

La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) I. Distribución geográfica de sitios de colecta*

The INIFAP collection of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) I. Geographical distribution of collection sites

Ma. Luisa Patricia Vargas Vázquez¹, José Socorro Muruaga Martínez¹, Rogelio Lépiz Ildefonso² y Alfredo Pérez Guerrero³

¹Programa de Recursos Genéticos. Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco, km 13.5. A. P. 307. C. P. 56250. Tel. (595) 9212657. Coatlinchán, Estado de México, México. (ymuruaga@hotmail.com). ²Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Carretera Guadalajara-Nogales, km 15.5. C. P. 45110. Zapopan, Jalisco, México. (rlepiz@cucba.udg.mx). ³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Textcoco Montecillo, km 36.5, Estado de México. C. P. 56230. Tel. (595) 9520200. (pg.alfred@gmail.com). Autora para correspondencia: patricia_vargas_mx@yahoo.com.mx.

Resumen

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es originario de las partes altas de Mesoamérica, donde se ha cultivado desde tiempos precolombinos, estudios recientes señalan que se domesticó hace 2 200 años en el Valle de Tehuacán, Puebla, México. Se cultiva en forma anual, pero en su hábitat natural crece en forma perenne en regiones húmedas en altitudes de más de 1 800 msnm. Después del frijol común, el frijol ayocote es la segunda especie de mayor importancia para la alimentación de los mexicanos, y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias resguarda 798 accesiones de variedades mexicanas nativas bajo conservación *ex situ*. Como la variabilidad genética y fenotípica de las plantas está influenciada por los factores ecológicos, es preciso conocer la distribución geográfica y características edafoclimáticas de los sitios de colecta del germoplasma de *Phaseolus coccineus* L. Para ello, en 2009 en el laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de INIFAP se elaboraron mapas de distribución geográfica de los sitios de colecta de las 798 accesiones de variedades nativas mexicanas de la forma cultivada, con sus características edáficas y climáticas. Para este propósito se utilizaron las coordenadas geográficas de los sitios de colecta, los mapas de regiones fisiográficas del Instituto Nacional de Estadística,

Abstract

The runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) is native to the highlands of Mesoamerica, where it has been cultivated since pre-Columbian times, recent studies show that was domesticated 2 200 years ago in the Valley of Tehuacan, Puebla, Mexico. It is grown annually, but in the wild perennial grows in humid regions at altitudes of more than 1 800 meters above the sea. After the common bean, runner bean is the second most important species for food of Mexicans, and the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock protects 798 accessions of native Mexican varieties under *ex situ* conservation. As the genetic and phenotypic variability of plants is influenced by ecological factors, is necessary to know the geographical distribution and edaphoclimatic characteristics of the germplasm collection sites of *Phaseolus coccineus* L. To do this, in 2009 in the laboratory of Geographic Information Systems of INIFAP were mapped the geographical distribution of collection sites of the 798 accessions of Mexican landraces of the cultivated form, with its edaphoclimatic characteristics. For this purpose we used the geographical coordinates of collection sites, maps of physiographic regions of the National Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI) and the information

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: agosto de 2012

Geografía e Informática (INEGI) y la información de tipo de clima, suelo y vegetación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se obtuvieron y visualizaron mapas con los programas de cómputo “Earth Resources Data Analysis System” y “Environmental System Research Institute”. El 81% de las accesiones de ayocote se colectaron en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental, en las subprovincias Lagos y Volcanes del Anahuac y Carso Huasteco. Los climas mas representados fueron los templados húmedos y semiáridos, asociados en su mayoría al bosque mixto de encino y pino en suelo cambisol éutrico.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, variabilidad genética, variabilidad ecológica.

Introducción

La complejidad del relieve mexicano definido por grandes cadenas montañosas y numerosas provincias fisiográficas, por el amplio rango latitudinal de 18° 13', las diferencias altitudinales de 5 740 m, la influencia de los mares que circundan el territorio nacional, todos ellos factores que definen la existencia de 28 ambientes climáticos (Medina *et al.*, 1998) y la sobreposición y entrelazamiento de dos grandes regiones biogeográficas (neártica y neotropical) así como los diferentes tipos de suelos, han favorecido la diversidad genética, la evolución de las plantas y el endemismo, dando origen a una de las biotas más diversas, por lo que México es considerado uno de los 17 países megadiversos del mundo.

Por otra parte, la llegada del hombre al Continente Americano hace más de 30 000 años, el desarrollo de vastas culturas en la región Mesoamericana en general y en México en particular (Castillo, 2004), y de la práctica de la agricultura a lo largo de 10 000 años sustentada por la diversidad florística nativa, han desempeñado un papel importante en la domesticación, conservación y dispersión de las especies autóctonas cultivadas que hoy conocemos.

Por lo que se refiere al frijol, reciente información genética, establece que el género *Phaseolus* es de origen mesoamericano y que la domesticación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) ocurrió en ambos centros de diversidad, Mesoamericano y Andino (Bitocchi *et al.*, 2011). Por lo que se refiere al frijol ayocote, patola o patol (*Phaseolus coccineus* L.) sólo se han encontrado restos arqueológicos de la forma cultivada en

of climate, soil and vegetation from the National Commission for Knowledge and use of Biodiversity (CONABIO). Maps were obtained and visualized with computer programs “Earth Resources Data Analysis System” and “Environmental System Research Institute”. 81% of the accessions of runner bean were collected in the Neovolcanic axis and the Sierra Madre Oriental in the subprovinces Lakes and Volcanoes of Anáhuac and Carso Huasteco. The most represented climates were temperate humid and semi-arid, mostly associated to mixed forest of oak and pine in eutric cambisol soil.

Key words: geographical information systems, genetic variability, ecologic variability.

Introduction

The complexity of the Mexican landscape defined by large mountain ranges and numerous physiographic provinces, the large latitudinal range of 18° 13', altitudinal differences of 5 740 m, the influence of the seas surrounding the country, all factors that define the existence of 28 climatic zones (Medina *et al.*, 1998) and the overlap and entanglement of two major biogeographic regions (Nearctic and Neotropical) and as different soil types, have favored the genetic diversity, plant evolution and endemism, giving rise to one of the most diverse biota, so that Mexico is considered one of the 17 mega diverse countries in the world.

Moreover, the arrival of man to the Americas for more than 30 000 years, the development of vast cultures in the Mesoamerican region in general and particularly in Mexico (Castillo, 2004), and the practice of agriculture along 10 000 years supported by the native floristic diversity have played an important role in the domestication, conservation and spread of cultivated native species we know today.

