinto		Morado	
	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
Razones/motivos	Absoluta (n=39)	Relativa (%)	Absoluta (n=21)	Relativa (%)	Absoluta (n=16)	Relativa (%)	Absoluta (n=8)	Relativa (%)	Absoluta (n=4)	Relativa (%)
Valor sentimental o Cultural	9	23.0	4	19.0	3	18.7	0	0.0	0	0.0
Adaptación a la región	25	64.0†	12	57.1†	7	43.7	8	100.0†	2	50.0†
Por su ciclo vegetativo, se adecua a las características ambientales locales.	6	15.3	5	23.8	4	25.0	3	37.5	0	0.0
Resistente a plagas o enfermedades	10	25.6	5	23.8	5	31.2	0	0.0	1	25.0
Resistente a sequías o heladas	12	30.7	6	28.5	6	37.5	3	37.5	1	25.0
Mejor rendimiento	23	58.9†	12	57.1†	12	75.0†	4	50.0†	3	75.0†
Mejor precio en el mercado	16	41.0	9	42.8	7	43.7	2	25.0	2	50.0†
Es más solicitado en el mercado	13	33.3	3	14.2	8	50.0†	1	12.5	2	50.0†
Buen sabor	11	28.2	3	14.2	5	31.2	1	12.5	0	0.0

† =Razones mencionadas con mayor frecuencia por los encuestados.

Los entrevistados frecuentemente proporcionaron más de una razón, por lo que la suma de porcentajes en el sentido de las columnas no totaliza el 100 %

Finalmente, al preguntar por qué prefiere sembrar ayocote con respecto a otros tipos de frijol (como el frijol común), los productores encuestados respondieron que ello se debe a que aprecian el tamaño de grano del frijol ayocote, el cual asocian a un mayor rendimiento, a que obtienen un buen precio de venta y a la adaptación que las variedades de esta especie presentan a las condiciones de producción, en ocasiones restrictivas, de la región. Adicionalmente valoran significativamente el conocimiento que poseen sobre el manejo y el comportamiento de su variedad.

2.5.3. Prácticas agrícolas del proceso de producción del cultivo de frijol ayocote

2.5.3.1. Preparación del terreno: La producción de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla se desarrolla en su totalidad bajo condiciones de temporal. Las tres labores principales de preparación del terreno son barbecho, rastreo y surcado. El 50 % de los productores realizó las tres prácticas, el 34.6 % realizó barbecho y surcado, el 11.5 % realizó sólo rastreo o sólo surcado y el 3.8 % no realizó alguna, esto último indica que la única remoción de suelo se efectuó directamente en la siembra. El método más frecuente para realizar las dos primeras labores de preparación del terreno es con tractor, mientras que para el surcado se prefiere la yunta (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5 Método empleado en la preparación del terreno para la siembra de frijol ayocote en el Centro-Oriente de Puebla.

Método	Barbecho		Rastreo		Surgado	
	Frecuencia		Frecuencia		Frecuencia	
	Absoluta (n=44)	Relativa (%)	Absoluta (n=32)	Relativa (%)	Absoluta (n=44)	Relativa (%)
Tractor propio	5	11.4	4	12.5	3	6.8
Tractor alquilado	30	68.2†	18	56.3†	17	38.6
Yunta propia	9	20.5	8	25.0	22	50.0†
Yunta alquilada	0	0.0	2	6.3	2	4.5

†=Método mencionados con mayor frecuencia por los encuestados.

2.5.3.2 Variedades: El 100 % de los productores utiliza semilla de variedades locales. Se identificaron cinco diferentes coloraciones de grano: blanco, negro, amarillo, morado y pinto; lo más frecuente es encontrar variedades con color de grano negro (75 %). El 56 % de los agricultores conserva y cultiva más de una sola variedad y el tiempo promedio de uso, entendido como el tiempo que cada agricultor lleva cultivando la misma semilla, varía de acuerdo al color de grano que tenga cada variedad (Figura 2.2).