As regards the beans, recent genetic information establishes that the genus *Phaseolus* is of Mesoamerican origin and that the domestication of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) occurred in both centers of diversity, Mesoamerican and Andean (Bitocchi *et al.* 2011). As regards the runner bean, patola or pathol (*Phaseolus coccineus* L.) were only found archaeological remains of the cultivated form in Mesoamerica, particularly in Mexico. According to Kaplan and McNeish (1960) cited by Delgado (1988), the oldest runner remains were found in the caves of Ocampo,

Mesoamérica y particularmente en México. De acuerdo con Kaplan y McNeish (1960) citados por Delgado (1988), los restos más antiguos de ayocote, se encontraron en las Cuevas de Ocampo, Tamaulipas, con una edad entre 5 500 y 7 000 años aC. También Delgado (2006) señala que como México es el centro de diversidad de *Phaseolus*, la historia geológica de la región tiene relevancia en la evolución del género y sugiere que éste se diversificó con la formación del Eje Neovolcánico Transversal.

Las principales especies del género *Phaseolus* que se cultivan en México son: *P. vulgaris* L., *P. coccineus* L., y *P. lunatus* L. (Cárdenas, 1984). *P. coccineus* L., subespecie *coccineus* se maneja como cultivo anual, pero en su hábitat natural tanto la forma silvestre como domesticada, crecen en forma perenne en regiones templadas húmedas y templadas semiáridas en altitudes de más de 1 800 m (IBPGR, 1983). Como anual, se siembra de temporal en asociación con maíz. Las variedades que se siembran asociadas con maíz en climas templados sub-húmedos o semiáridos, pueden ser de guías cortas y de ciclo intermedio; en sitios de clima semitropical y húmedo, se cultivan variedades trepadoras que maduran mucho después que el maíz (Hernández X *et al.*, 1979).

En algunos casos se maneja como cultivo perenne; se siembra el primer año asociado con maíz y el segundo se maneja como unicultivo, o de nuevo asociado con maíz o con árboles frutales (Hernández X *et al.*, 1979). En la subprovincia fisiográfica Carso Huasteco de México, Vargas *et al.* (2011) observaron notable variación y diferenciación fenotípica en el germoplasma local, lo que evidencia la considerable variabilidad genética en los ayocotes de dicha zona. En general, la variabilidad del ayocote ha sido favorecida por la continua introgresión genética entre ambas formas, facilitada por la polinización cruzada de la especie e incrementada por la selección y dispersión artificial practicada por los humanos (Delgado, 1988). Producto de las actividades de exploración, colección y preservación de las formas cultivadas y silvestres de frijol realizadas por diferentes investigadores en los últimos 40 años, el banco de germoplasma de INIFAP cuenta actualmente con un total de 798 accesiones de la forma domesticada de dicha especie bajo conservación *ex situ* en el Campo Experimental Valle de México (Cárdenas *et al.*, 1996).

No obstante el gran número de colectas existentes y la variabilidad genética observada, en la actualidad solo existe una variedad de ayocote (Blanco Tlaxcala), cuyo método de obtención fue un compuesto multilineal (Muruaga, 1996,

Tamaulipas, aged between 5 500 and 7 000 years BC. Also Delgado (2006) notes that since Mexico is the center of diversity of *Phaseolus*, the geological history of the region has relevance in the evolution of the genus and suggests that it is diversified with the formation of transverse Neovolcanic axis.

The main species of the genus *Phaseolus* grown in Mexico are: *P. vulgaris* L., *P. coccineus* L., and *P. lunatus* L. (Cárdenas, 1984). *P. coccineus* L., subspecies *coccineus* is handled as an annual crop, but in their natural habitat as both wild and domestic, are grown perennially in temperate humid and temperate semi-arid regions at altitudes of more than 1 800 m (IBPGR, 1983). As an annual crop, is sown under rainfed in association with maize. The varieties that are planted with maize in sub-humid temperate or semiarid, the guides can be short and of intermediate cycle; in sites of a subtropical climate and humid, vines varieties are cultivated that ripen much later than maize (Hernández X *et al.*, 1979).

In some cases treated as perennial crop, is planted the first year associated with corn and the second is handled as monoculture, or again associated with corn or fruit trees (Hernández X *et al.*, 1979). The physiographic subprovince of Carso Huasteco Mexico, Vargas *et al.* (2011) observed significant phenotypic variation and phenotypic differentiation in the local germplasm, which shows considerable genetic variability in the runner bean in that area. In general, the variability of the runner bean has been favored by continued genetic introgression between the two forms, facilitated by cross-pollination of the species and increased by selection and artificial spread practiced by humans (Delgado, 1988). Proceeds from the exploration, collection and preservation activities of the cultivated form and wild of beans made by different researchers in the past 40 years, INIFAP's germplasm bank now has a total of 798 accessions of the domesticated form of these species under *ex situ* conservation in the Experimental Field Valley of Mexico (Cardenas *et al.*, 1996).

Despite the large number of existing collections and genetic variability observed at present there is only one variety of runner bean (Blanco Tlaxcala), whose method of obtaining was a multi linear compound (Muruaga, 1996, Zavala *et al.*, 2000) with tolerance to diseases such as anthracnose, common blight, rust and halo blight (Rosales Serna *et al.*, 2004). This demonstrates the underutilization of genetic diversity present in this collection which to date has been little explored for intensive use in Mexico.

Zavala *et al.*, 2000) con tolerancia a las enfermedades tales como: antracnosis, tizón común, roya y tizón de halo (Rosales Serna *et al.*, 2004). Lo anterior demuestra la subutilización de la gran diversidad genética presente en dicha colección que a la fecha ha sido poco explorada para su utilización intensiva en México.

Con el propósito de conservar la diversidad genética vegetal existen los bancos de semillas que aseguran la futura utilización de sus genes. Es indispensable conocer la variabilidad genética preservada y los mecanismos que la generaron. Se reconoce también la necesidad de generar información que permita revelar sus características genéticas de valor agronómico, para el mejoramiento de la forma cultivada y su utilización en la producción de alimentos. Igualmente, los conservadores y fitomejoradores están conscientes que el conocimiento de la variabilidad genética de *P. coccineus* es útil para mejorar las variedades cultivadas de *P. vulgaris*, ya que en el frijol ayocote están presentes genes no encontrados en el frijol común, como genes de resistencia a algunas enfermedades, tolerancia a plagas y tolerancia a factores abióticos como la sequía y las heladas.

Ruiz (2009) al estudiar la diversidad genética de los ayocotes del Carso Huasteco, de la colección del INIFAP, identificó secuencias genómicas que confieren resistencia a antracnosis y tizón común en accesiones de Zacapoaxtla y Tlatlauquitepec, Puebla. Por otra parte, el conocimiento de las características edafoclimáticas de los sitios de colecta y su distribución geográfica, permitirá identificar subprovincias y sitios donde sea necesario ampliar la colección de variedades criollas de ayocote, y sugerir las probables características adaptativas de la especie en ambientes extremos.

Para conocer su distribución geográfica y las características edafoclimáticas de los sitios de colecta de la forma cultivada de la especie, se trabajó con las coordenadas geográficas de sitios de colecta, distribución por entidad federativa, altura sobre el nivel del mar, región natural, provincia y subprovincia fisiográfica, tipo de clima, suelo y vegetación de dichos sitios. En la trilogía “clima-suelo-planta” el suelo interviene como un intermediario entre el clima y la planta aumentando o disminuyendo los efectos climáticos (Gaucher, 1971).

El suelo también presenta especificidad de acción sobre las plantas de modo que soporta diferentes tipos de vegetación. La naturaleza desarrolla en orden las plantas mas adaptadas para cada combinación de suelo y clima determinando así la composición de una comunidad (Stallings, 1979).

With the purpose of conserving plant genetic diversity seed banks exist to ensure the future use of their genes. It is essential to know the genetic variability preserved and the mechanisms that generated it. It also recognizes the need to generate information to reveal their genetic characteristics of agronomic value, for the improvement of the cultivated form and its use in food production. Similarly, conservatives and breeders are aware that knowledge of the genetic variability of *P. coccineus* is useful for improving cultivated varieties of *P. vulgaris*, as in the runner bean genes are present not found in the common bean, as genes for resistance to diseases, tolerance to pests and tolerance to abiotic factors such as drought and frost.

Ruiz (2009) to study the genetic diversity of the runner beans from Carso Huasteco, from INIFAP's collection, identified genomic sequences that confer resistance to anthracnose and common bacterial blight in accessions of Zacapoaxtla and Tlatlauquitepec, Puebla. On the other hand, knowledge of edaphoclimatic characteristics of the collection sites and their geographical distribution will identify sub provinces and sites where is necessary to extend the collection of native varieties of runner bean, and suggest the probable adaptive characteristics of the species in extreme environments.

To know the geographic distribution and edaphoclimatic characteristics of collection sites of the cultivated form of the species, it was worked with the geographical coordinates of collection sites, distribution by state, height above sea level, natural region, province and physiographic sub province, type of climate, soil and vegetation of such sites. In the trilogy “climate-soil-plant” the soil acts as an intermediary between climate and the plant by increasing or decreasing the climatic effects (Gaucher, 1971).

The soil also has specificity of action on plants so that supports different types of vegetation. Nature develops, in order the most suitable plants for each combination of soil and climate and thereby determines the composition of a community (Stallings, 1979).

A region is considered physiographic province when it has a geological unit on most of its area, own morphology and distinctive, and distinctive lithology by sub provinces. The latter have the same landforms that the province but with a different frequency or magnitude; or landform dominates but is associated with different ones that do not appear as important in the rest of the province (INEGI). Physiographic regions provide the curators of germplasm banks an overview of geographical distribution of species conserved.

Una región se considera provincia fisiográfica cuando tiene un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, morfología propia y distintiva, y litología distintiva por subprovincias. Estas últimas tienen las mismas geoformas que la provincia pero con diferente frecuencia o magnitud; o bien predomina la geoforma pero se asocia a otras diferentes que no aparecen en forma importante en el resto de la misma provincia (INEGI) www.inegi.gob.mx. www.lablaa.org/blaavirtual/geografia/region4/present.htm. Las regiones fisiográficas brindan a los curadores de los bancos de germoplasma un panorama de distribución geográfica de las especies que conserva.

Materiales y métodos

Los datos de pasaporte de las 798 accesiones se obtuvieron del catálogo del banco de germoplasma de *Phaseolus* spp. del INIFAP (Cárdenas *et al.*, 1996). Para la determinación del tipo de clima, suelo y vegetación de los sitios de colecta original se utilizaron las coberturas o capas que proporciona CONABIO, sobre poniendo los sitios de colecta con su respectivas coordenada geográficas se obtuvieron las características de las diferentes capas mencionadas de cada punto para el análisis de cada uno de ellos, esto por medio del Programa “Earth Resources Data Analysis System” ERDAS (1982) y “Environmental System Research Institute” ESRI (1996), alimentado con datos de la CONABIO.

División política estatal. Es un mapa digital que representa el límite de la república mexicana y de los Estados, a escala 1:1 000 000 con una proyección UTM (Universal Transversal de Mercator). Este mapa fue elaborado en CONABIO con información cartográfica proporcionada por el INEGI. El mapa contiene información sobre: nombres de los estados y capitales (CONABIO, 2005).

Clasificación altitudinal. Se utilizó el mapa que presenta las curvas de nivel del país cada 200 m, extraído del modelo digital del terreno escala 1:250000 de INEGI (CONABIO, 1998).

Clasificación por zonas naturales. En este mapa se clasifica al territorio, en regiones naturales. Los criterios de clasificación que se tomaron fueron: a) principales zonas climáticas: árida, trópico subhúmedo, trópico húmedo y la zona templada; y b) formas del relieve: sierras, las mesetas, los lomeríos, llanuras, etc. (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Materials and methods

Passport data of the 798 accessions were obtained from the germplasm bank catalog of *Phaseolus* spp. from INIFAP (Cardenas *et al.*, 1996). To determine the type of climate, soil and vegetation of the original collection sites were used the coverage or layers provided by CONABIO, overlapping the collection sites with their respective geographic coordinates were obtained the characteristics of the different layers mentioned in each point to analyze each of them, this through the program “Earth Resources Data Analysis System” ERDAS (1982) and “Environmental System Research Institute” ESRI (1996), fed with data from the CONABIO.

State policy division. It is a digital map that represents the limit of the Mexican Republic and the States, at a scale of 1:1 000 000 with a projection UTM (Universal Transverse Mercator). This map was prepared in CONABIO with map data provided by INEGI. The map contains information about: names of the states and capitals (CONABIO, 2005).

Altitude classification. It was used a map that shows the contour level of the country every 200 m, taken from the digital terrain model scale 1:250000 from INEGI (CONABIO, 1998).

Classification by natural areas. This map classifies the territory into natural regions. The classification criteria that were taken were: a) major climatic zones: arid, humid tropical, humid tropics and temperate zone; and b) forms of relief: mountains, plateaus, hills, plains, etc. (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Physiographic provinces and sub provinces. This map shows the boundaries of the physiographic provinces; limit corresponding to the sub provinces and physiographic discontinuities INEGI. The total of these is of 87 scale 1:4000 000 (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Climate classification. This map represents the different types of climates of the Mexican republic according to the classification of Köppen modified by García, scale 1:1 000 000. The work was conducted with the support of CONABIO, funded in 1995. For the mapping data were taken from National Meteorological System (SMN), Federal Commission of Electricity (CFE), and National Water Commission (CNA). Having a total of 3 037 weather stations (García and CONABIO, 1998).