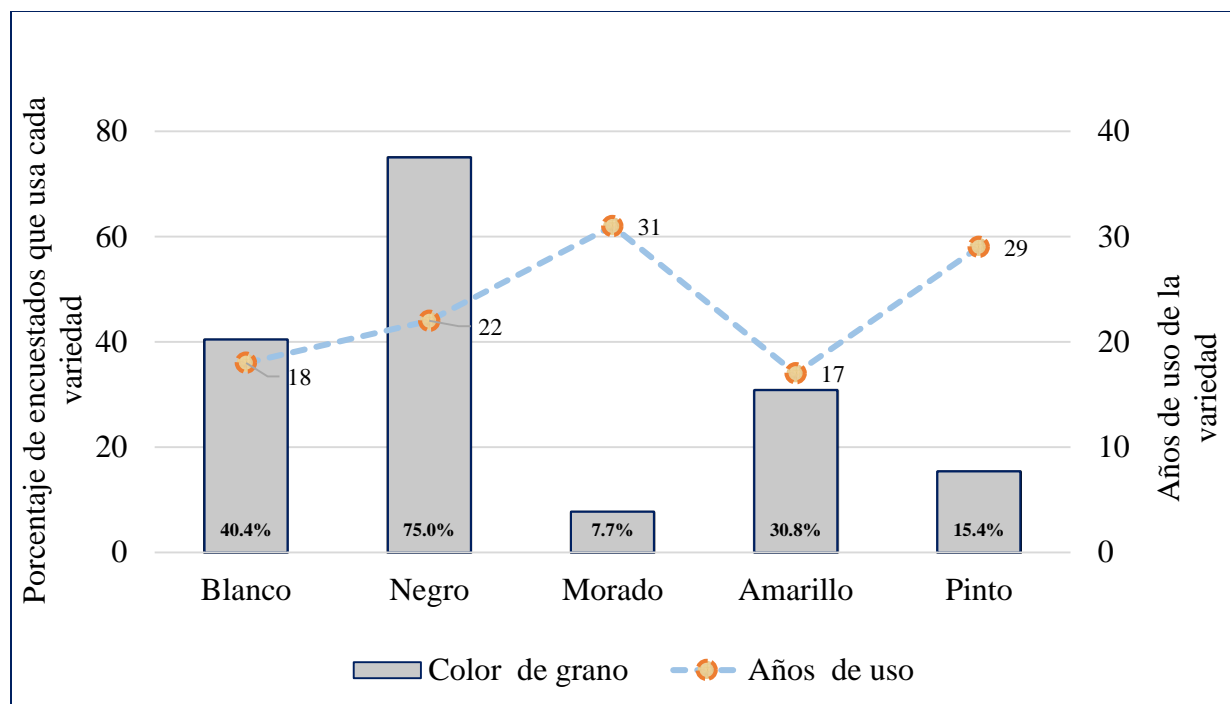


Figura 2.2 Variedades empleadas y tiempo promedio de uso de cada variedad de frijol ayocote en el Centro-Oriente del estado de Puebla.

La semilla de las variedades cultivadas en la zona de estudio proviene de cuatro diferentes fuentes: herencia de los padres (48.1 %), compra de la semilla a vecinos dentro de la misma localidad (38.4 %), adquisición con productores de otras comunidades o municipios aledaños (9.6 %) y compra en una casa comercial de venta de semillas y agroquímicos (3.8 %).

El 90.4 % de los agricultores emplea semilla del ciclo anterior para sembrar el año siguiente y el resto utiliza semilla con un máximo de dos años de antigüedad. Para sembrar, los productores utilizan de 20 a 80 kg de semilla por hectárea, con un promedio de 43.3 kg. La distribución de los agricultores, en función de la cantidad de semilla usada para siembra, es la siguiente: el 21.1 %, emplea de 20 a 30 kg/ha; el 44.2 %, de 35 a 45 kg/ha; el 26.9 %, de 50 a 60 kg/ha y el 7.7 %, de 70 a 80 kg/ha.

2.5.3.3. Siembra: La fecha de siembra fluctúa entre el 10 de abril y el 15 de julio y depende de la región o municipio de estudio. Considerando toda la región, el 40.3 % de los agricultores efectuó la siembra entre el 10 y el 30 abril; el 13.4 % sembró entre el 4 y el 20 de mayo; el 38.4 %, del 8 al 28 de junio y el 7.6 % del 2 al 15 de julio. El 42.3 % mencionó que prefiere sembrar en la fecha por él o ella definida para evitar plagas y aprovechar las lluvias. El 21.2% dijo hacerlo para evitar afectaciones por la posible incidencia de heladas tempranas y para aprovechar las

lluvias de temporal; un 21.2 % mencionó que es para obtener mejores rendimientos y un 15.4 % para efectuar la cosecha en la fecha o mes en la que se acostumbra.

Por lo general, la siembra se lleva a cabo haciendo el surcado con yunta y sembrando a mano (48.1 %), aunque también es frecuente que el surcado se haga con tractor y la siembra manual (34.6 %). Los métodos de siembra menos utilizados son con sembradora acoplada al tractor (11.5 %) y con sembradora de tracción animal (5.7 %). El sistema de producción de frijol ayocote que predomina en la zona de estudio es el monocultivo, el cual es utilizado por el 84.6 % de los productores, ya que, en su percepción, simplifica las actividades de manejo y cosecha. Sólo el 15.4 % de los productores siembra al ayocote en asociación con otro cultivo, como calabaza, maíz o frijol común, con el fin de cosechar varios productos en el mismo terreno.