Provincias y subprovincias fisiográficas. En este mapa se presentan los límites de las provincias fisiográficas; límite que corresponde a las subprovincias y discontinuidades fisiográficas de INEGI. El total de éstas es de 87 escala 1:4000 000 (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Clasificación de climas. Este mapa representa los diferentes tipos de climas de la república mexicana de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García, escala 1:1 000 000. El trabajo se realizó con el apoyo de la CONABIO, financiado en 1995. Para la elaboración del mapa se tomaron datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Federal de Electricidad (CFE), y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Contando con un total de 3 037 estaciones climatológicas (García y CONABIO, 1998).

Clasificación de suelos (carta edafológica). El mapa muestra los diferentes tipos de suelo que se encuentran a nivel nacional a partir de la unión de 32 coberturas: 17 a escala 1:250000 y 15 a 1:1000000. La información que se maneja es: tipo de suelo, textura, fase física, fase química. Los mapas digitalizados (INEGI) se obtuvieron a través del proyecto P147 Enriquecimiento y uso de la base de datos geográficos del INIFAP apoyado por CONABIO (INIFAP y CONABIO, 1995).

Carta fisonómica-estructural de la vegetación de México. Se describen y representan en un mapa escala 1: 400000, los principales tipos de vegetación de México (Balduzzi y Tomaseli, 1978-1979). Los autores revisaron la mayor parte de la bibliografía relacionada con el tema, desde fines del siglo pasado hasta 1978-1979, diferenciaron 21 tipos principales de vegetación y 10 subtipos de acuerdo a sus características fisonómicas, estructurales y criterios bioclimáticos. También indicaron las principales especies que los componen y su distribución.

Resultados y discusión

División política estatal. La colección contiene accesiones de 11 entidades federativas del territorio mexicano. El 50% de las 798 accesiones pertenecen a Puebla, 13% a Veracruz y 11% a Tlaxcala. El 26% restante vienen de estados con menos de 60 colectas y suman 208 accesiones (Cuadro 1 y Figura 1). La distribución de las colectas existentes, muestra la necesidad de enriquecer la colección

Soil classification (edaphological map). The map shows the different soil types that are nationwide from the union of 32 coverages: 17 at scale 1:250000 and 15 at 1:1000000. The information used is: soil type, texture, physical phase, chemical phase. The digitized maps (INEGI) were obtained through the project P147 Enrichment and use of geographic database supported by INIFAP supported by CONABIO (INIFAP and CONABIO, 1995).

Physiognomic-structural map of the vegetation of Mexico. Are described and plotted on a map scale 1: 400000, major vegetation types of Mexico (Balduzzi and Tomaseli, 1978-1979). The authors reviewed most of the literature on the subject from the late nineteenth century until 1978-1979, differentiated 21 main vegetation types and 10 subtypes according to their physiognomic characteristics, structural and bioclimatic criteria. They also indicated the main component species and their distribution.

Results and discussion

State policy division. The collection contains accessions from 11 states of Mexico. 50% of the 798 accessions belong to Puebla, 13% to Veracruz and 11% to Tlaxcala. The remaining 26% come from states with less than 60 collections and add 208 accessions (Table 1 and Figure 1). The distribution of existing collections shows the need to enrich the collection with runner beans underrepresented states such as State of Mexico, Oaxaca, Chiapas, Hidalgo and San Luis Potosi and thus some northern states of the country.

Cuadro 1. Distribución de accesiones de frijol ayocote colectadas en 11 estados del territorio mexicano.
Table 1. Distribution of runner bean accessions collected in 11 states of Mexico.

Estado	Número de accesiones	Porcentaje
Puebla	399	50
Veracruz	107	13.4
Tlaxcala	84	10.5
México	58	7.3
Oaxaca	36	4.5
Querétaro	30	3.8
Michoacán	29	3.6
Guanajuato	29	3.6
Chiapas	10	1.3
Hidalgo	9	1.1
San Luis Potosí	7	0.9
TOTAL	798	100%

con ayocotes de los estados menos representados como el Estado de México, Oaxaca, Chiapas, Hidalgo y San Luis Potosí. Así como algunos estados del norte del territorio nacional.

En el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, existen colectas recientes de ayocote: de Nealtican, Puebla, Chalco, Coatlinchán y Lomas de Cristo, Estado de México, así como en comunidades de la ruta Cocotitlán, Estado de México hasta Yecapixtla, Morelos (Castillo *et al.*, 2006); De Ixtenco, Tlaxcala, Tequexquinahuac, San Francisco, Ozumba, San Juan Tepecoculco y Juchitepec, Estado de México (Ayala *et al.*, 2006). Por otra parte, el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) cuenta con alrededor de 650 accesiones de ayocotes de diferentes estados del país (Com. Per. Dr. Jesús Axcayacatl Cuevas Sánchez).

Distribución por rango altitudinal. La mitad de las colectas (50.2%) vienen de sitios con alturas entre 2000 y 2600 msnm; 39.1% entre 1400 y 2000 msnm; 6.1% entre 800 y 1401 msnm; y 4.4% de sitios mayores a 2600 msnm (Figura 1). Estos resultados concuerdan con Debouck (1994), quien señala que *P. coccineus* L. se ha cultivado durante varios siglos en las partes altas de Mesoamérica y con base en información arqueológica asume que su domesticación en México se llevó a cabo en zonas altas y húmedas. Por su parte, en la actualidad el ayocote aun es apreciado y consumido por comunidades campesinas de agroecosistemas marginados de las tierras altas y ocasionalmente comercializado en mercados locales (Pool *et al.*, 1999).

En la Sierra Norte de Puebla se cultiva el frijol gordo o acajete, híbrido natural entre el frijol común y el frijol ayocote (Miranda, 1990) que por ser “pesado” de digerir se consume en el desayuno y permite que el campesino coma hasta 6 horas más tarde (Com. Per. Dr. Salvador Miranda Colín). En esta zona del Norte de Puebla, Basurto (2000) separó los ayocotes en función de la forma y tamaño del grano, porte y hábito de crecimiento de la planta y señala: que entre 100-1800 m de altitud crecen ayocotes de hábito de crecimiento indeterminado con grano pequeño llamado frijol pinto; entre 1800 y 2000 m crece el ayocote de guía, trepador y vigoroso con grano de mayor tamaño llamado ayocote de guía; y por arriba de 2000 m, ayocotes con hábito de crecimiento erecto indeterminado con grano grande y aplanado.