2.5.3.4. Labores del cultivo y fertilización: Entre las prácticas de manejo agronómico utilizadas para favorecer el buen desarrollo del cultivo se acostumbra realizar la primera y segunda labor. En ambas prácticas el método más frecuente para realizarlas (84 y 93 %, respectivamente) es con el empleo de la yunta. El resto utilizó tractor para este fin.

En cuanto al manejo de la fertilización del cultivo, el 38.5 % de los agricultores encuestados recurre al uso de fertilizantes químicos. En este caso, la gran mayoría de ellos aplica sólo urea en la primera labor y al inicio de la formación de guías, utilizando en promedio 3.2 bultos por hectárea de este tipo de fertilizante, lo que representa 75 kg de nitrógeno por unidad de superficie. El 61.5 % no aplica fertilizante químico, y dijo que ello se debe a los costos elevados y a la falta de costumbre. No obstante, el 51.9 % del total de los agricultores encuestados aplica estiércol, ya sea de bovino, caprino o acémilas, antes de la siembra.

2.5.3.5. Control de plagas, enfermedades y malezas: El 63.5 % de los encuestados ha tenido problemas de plagas en su cultivo. Entre las plagas más importantes que identifican los productores se encuentran el chapulín (*Sphenarium* spp.), el picudo (*Apion* spp.) y la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.). El 90.9 % de quienes tuvieron problemas de plagas las controló con algún tipo de insecticida químico (Parathión metílico y Metamidofos, principalmente), adquirido en las casas comerciales de venta de este tipo de productos.

Un 26.9 % de los agricultores mencionó haber tenido problemas de presencia de enfermedades en su cultivo, destacando la roya o chahuistle (*Uromyces* spp.) como la más común; de ellos, el 78.6 % las controló mediante la aplicación de fungicidas con ingredientes activos como el Carbendazim, adquirido en los mismos puntos de venta que los insecticidas.

El 96.2 % de los entrevistados controló malezas de forma manual, reconociendo en este contexto al acahual (*Simsia* spp.), mozoquelite (*Bidens* spp.) y nabo (*Brassica* spp.) principalmente. Sólo un 3.8 % restante no llevó a cabo algún tipo de deshierbe. La principal forma de control fue la escarda con la yunta y deshierbe manual de una a tres veces durante el ciclo de cultivo.

2.5.3.6. Cosecha: El 1.9 % de los entrevistados realizó la cosecha finalizando el mes de agosto, el 19.2 % en septiembre, el 34.6 % en octubre, el 38.5 % en noviembre y solo el 5.8 % en diciembre. Antes de llevar a cabo dicha actividad, los productores consideran ciertas características en la planta como indicadores para decidir el momento adecuado para efectuar el arrancado del frijol, siendo las siguientes: que la planta esté completamente seca (23.1 %), la caída de las hojas (9.6 %), el color de las hojas (28.8%) las cuales deben presentar colores entre amarillo y verde “alimonado” y el color de las vainas (65.4%), el cual debe ser café y/o amarillo (cuando las primeras vainas están casi secas).

El 98.1 % de los productores arranca el frijol de manera manual y 1.9 % de forma mecanizada. El 86.5 % no hacen el acarreo de las plantas cosechadas a la unidad de producción, ya que la trilla la realizan directamente en el campo. El 65.3 % hace la trilla empleando animales de carga, el 21.2 % de forma mecanizada (tractor) y el 13.5% la lleva a cabo de forma manual, ya sea vareado o pisado. El método de limpieza también es manual (venteado) y es realizado por un 78.8% de los encuestados. Un 11.5 % de los agricultores no limpia el ayocote debido a que la venta del grano es inmediata; el resto lo realiza auxiliándose con un ventilador.

2.5.3.7. Destino de la producción: Con los datos proporcionados por los entrevistados se calculó que en el año 2016 se obtuvo un rendimiento de grano promedio de 918.7 kg·ha⁻¹, con un mínimo de 150 kg·ha⁻¹ y un máximo de 2.000 kg·ha⁻¹. El 64 % de los agricultores comercializa una parte o la totalidad del grano cosechado. La parte de la producción que fue destinada para la venta en el año 2016 tuvo un precio promedio por kilogramo de \$ 9.27 MXN., con un mínimo de \$3.50 MXN y un máximo de \$15 MXN, siendo la variedad de grano amarillo la que alcanzó el valor más bajo y a la vez el más alto. El 84.8 % de la producción fue vendida a través de intermediarios y sólo el 15.2 % se comercializó de forma local con vecinos y familiares.