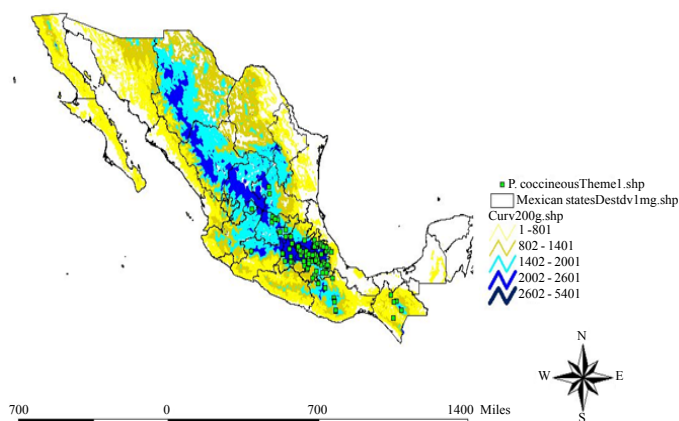


Figura 1. Distribución de la colección de frijol ayocote por entidad federativa y rango de altitud de los sitios de colecta en metros sobre el nivel del mar.

Figure 1. Distribution of runner bean collection by state and altitude range of the collection sites in meters above sea level.

In the Graduate College in Agricultural Sciences, there are recent collections of runner beans: from Nealtican, Puebla, Chalco, Coatlinchán and Lomas de Cristo, State of Mexico, as well as communities in the path Cocotitlan, State of Mexico to Yecapixtla, Morelos (Castillo *et al.*, 2006); de Ixtenco, Tlaxcala, Tequexquinahuac, San Francisco, Ozumba, San Juan Tepecoculco and Juchitepec, State of Mexico (Ayala *et al.*, 2006). Moreover, the National Plant Germplasm Bank of Chapingo (UACH) has about 650 accessions of runner beans from different states (Comm. Per. Dr. Jesús Axcayacatl Sánchez Cuevas).

Altitudinal distribution by range. Half of the collections (50.2%) come from sites at altitudes between 2000 and 2600 m, 39.1% between 1400 and 2000 m; 6.1% between 800 and 1401 m, and 4.4% of sites greater than 2600 m (Figure 1). These results agree with Debouck (1994), who notes that *P. coccineus* L. has been grown for centuries in the highlands of Mesoamerica and based on archaeological data assumes that its domestication in Mexico was held in high, humid areas. For its part, now the runner bean is still appreciated and consumed by rural communities in marginalized agro ecosystems of the highlands and occasionally sold in local markets (Pool *et al.*, 1999).

In the Sierra Norte of Puebla fat bean or Acajete is grown, natural hybrid between common bean and runner bean (Miranda, 1990) as “heavy” to digest is consumed at breakfast and allows the farmer eat up to 6 hours later

Cuadro 2. Distribución de accesiones de frijol ayocote por estado y rango de altitud de los sitios de colecta.
Table 2. Distribution of runner bean accessions by state and altitude range of the collection sites.

Rangos de altitud en metros sobre el nivel del mar					
Estado	801-1401	1402-2001	2002-2601	>2602	total
Puebla	41	159	197	2	399
Veracruz	8	54	45		107
Tlaxcala			84		84
México		15	33	10	58
Oaxaca		36			36
Querétaro		30			30
Michoacán			10	19	29
Guanajuato		6	23		29
Chiapas	1	3	6		10
Hidalgo		3	6		9
San Luís Potosí			7		7
TOTAL	49	306	411	31	798

Distribución por zonas naturales. La gran mayoría de los ayocotes, 72.3%, se colectaron en zonas templadas, 11.4% en zonas áridas, 8.4% en el trópico subhúmedo, y 7.9% en el trópico húmedo (Figura 2). Esta distribución de materiales ya domesticados desde al menos más de cinco siglos, se debe a la amplia dispersión artificial de la especie realizada por el hombre del Anáhuac (Debouck, 1994) y a la adaptación de la misma a un rango amplio de ambientes, ya que se encuentra desde los trópicos hasta zonas áridas.

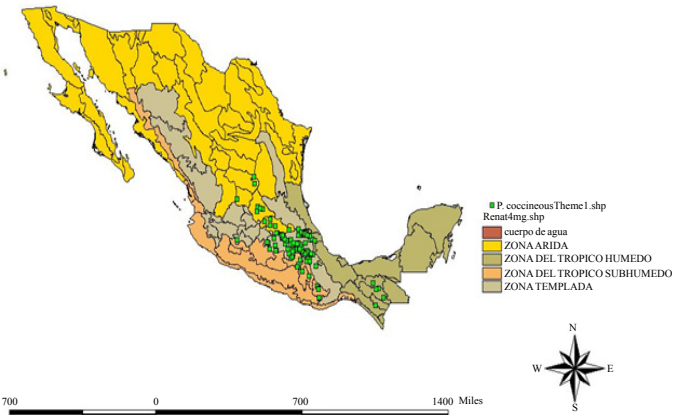


Figura 2. Distribución de la colección de frijol ayocote por zonas naturales
Figure 2. Distribution of runner bean collection of natural areas.

Distribución por provincias y subprovincias fisiográficas. Las 798 variedades nativas de ayocote pertenecen a seis provincias y 18 subprovincias fisiográficas del territorio mexicano. Las provincias más representadas son: Eje Neovolcánico 53%; Sierra Madre Oriental 28%; Sierra

(Comm. Per. Dr. Salvador Miranda Colin). In this area of the North of Puebla, Basurto (2000) separated the runner bean as a function of grain size and shape, size and growth habit of the plant and says: that between 100-1 800 m of altitude runner bean grow with an indeterminate habit with small grain called common beans, between 1 800 and 2 000 m grows the runner bean of guide, vine and vigorous with larger grain called guide runner bean, and above 2 000 m, runner bean with erect growth habit of indeterminate large and flattened grain (Table 2).

Distribution by natural zoning. The vast majority of runner beans, 72.3% were collected in temperate zones, 11.4% in arid areas, 8.4% in the sub humid tropics, and 7.9% in the humid tropics (Figure 2). This distribution of materials and domesticated since at least more than five centuries, is due to the wide dispersion of artificial of the specie made by the man from Anáhuc (Debouck, 1994) and adapting it to a wide range of environments, since is found from the tropics to arid areas (Figure 2).

Distribution by physiographic provinces and sub provinces. The 798 native varieties of runner bean are in six provinces and 18 physiographic sub provinces of Mexico. The provinces represented are: the Neovolcanic axis 53%; 28% Sierra Madre Oriental, 13% Sierra Madre del Sur; 5% Mesa del Centro and 1% Sierra de Chiapas and Guatemala, together with the Cordillera Central (Table 3). The occurrence of native varieties of runner bean in these provinces and physiographic sub provinces in the presence of chains of mountains and volcanoes of great elevation, sites

Madre del Sur 13%; Mesa del Centro 5%; Sierra de Chiapas y Guatemala junto con la Cordillera Centroamericana 1% (Cuadro 3). La ocurrencia de las variedades nativas de frijol ayocote en estas provincias y subprovincias fisiográficas con presencia de cadenas de sierras y volcanes de gran altitud, sitios de clima templado húmedo y subhúmedo en la mayoría de los casos, se debe a la adaptación de la especie ya que en tales áreas y condiciones se domesticó la especie (Debouck, 1994). La actual predilección del género *Phaseolus* a los bosques de encino, pino y pino-encino indica que evolucionaron después de la formación de tales hábitats en tierras altas (Delgado *et al.*, 2006).

Distribución por tipo de clima, suelo y vegetación. En general, la colección de variedades nativas de ayocote del INIFAP proviene de sitios en que ocurren los cuatro grandes tipos de clima del territorio nacional: templados (62.4%), cálidos y semicálidos (18.2%), áridos y semiáridos (14.5%) y semifríos (4.9%). Un estudio de 25 especies silvestres del género *Phaseolus* señala que de éstas, sólo 10 se han colectado en climas templado-fríos, entre las que destaca *P. coccineus* L. por lo que podría contribuir al desarrollo de germoplasma tolerante a bajas temperaturas ya que los climas templado-fríos parecen ser restrictivos para el género (López *et al.*, 2005).

En la actualidad, las variedades criollas de frijol ayocote se manejan como perennes o como anuales, según convenga al campesino. En Santa Catarina, Tepoztlán, Morelos el frijol yepatlxtle (*P. coccineus*) o frijol plano se cultiva en asociación con maíz, lo siembran en mayo, lo cosechan en fresco en enero, en marzo la planta rebrota formando nuevas hojas antes de la segunda floración, y se vuelve a cosechar ejote, en tanto que el segundo corte en fresco se inicia en abril (Monroy y Quezada, 2010).

El rebrote del ayocote criollo lo acerca a la perennidad, y está dado por las características de su raíz tuberosa que permite a la planta “guardar” agua durante los periodos de seca y si al cortar la planta seca en la cosecha, se deja en el suelo la raíz, de ésta surgirán rebrotes de plántulas con las primeras lloviznas de enero. Por otra parte, existen comunidades donde las variedades criollas son sembradas junto con materiales de la forma silvestre y se consume la semilla tanto de la planta criolla como de la cultivada (Com. Per. Dr. Salvador Miranda).

En climas semifríos se ubicaron 39 accesiones colectadas en sitios a más de 2 000 msnm en suelos Andosoles con alto contenido de ceniza y elevada capacidad de fijación de fosfatos (INIFAP y CONABIO, 1995), una vegetación de

of humid temperate and sub-humid temperate climate in most cases, is due to the adaptation of the species and in such areas and conditions are domesticated species (Debouck, 1994). The current preference of the genus *Phaseolus* to forests of oak, pine and pine-oak indicates that evolved after the formation of such habitats in the highlands (Delgado *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Distribución en provincias y subprovincias fisiográficas de los sitios de colecta de frijol ayocote.

Table 3. Distribution in provinces and physiographic sub provinces sites of runner bean collection.

Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica
Eje Neovolcánico 420 accesiones	Lagos y Volcanes del Anáhuac (324) Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (54) Sur de Puebla (31) Neovolcánica Tarasca (10) Depresión del Balsas (1)
Sierra Madre Oriental 227 accesiones	Karst Huasteco (149) Chiconquiaco (78)
Sierra Madre del Sur 105 accesiones	Sierras Orientales (37) Mil Cumbres (36) Sierras y Valles de Oaxaca (25) Mixteca Alta (4) Sierras Centrales de Oaxaca (3)
Mesa del Centro 36 accesiones	Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (29) Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (6) Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (1)
Sierras de Chiapas y Guatemala 9 accesiones	Sierras del Norte de Chiapas (7) Altos de Chiapas (2)
Cordillera Centroamericana Una accesión	Sierras del Sur de Chiapas (1)
Total 798 accesiones	Total 798 accesiones

Distribution by type of climate, soil and vegetation. In general, the collection of native varieties of runner bean from INIFAP comes from sites that occur in the four major types of climate in the country: temperate (62.4%), warm and semi calid (18.2%), arid and semiarid (14.5%) and semi

formación de abetos de alta montaña (Andosol úmbrico) y bosque mixto de *Quercus* y pino (Andosol mólico), así como vegetación semidesértica como son los arbustos latifoliados siempreverdes y deciduos (andosol mólico) (Balduzzi y Tomaseli, 1978-1979).

Las 498 accesiones de sitios con clima templado, se subdividieron en templado húmedos con 171 accesiones y templado subhúmedo con 327 accesiones, en sitios con suelos que mantienen al bosque mixto de encino y pino, bosque de niebla, abetos de alta montaña, sabana arbustiva con latifoliadas deciduas y vegetación semidesértica. En el bosque mixto de encino y pino, bosque de niebla y en la vegetación semidesértica el tipo de suelo predominante fue Cambisol éutrico rico en nutrientes; en la sabana arbustiva el Feozem háplico rico en materia orgánica y nutrientes; en la formación de abetos de alta montaña, el Andosol úmbrico de origen volcánico, y en el bosque de niebla con latifoliadas deciduas, el Cambisol éutrico.

También se identificaron tres accesiones de Zapotitlan Salinas, Oaxaca colectadas en suelo tipo Leptosol cálcico, suelos muy delgados de menos de 30 cm de espesor, limitados en profundidad por una roca dura continua, materiales muy calcáreos, o por una capa cementada. Estos ayocotes podrían tener características que les permitan crecer en sitios templados con suelos muy delgados. En este grupo de accesiones de climas templados, se identificó una acesión de La Purificación, Texcoco, cerca del antiguo complejo lacustre del Valle de México, que de acuerdo a las coordenadas geográficas del sitio de colecta, pertenece al tipo de vegetación palustre. La presencia del ayocote en este sitio quizá obedece a la influencia de un factor ecológico no relevante hoy en día, pero sí importante en otro tiempo por lo que pudo haber sido parte de un escurrimiento natural de agua de los cerros hacia el lago.