2.6. Discusión

Con base en los resultados obtenidos se demuestra: 1) Que el frijol ayocote es cultivado en unidades de producción caracterizadas por ser pequeñas (cuatro integrantes en promedio), con productores de edad madura y con ingresos menores a las líneas de bienestar, por lo que la continuidad del cultivo en el Centro-Oriente del estado de Puebla podría verse comprometida por estos mismos aspectos; 2) Que el cultivo es importante para los agricultores por razones económicas, culturales y alimenticias y que el conocimiento que poseen sobre el manejo y el comportamiento de sus variedades hace que estas sean significativamente valoradas, lo que ha permitido su permanencia como parte fundamental del sostenimiento de las unidades de producción y 3) Que el manejo agronómico del cultivo de frijol ayocote está sustentado en el conocimiento tradicional que se ha generado en torno al mismo y que se ha transmitido de generación en generación. No obstante, esta transmisión de conocimientos está en riesgo debido a la falta de interés que ocurre en parte de los jóvenes por las actividades agrícolas.

En el aspecto de género, aunque la mayoría de los encuestados fueron hombres, se encontró que un 15.4% fueron mujeres, lo que resalta su participación y su autonomía en las actividades agrícolas propias del cultivo de frijol ayocote. Cabe mencionar que el porcentaje anterior no es un indicativo de que las mujeres no participen activamente en el proceso productivo.

Otro aspecto que llamó la atención fue el hecho de que los productores de la zona de estudio son de edad relativamente avanzada (60 años en promedio). Lo anterior, aunado al hecho de que el 65.4 % de los productores encuestados son mayores de 51 años de edad, hace suponer que no ha habido un reemplazo generacional, a pesar de que mencionan que involucran e intentan transmitir a las siguientes generaciones los conocimientos y costumbres que poseen en torno al cultivo. A pesar de lo anterior, el que sean agricultores de edad madura, quienes en promedio llevan 22.5 años cultivando frijol ayocote, sugiere que han generado y conservado una riqueza significativa de conocimientos, experiencia e información acumulada a través del manejo directo y del aprovechamiento del cultivo, utilizándolo como un recurso importante dentro de sus unidades de producción (Altieri 1993). Se ha señalado (Tucuch *et al.*, 2007) que en el cultivo de maíz, la edad avanzada de los agricultores es un factor que limita la productividad, debido al arraigo de su tecnología de producción tradicional; no obstante, en un estudio reciente (Uzcanga *et al.*, 2015) reveló que los productores más experimentados obtuvieron los mayores rendimientos,

evidenciando que la edad no es una condición sino una oportunidad para la aplicación de la tecnología.

Los datos mostraron que el grado de instrucción académico de los encuestados es bajo (el 75 % carece de escolaridad o tiene la primaria incompleta), situación que podría constituirse en una limitante para acceder a información de utilidad para el agricultor, pues puede ser motivo de que no aprovechen en su momento oportunidades de subsidios gubernamentales (por ejemplo a través de la implementación de proyectos productivos y créditos) para mejorar la productividad de su actividad.

Un último aspecto a analizar en el ámbito socioeconómico es que a pesar de que la mayoría de los productores tiene familias pequeñas, el ingreso mensual con el cual subsisten es menor a \$1,500 MXN. De acuerdo con CONEVAL (2018), el valor promedio de la Línea de Bienestar (LB) y la Línea de Bienestar Mínimo (LBM) por persona para el ámbito rural en el año 2017 fue de \$1,022.06 y \$1,854.83 MXN respectivamente, lo que indica que los ingresos mencionados por los encuestados no son suficientes para satisfacer sus necesidades básicas como ser humano, confirmando que es en el medio rural donde se encuentran los mayores índices de pobreza en el ámbito nacional, provocando la migración de los jóvenes, dejando las actividades agropecuarias a la población de mayor edad.

Para los agricultores entrevistados, la importancia del cultivo de frijol ayocote reside principalmente en el papel que tiene como un complemento del ingreso económico familiar, lo cual confirma reportes de que en los sistemas agrícolas tradicionales, parte de la producción está orientada al mercado a fin de obtener recursos económicos (Abasolo, 2011). El esquema anterior permite que parte de la producción sea destinada al autoconsumo, situación benéfica en el medio rural, pues al ser el ayocote un elemento básico de la dieta regular de muchas de las familias que tienen a este cultivo como eje fundamental, se provee la proteína que podría ser aportada por la carne, pues esta raramente forma parte de la dieta cotidiana de estos segmentos poblacionales.

La presente investigación permite afirmar que la permanencia del cultivo también está basada en parte en la gran diversidad de poblaciones nativas de frijol ayocote utilizadas en la zona de estudio, dado que, como opinaron los agricultores, ello representa una ventaja en términos de capacidad de adaptación a las características edafoclimáticas bajo las cuales producen en la región, situación que redundará en un buen rendimiento de grano. La mayor adaptación de las poblaciones nativas a ámbitos locales es un aspecto que ha sido ampliamente documentado para maíz en

México (Muñoz, 2003). Algo similar fue reportado por Polegri y Negri (2010), quienes encontraron que las variedades locales de caupí (*Vigna unguiculata* L.) representan una gran importancia para los agricultores, principalmente por su adaptación al ambiente de la zona de cultivo y además porque están vinculadas con los usos, los conocimientos, los hábitos y las celebraciones.

Según Altieri y Nicholls (2000), el conocimiento tradicional no se basa únicamente en una observación aguda, sino también en un aprendizaje experimental, y éste se manifiesta en la selección de variedades para ambientes específicos, para sobreponerse a ciertas limitaciones biológicas o socioeconómicas, pero también para aprovechar diferentes microclimas a partir de la variación genética de la especie. De acuerdo con los autores antes mencionados, esta interacción entre la variación del ambiente y la actividad del hombre y su cultura, es lo que ha generado no solo la gran diversidad presente en las variedades locales, sino también el amplio y variado aprovechamiento de las mismas por medio de los diferentes usos que se le dan. Tal planteamiento quedó confirmado en la región de estudio, pues los agricultores identificaron cinco tipos de ayocote (negro, blanco, amarillo, pinto y morado), en los cuales reconocieron diferentes atributos positivos, además de que algunos de ellos (los negros y amarillos) son preferidos en el mercado. Esto último coincide en cierta forma con lo reportado por Vargas *et al.* (2014), quienes mencionan que las variedades que más predominan en el mercado son las de grano grande de color negro, morado y blanco.

El rendimiento promedio de frijol ayocote en el ciclo agrícola 2016, estimado a partir de la información proporcionada por los agricultores, fue de $0.918 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ al compararlo con la media de producción obtenida a nivel estatal bajo condiciones de temporal en el mismo año, que fue de $0.810 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2017), se encuentra que el primero fue más alto en poco más de 100 kg, evidenciando que a pesar de que se emplea mayormente tecnología tradicional y de que se tiene una baja aplicación de insumos, es posible obtener rendimientos apropiados. Lo anterior refleja no sólo el conocimiento y amplia experiencia generados para cultivar el frijol, sino también el alto potencial de rendimiento de grano del cultivo y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de producción.

En cuanto al manejo agronómico que se le da al cultivo de frijol ayocote por parte de los agricultores de la zona de estudio, se encontró que predominan las prácticas agrícolas derivadas del conocimiento tradicional, como lo evidencia el siguiente listado: 1) fecha de siembra en

función del aprovechamiento de la estación de crecimiento y para prevenir riesgo de daños por la incidencia de heladas tempranas, 2) surcado con yunta y sembrado a mano (realizado por 48.1% de los encuestados), 3) utilización de semilla local por todos los productores, 4) utilización de la yunta como fuerza de tracción para la remoción del suelo durante las labores de cultivo, 5) aplicación de abonos orgánicos (estiércol de animales) por parte del 52 % de los productores, 6) control de malezas de forma manual (96 % de los casos), 7) Arrancado del frijol de forma manual (98.1 % de los productores), 8) trilla de las vainas empleando principalmente animales de carga y, por último, 9) limpieza del grano de forma manual y con la ayuda del viento (realizado por un 78.8% de los encuestados). Lo anterior no debe considerarse una limitante, pues como lo señalan Sánchez-Olarte *et al.* (2015), existen ventajas a favor de este tipo de prácticas, ya que presentan elementos importantes de sustentabilidad, por su adaptabilidad a los recursos y características ambientales locales. Consecuentemente, puede decirse que el conocimiento que poseen los agricultores que cultivan el frijol ayocote es fundamental para dar continuidad al sistema y su reproducción social.

De acuerdo con Hernández (1988), la agricultura tradicional en México es practicada principalmente en superficies pequeñas y con limitada aplicación de tecnologías. En este contexto, las prácticas de manejo del cultivo que actualmente persisten en la zona de estudio son propias de este tipo de agricultura, y es muy probable que hayan sido el producto de la experimentación empírica, la cual también es característica de esta actividad, lo que ha generado un acervo de conocimientos que merece ser valorado y reconocido. No obstante, la permanencia de este conocimiento y su transmisión hacia generaciones futuras es algo incierto debido al desinterés de estas mismas generaciones de jóvenes por participar en actividades agrícolas. Aun cuando algunos programas de desarrollo rural consideran que este enfoque de agricultura tradicional no es el apropiado, actualmente se reconoce que es conveniente para abordar determinadas problemáticas (Altieri, 1999) y contribuir a su solución en el ámbito local. En este sentido, muchas de las labores agrícolas que realiza cada agricultor dependen de la tecnología con que cuenta y adapta a sus condiciones locales y socioeconómicas particulares (Abasolo, 2011). Esto es precisamente lo que hacen los productores de ayocote del Centro-Oriente de Puebla.