En sitios de climas cálidos y semicálidos se identificaron 145 accesiones: semicálido húmedo, 65; semicálido subhúmedo, 57; cálido subhúmedo, 11; y semicálido semiárido, 8. En estos sitios las localidades tienen un amplio rango de tipos de suelo, como Feozem háplico, Cambisol éutrico, Leptosoles y Alisoles que sostienen: bosque de latifoliadas deciduo con árboles menores de 15 m, bosque de encino y pino y bosque de niebla. Los alisoles (clasificación FAO-UNESCO, 1998, citado por Spaargaren, 1998) son típicos de clima mediterráneo húmedo con una estación seca intensa. Son suelos muy ácidos con alto contenido de aluminio intercambiable. Los Leptosoles (clasificación

cool (4.9%). A study of 25 species of the genus *Phaseolus*, notes that of these only 10 have been collected in temperate-cold climates, among which *P. coccineus* L. so it could contribute to the development of germplasm tolerant to low temperatures as cold temperate climates appear to be restrictive genus (López *et al.*, 2005).

Currently, the runner bean landraces are managed as perennial or annual, as appropriate to the farmer. In Santa Catarina, Tepoztlan, Morelos the yepatlastle bean (*P. coccineus*) or flat beans grown in association with maize, sown in May, fresh harvested in January, March, the plant re-grows new leaves before the second flowering, and beans are harvest again, while the second cut in fresh starts in April (Monroy and Quezada, 2010).

The regrowth of native runner bean brings it close to longevity, and is given by the characteristics of its tuberous root that allows the plant to “save” water during dry periods and whether to cut the dried plant at harvest, is left in the ground the root, it shoots seedlings emerge with the first rains of January. Moreover, there are communities where landraces are planted with wild materials and consumed the seed of the plant both native and the cultivated (Comm. Per. Dr. Salvador Miranda).

In semi cold climates 39 accessions collected were located at sites more than 2 000 m in Andosols soils with high ash content and high phosphate binding capacity (INIFAP and CONABIO, 1995), a vegetation formation of mountain pine (Andosol umbric) and mixed forest of oak and pine (mollic Andosol) and semi-desert vegetation such as broadleaf evergreen and deciduous shrubs (mollic Andosol) (Balduzzi and Tomaseli, 1978-1979).

The 498 accessions of temperate sites, were subdivided into mild and humid with 171 accessions and temperate sub humid with 327 accessions, in sites with soils that hold the mixed forest of oak and pine forests, cloud forest, mountain fir, shrub savanna with broadleaf deciduous and semi-desert vegetation. In the mixed forest of oak and pine, forests cloud and semi-desert vegetation predominant soil type was Cambisol eutric rich in nutrients; in the savanna the Feozem Haplic rich in organic matter and nutrients; in the formation of high-firs mountain, the Andosol umbric of volcanic origin, and in the forest of deciduous hardwoods fog, the eutric Cambisol.

Also identified three accessions of Zapotitlan Salinas, Oaxaca collected in Leptosol calcium soil type, thin soils less than 30 cm thick, limited in depth by continuous hard

FAO-UNESCO, 1998) son suelos muy delgados (espesor menor a 30 cm) y muy poco evolucionados. Se desarrollan sobre una roca dura o capa cementada.

En los climas áridos y semiáridos se identificaron 116 accesiones. La mayoría de éstas colectas se ubicaron en clima semiárido templado, y el semiárido cálido con dos tipos de vegetación: sabana arbustiva con latifoliadas deciduas y predominancia del estrato herbáceo y Bosque de latifoliadas deciduas con árboles menores de 15 m, cien por ciento deciduos. El tipo de suelo predominante de los sitios de colecta fue el Feozem háplico. Sin embargo, también se identificaron ayocotes que vienen de sitios con suelos delgados (Leptosoles) y de sitios con suelo tipo Regosol.

Conclusiones

El frijol ayocote es una especie de altura, puesto que la gran mayoría de los sitios de colecta (89%) se ubicaron en altitudes entre los 1 400 y 2 600 metros sobre el nivel del mar. Los climas templado subhúmedo y templado húmedo, albergan 62% de los sitios de colecta seguidos por los semicálidos subhúmedos y semicálidos húmedos, con 15% del total.

Las entidades federativas con mayor número de colectas fueron Puebla, Veracruz y Tlaxcala.

La subprovincia fisiográfica más representada en esta colección de frijol ayocote es la llamada Lagos y Volcanes del Anáhuac, perteneciente a la provincia Eje Neovolcánico.

De acuerdo con la carta edafológica y fisonómica-estructural de la vegetación de México, el tipo de suelo y vegetación predominante en los sitios de colecta, fue el Cambisol éutrico, rico en materia orgánica y el bosque mixto de encino y pino.

Literatura citada

Ayala, G. O. J.; Pichardo, G. J. M.; Estrada, G. J. A.; Carrillo, S. J. A. y Hernández, L. A. 2006. Rendimiento y calidad de semilla de frijol ayocote en el Valle de México. *Agric. Téc. Méx.* 32(3):313-321.

rock, very calcareous materials, or a cemented layer. These runner beans may have features which allow them to grow in temperate sites with thin soils. In this group of temperate accessions, we identified an accession of La Purificación, Texcoco, near the old lakeside resort of the Valley of Mexico, which according to the geographic coordinates of the collection site, belongs to the type of marsh vegetation. The presence of the runner bean on this site perhaps is due to the influence of an ecological factor not relevant today, but important in the past by what might have been part of a natural water runoff from the hills into the lake.

In warm climates and semi arid sites 145 accessions were identified: semi-warm humid, 65; semi-warm sub humid, 57; warm subtropical, 11, and semi-warm semi-arid, 8. In these places the towns have a wide range of soil types, as Haplic Feozem, Cambisol eutric, Leptosols and Alisols holding: deciduous hardwood forest with trees under 15 m, oak and pine forest and cloud forest. The Alisols (FAO-UNESCO classification, 1998, cited by Spaargaren, 1998) are typical of humid Mediterranean climate with an intense dry season. They are very acidic soils with a high content of exchangeable aluminum. Leptosols (FAO-UNESCO classification, 1998) are very thin soils (less than 30 cm thick) and very poorly developed. Develop on a hard rock or cemented layer.

In arid and semiarid climates 116 accessions were identified. Most of these collections were located in semi-arid temperate climate and warm semi-arid with two vegetation types: deciduous broadleaf shrub savanna and with predominance of herbaceous and deciduous hardwood forest with trees under 15 m, one hundred percent deciduous. The predominant soil type of the collection sites was Haplic Feozem; however also identified runner bean coming from sites with thin soils (Leptosols) and from sites with Regosol.

Conclusions

The runner bean is specie of height, since the vast majority of collection sites (89%) were located at altitudes between 1 400 and 2 600 meters above sea level. The temperate sub humid and temperate humid climates, house 62% of the collection sites followed by semi arid sub humid and semi arid humid, with 15% of the total.

The states with the largest number of collections were Puebla, Veracruz and Tlaxcala.