Cabe mencionar que se detectaron algunas prácticas que no pertenecen a la agricultura tradicional, como lo es la aplicación de fertilizantes químicos, siendo común el uso de los nitrogenados, a dosis de 75 kg·ha⁻¹. Esta cantidad es superior a las recomendaciones del INIFAP

(2005) para el Distrito de Desarrollo Rural de Libres, Puebla (60-60-00) y para el área de Serdán-Cañada Morelos (40-40-00) y no incluye el aporte de fósforo, situaciones ambas que pueden afectar la madurez de la planta y el rendimiento de grano. Debido a lo anterior, se considera que es necesario implementar programas de asistencia técnica enfocados a mejorar la manera en que los productores manejan la fertilización en el cultivo.

La información generada en este estudio contribuye a precisar el conocimiento en torno a algunos aspectos socioeconómicos característicos de las unidades de producción de frijol ayocote y a la forma en que tales unidades contribuyen a la permanencia del cultivo en la región a través de la generación y mantenimiento de prácticas agrícolas acordes no solo a las condiciones socioeconómicas, sino también tomando en cuenta las condiciones del ambiente de producción. Ello constituye una riqueza cultural que debe ser reconocida y conservada. Por último, la información presentada en este escrito puede servir como un antecedente para un estudio de tipología de productores de la zona de estudio, con el fin de atender necesidades de manera diferenciada y esclarecer aún más las características de las unidades de producción.

2.7. Conclusiones

El frijol ayocote es relevante para los agricultores del Centro-Oriente de Puebla debido a su importancia económica, cultural y alimenticia. Su continuidad también se debe, en parte, al valor que los agricultores le otorgan a sus poblaciones nativas, entre las que sobresalen su diversidad y su adaptación al entorno ambiental local.

El manejo del cultivo de frijol ayocote en la zona de estudio está basado mayormente en la aplicación de prácticas derivadas del conocimiento tradicional.

A pesar de los elementos anteriores, las características socioeconómicas de las unidades de producción pueden determinar la continuidad y permanencia futura del cultivo en la región.

2.8. Bibliografía

- Abasolo P. V.E. (2011)** Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas. *Iberofórum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana* 11:98-120, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=211019068006>
- Altieri M. A. (1993)** Desarrollo sostenible y pobreza rural: Una perspectiva Latinoamericana. *In: Agroecología Ciencia y Aplicación*. CLADES. Berkeley, California. pp. 349-375.
- Altieri, M. (1999)** Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 337 p.
- Altieri M. y C. I. Nicholls (2000)** Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental (1ª ed.). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F. 250p.
- Ayala G. A. V., R. Schwentesius R., M. Á. Gómez C. y G. Almaguer V. (2008)** Competitividad del frijol mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberalización comercial. *Región y Sociedad* 20: 37-62, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10204202>
- Basurto F., D. Martínez D., A. Castellanos y M. Martínez (1996)** Ciclo agrícola y fenología de *Phaseolus coccineus* L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México. *Etnoecología* 3: 71-81
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2018)** Evolución de las líneas de bienestar y de la canasta alimentaria <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx> (febrero, 2018)
- Cruz L.A, J. Cervantes H., M. Á. Damián H., B. Ramírez V., y P. G. Chávez S. (2015)** Etnoagronomía, tecnología agrícola tradicional y desarrollo rural. *Revista de Geografía Agrícola* 55:75-89, <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/r.rga.2015.55.006.pdf>
- De La Cruz-Landero E., V. Córdova-Avalos, E. García-López, A. Bucio-Galindo y J.L. Jaramillo-Villanueva (2015)** Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta Veracruzana* 17:33-40, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49742125005>

- Escalante E. J. A. y J. Kohashi-Shibata (1993)** El Rendimiento y Crecimiento del Frijol. Manual para toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- Guevara-Hernández F., L. Rodríguez-Larramendi, M. de Á. Rosales-Esquinca, R. Ortiz-Pérez, H. Gómez-Castro, C. E Aguilar-Jiménez y R. Pinto-Ruiz (2014)** Criterios de manejo local del cultivo de chayote (*Sechium edule Jacq. Sw*) en zonas rurales de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales* 35:5-13, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362014000200001&lng=es&tlng=es
- Hernández X. E. (1988)** La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38:673-678, <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/189/2/RCE2.pdf>
- Hernández, X. E., A. Ramos R. y M.A. Martínez A. (1979)** Etnobotánica. In: E. Mark Engleman (ed.) Contribuciones al Conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 113–140.
- Lagunes-Espinoza L. del C., F. Gallardo-López, H. Becerril-Hernández, y E. D. Bolaños-Aguilar (2008)** Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14:13-21, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100003&lng=es&tlng=es
- Miranda C. S. (1979)** Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. In: E. Mark Engleman (ed.) Contribuciones al Conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp: 83–99.
- Monroy R. y A. Quezada-Martínez (2010)** Estudio etnobotánico del frijol yepatlatle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 14:23-34, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83716113002>
- Muñoz O. A. (2003)** Centli-Maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México, D. F. 211 p.
- Polegri L. y V. Negri (2010)** Molecular markers for promoting agro-biodiversity conservation: a case study from Italy. How cowpea landraces were saved from extinction. *Genet Resources and Crop Evolution* 57:867–880, <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9526-z>

- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2015)**
 Agenda técnica agrícola Puebla
www.inifap.gob.mx/Documents/agendas_tecnologicas/21_Puebla_2015_SIN.pdf (marzo, 2018).
- Sánchez-Olarte J., A. Argumedo-Macías, J. F Álvarez-Gaxiola, J. A., Méndez-Espinoza y B. Ortiz-Espejel (2015)** Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 12: 237-254, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000200007&lng=es&tlng=es
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017)**
http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Octubre 2017)
- Tucuch-Cauich F. M., R. Ku Naal, J. D. Estrada-Vivas y A. Palacios-Pérez (2007)**
 Caracterización de la producción de maíz en la zona Centro-Norte del estado de Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana* 18:63-270, <https://doi.org/10.15517/am.v18i2.5056>
- Uzcanga P. N. G., A. de J. Cano G., J. Medina M. y J. de J. Espinoza A. (2015)** Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 19:1295–1305, <http://purl.umn.edu/200172>
- Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., N. Mayek P., A. Pérez G., E. Ramírez S. (2014)**
 Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:191-200, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263129784002>
- Vargas V.P., J. S. Muruaga M., J.M. Hernández C. y J. Díaz, D. (2007)** Diagnóstico de la forma cultivada del frijol ayocote *Phaseolus coccineus* L. e información geográfica de los sitios de colecta. Campo Experimental Valle de México, INIFAP, Chapingo, Estado de México. 18 p.

III. DISCUSIÓN GENERAL

La diversidad genética constituye una reserva de adaptabilidad que sirve de protección contra cambios ambientales y económicos que pueden ser nocivos; además, representa una fuente importante de variabilidad que garantiza la seguridad alimentaria (FAO, 2018). Tal diversidad persistirá en la medida en la cual se conserven los recursos fitogenéticos, tanto *ex situ* como *in situ*. En esta última vertiente, la permanencia de dichos recursos depende mucho del manejo que se le dé al cultivo, del aprovechamiento que se haga del mismo y de la persistencia del conocimiento asociado a los mismos. En México, la tecnología empleada especialmente en las áreas temporaleras, se ha construido desde los inicios de la agricultura y se ha ido complementando por elementos que se han ido añadiendo hasta el presente (Engleman, 1991). Estos conocimientos deben ser reconocidos como una herramienta para lograr la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, pues son una reserva de saberes que ha sido fundamental para conservar la diversidad genética agrícola, ya que permite a los agricultores adaptar sus cultivos a las condiciones cambiantes a través de la selección (CDB, 2008). En este contexto, cualquier trabajo orientado al estudio de la diversidad cultivada por el hombre y del conocimiento generado en torno a la especie, cobra particular relevancia.

Uno de los alimentos centrales para la alimentación del pueblo mexicano es el frijol, nombre genérico bajo el cual quedan incluidas cinco especies cultivadas. De éstas, la más estudiada ha sido la correspondiente al frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), quizá por ser la de mayor consumo y superficie sembrada. No obstante, como se mencionó anteriormente, en el territorio nacional también se cultivan y aprovechan las otras cuatro, las cuales también ameritan atención.

Una de ellas es el frijol ayocote (*P. coccineus* L.), especie que ocupa el segundo lugar, dentro del género *Phaseolus*, en términos de importancia alimenticia (Vargas *et al.*, 2012). Aun cuando existen investigaciones previas orientadas al estudio de su diversidad (Castillo *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2014), ninguna de ellas había incorporado una muestra amplia de las poblaciones nativas presentes en el altiplano Centro-Oriente de Puebla, principal región productora del estado, ni había sido conducida en el lugar de origen de las colectas. Es precisamente en este aspecto donde radica uno de los aportes importantes del presente estudio, pues demuestra que en un espacio geográfico relativamente pequeño (el correspondiente a los dos municipios donde se concentra la producción de frijol ayocote) es posible encontrar la existencia de una amplia diversidad morfoagronómica entre poblaciones locales. Adicionalmente, permite concluir que la variación observada está

presente en todas las estructuras de la planta, pero principalmente en atributos de flor, vaina y semilla, los cuales resultaron claves para agrupar la diversidad encontrada. Ello corrobora y conjunta las conclusiones a las cuales habían llegado, por una parte Castillo *et al.* (2006), quienes resaltaron que la variable días a floración servía como criterio para la conformación de grupos, y por otra, Spataro *et al.* (2011), quienes señalaron que la variación en características de la vaina y la semilla eran atributos distintivos con respecto a las demás especies del género. Con lo anterior se da respuesta a las dos primeras preguntas de investigación, se acepta totalmente la primera hipótesis y parcialmente la segunda, pues las características que mayormente explicaron la variación no sólo fueron las de vaina y semilla, sino también las asociadas a la flor (específicamente días a floración media y color de flor).