- Balduzzi, A. y Tomaseli, R. 1978. Carta fisionomico-strutturale della vegetazione del Messico. Atti Istituto Botanico Laboratorio Crittogamico della Università Pavia, s.6, XIII: 3-43. Escala. 1: 4 000 000.
- Basurto, P. F. 2000. Aspectos etnobotánicos de *Phaseolus coccineus* L. y *phaseolus polyanthus greenman* en la Sierra Norte de Puebla, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 104 p.
- Bitocchi, E.; Nanni, L.; Bellucci, E.; Rossi, M.; Giardini, A.; Zeuli, P. S.; Logozzo, G.; Stougaard, J.; McClean, P.; Attene, G. and Papa, R. 2011. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. Disponible en internet: www.Pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1108973109.
- Cárdenas, R. F. 1984. Clasificación preliminar de los frijoles en México. Ex Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH y Ex Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA. Folleto técnico Núm. 81 México, D. F. 19 p.
- Cárdenas, R. F. A.; Muruaga, M. J. S. y Acosta, G. J. A. 1996. Catálogo: banco de germoplasma de *Phaseolus* spp. del Instituto Nacional de Investigación Forestales y Agropecuarias. INIFAP. Campo Experimental Toluca, Zinacantepec, Estado de México. 149-325 pp.
- Castillo, M. M.; Ramírez, V. P.; Castillo, G. F. y Miranda, C. S. 2006. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. Rev. Fitotec. Mex. 29(2):111-119.
- Castillo, G. F. 2004. Contribuciones de los recursos filogenéticos a la genotecnia. In: Preciado, O. R. E. y Ríos, R. S. A. (eds.). Memoria del simposium aportaciones de la genotecnia a la Agricultura. Sociedad Mexicana de Citogenética. Chapingo, Estado de México. 10-35 pp.
- Cervantes, Z. Y.; Cornejo, O. S. L.; Lucero, M. R.; Espinoza, R. J. M.; Miranda, V. E. y Pineda, V. A. 1990. Provincias fisiográficas de México. Extraído de clasificación de regiones naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 1998. Curvas de nivel para la república mexicana. Escala 1:250 000. Extraído del modelo digital del terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México, D. F.
- The physiographic sub province most represented in this collection of runner bean is called the Lakes and Volcanoes of Anáhuac, belonging to the province Neovolcanic axis.
- According to the edaphological map and physiognomic-structural vegetation of Mexico, the type of soil and vegetation predominant in the collection sites was the Cambisol eutric, rich in organic matter and the mixed forest of oak and pine.
- End of the English version*
-
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2005. División Política Estatal. Escala 1:1000 000. Extraído de conjunto de datos vectoriales topográficos y toponímicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México, D. F.
- Debouck, D. G. 1994. Beans (*Phaseolus* spp.). In: neglected crops: 1492 from a different perspective. Hernando, B. J. E. and León, J. (eds.). Plant Production and Protection Series No. 26. FAO, Rome, Italy. URL: http://www.rlc.fao.org/leg/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/cap_2.htm#auto.
- Delgado, S. A. 1988. Variation, taxonomy, domestication and germplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In: genetic resources of *Phaseolus* beans. Gepts, P. (ed.). Kluwer Academic Publishers. 441-463 pp.
- Delgado-Salinas, A.; Bibler, R. and Lavin, M. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): A recent diversification in an ancient landscape. Systematic Bot. 31(4):779-791.
- Earth Resources Data Analysis System (ERDAS) 1982. ERDAS field guide. 5th edition revised and expanded. Atlanta, Georgia, USA. 35-37 pp.
- Environmental System Research Institute (ESRI). 1996. ArcView network analyst; optimum routing, closest facility and service area analysis. Redland, CA., U S A. 7-17 pp.
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.
- Gaucher, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Ediciones Omega. Barcelona. 3-21 pp.
- Hernández, X. E.; Ramos, A. y Martínez, A. M. A. 1979. Etnobotánica. In: Engleman, M. (ed.). Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México. 321-333 pp.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 1995. Edafología. Escalas 1:250 000 y 1:1 000 000. México.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1983. *Phaseolus coccineus* descriptors. Roma, Italia. 32 p.
- López, S. J. L.; Ruiz, C. J. A.; Sánchez, G. J. J. y Lépiz, I. R. 2005. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp.) en la república mexicana. Rev. Fitotec. Méx. 28(3):221-230.
- Medina, G. G.; Ruiz, C. J. A. y Martínez, P. R. 1998. Los climas de México. CIRPAC, INIFAP, SAGAR. 103 p.
- Miranda, C. S. 1990. Infiltración genética de *Phaseolus vulgaris* en *P. coccineus*. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 58 p.
- Monroy, R. y Quezada-Martínez, A. 2010. Estudio etnobotánico del frijol yepatxitle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Avance en Investigación Agropecuaria Disponible en Internet: <http://redalyc.uamex.mx/Src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=83716113002>. 14(1):23-34.
- Muruaga, M. J. S. 1996. Descripción varietal del frijol ayocote "Blanco Tlaxcala". Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Tlaxcala y Fundación Produce Tlaxcala, Tlaxcala, México, (tríptico). Campo Experimental Valle de México. 2 p.
- Pool, N. L.; Trinidad, S. A.; Etchevers, B. J. D.; Pérez, M. J. y Martínez, A. G. 1999. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. Agrociencia 34:251-259.
- Rosales, S. R.; Acosta, G. J. A.; Muruaga, M. J. S.; Hernández, C. J. M.; Esquivel, E. G. y Pérez, H. P. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Valle de México. Libro técnico Núm. 6. 148 p.
- Ruiz, S. R. 2009. Análisis de la diversidad genética de *Phaseolus coccineus* L. de la subprovincia Carso Huasteco de México. Tesis Maestro en Ciencias. Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México. 65 p.
- Spaargaren, O. C. 1998. World reference base for soil resources. ISSS, ISRIC, FAO. Wageningen, Roma. URL: <ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr84e.pdf>.
- Stallings, J. H. 1979. El suelo su uso y mejoramiento. 8ª. Ed. Trad. Sevillano, M. C. Ed. Continental. México, D. F. 145-167:99.
- Vargas, V. M. L. P.; Muruaga, M. J. S.; Martínez, V. S. E.; Ruiz, S. R.; Hernández, D. S. y Mayek, P. N. 2010. Diversidad morfológica del frijol ayocote del Carso Huasteco de México. Rev. Mex. Biod. 82:767-775.
- Zavala, O. J. A.; Vargas, V. P. y Muruaga, M. J. S. 2000. Comparación del desarrollo de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y una de frijol ayocote (*P. coccineus*). Agric. Téc. Méx. 26(2):173-181.