Otro aporte de la investigación está relacionado con el hallazgo de que el frijol ayocote es cultivado en unidades de producción que presentan ciertas restricciones de carácter socioeconómico, entre las cuales pueden mencionarse las siguientes: la edad avanzada de los agricultores, baja escolaridad, superficie pequeña para cultivar, bajo nivel de ingreso económico, migración y poco interés de algunos jóvenes por participar en actividades agrícolas. A pesar de tales restricciones, para los agricultores que producen esta especie, el cultivo es importante por razones económicas, culturales y alimenticias. De ellas, las de mayor relevancia son las económicas, debido a que complementa el ingreso económico familiar y, en algunos casos, sirve de sustento.

Una última contribución del trabajo es la demostración de que el manejo agronómico del cultivo de frijol ayocote está sustentado en el conocimiento tradicional y de que uno de los elementos tecnológicos centrales, ampliamente valorado por los agricultores, es el empleo de semillas nativas. Con lo expuesto anteriormente, se da respuesta a las dos últimas preguntas de investigación planteadas en este estudio, y se concluye que las hipótesis correspondientes se aceptan.

El presente estudio constituye el primer acercamiento al conocimiento de la diversidad fenotípica entre poblaciones locales de frijol ayocote provenientes del Centro-Oriente del estado de Puebla y del entorno socioeconómico y agronómico bajo el cual se desarrolla el cultivo de dicha especie.

Se espera que ello permita, por una parte, diseñar acciones tendientes a la conservación y aprovechamiento de la diversidad existente y por otra, proveer elementos para generar una

tipología de productores que permita caracterizarlos de mejor manera y, posteriormente, permita atender de mejor manera las necesidades de cada estrato.

3.1. Bibliografía

- Castillo M. M., P. Ramírez V., F. Castillo G. y S. Miranda C. 2006.** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. Revista Fitotecnia Mexicana 29:112-119, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029203>
- CDB, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008.** La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. <https://www.cbd.int/doc/bioday/2008/ibd-2008-booklet-es.pdf> (marzo, 2018)
- Engleman E.M. 1991.** Contribución al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados .Chapingo, México. pp. 140.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018.** Semillas y recursos fitogenéticos: una base para la vida, <http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/seeds-pgr/es/> (marzo, 2018).
- Spataro G., B. Tiranti, P. Arcaleni, E. Bellucci, G. Attene, R. Papa and V. Negri. 2011.** Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. Theoretical and Applied Genetics 122: 1281-1291, <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1530-y>
- Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., N. Mayek P., A. Pérez G. y E. Ramírez S. 2014.** Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5:191-200, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263129784002>
- Vargas V. M. L. P., J. S. Muruaga M., R. Lepiz I. y A. Perez G. 2012.** La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) Distribución geográfica de sitios de colecta. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3:1247-1259, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600014&lng=es&nrm=iso. ISSN 2007-0934

IV. CONCLUSIONES GENERALES

Se demostró que la diversidad morfoagronómica presente en las poblaciones locales de frijol ayocote del altiplano Centro-Oriente de Puebla es amplia y continua, y que se encuentra distribuida en todas las estructuras de la planta, pero principalmente en atributos de flor, vaina y semilla. Que las características más relevantes para describirla son la precocidad, color de flor y color de semilla y que las diversas variables asociadas a plántula, planta, hoja, flor, vaina y semilla, complementan la diferenciación entre grupos.

A pesar de las características socioeconómicas restrictivas que presentan las unidades de producción en que se cultiva y mantiene el frijol ayocote, éste prevalece debido a su importancia económica, cultural y alimenticia. Esta importancia está directamente relacionada con la diversidad morfoagronómica generada y mantenida por los agricultores, lo que se pone de manifiesto con el aprecio y la preferencia que le otorgan a las variedades locales. El conocimiento que poseen los agricultores en torno al manejo agronómico de este cultivo es valorado significativamente por los mismos, por lo que debe ser aprovechado y visto como una oportunidad para fortalecer estrategias gubernamentales y de investigación que contribuyan a una mejor planificación en la producción del cultivo.