



1 de febrero de 2015 | Vol. 16 | Núm. 2 | ISSN 1607 - 6079

ARTÍCULO

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS FRIJOLES SILVESTRES EN MÉXICO

*Alfonso Delgado (Instituto de Biología, UNAM) y Susana
Gama López (Instituto de Biología, UNAM)*

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS FRIJOLES SILVESTRES EN MÉXICO

Resumen

En este texto se analiza la diversidad, la riqueza y los patrones de las especies silvestres de *Phaseolus* dentro de su distribución geográfica. Este trabajo parte del supuesto de que parte de esta gran riqueza genética aún se encuentra contenida dentro de las poblaciones silvestres y también en los cultivares criollos del frijol. Afortunadamente, una buena representación de estas semillas son protegidas en instituciones, tanto dentro como fuera de México. Finalmente, dirigimos nuestra preocupación a cómo esta diversidad podrá ser impactada por el cambio

climático y cómo las investigaciones sobre la biología de estas especies y sus redes de interacción permitirán la conservación de esta diversidad tanto a nivel de especies como de ecosistemas.

“...es primordial hacer esfuerzos para conservar los diferentes ecosistemas donde prevalecen las fuentes y recursos de estos alimentos.”

Palabras clave: taxonomía, filogenia, cambio climático, *Phaseolus*, modelación de la distribución geográfica de las especies.

DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF WILD BEANS IN MEXICO

Abstract

In this paper we analyze the diversity richness and patterns of the wild species of Phaseolus withhold on their distributional ranges. We assume that a large amount of this genetic diversity is still contained within wild populations, and also in bean cultivar landraces. Fortunately a good representation of their seed has been protected in institutions outside and within Mexico. Finally, we address concern of how this diversity could be impact by climate change, and how research on species biology and interactive networks will enhance our ability to conserve this diversity at the species and ecosystem levels.

Keywords: Taxonomy, Phylogeny, Climatic change, Phaseolus, Species distribution modelling (SDM).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS FRIJOLES SILVESTRES EN MÉXICO

Introducción

El género *Phaseolus* L. es el más diverso y con la distribución más amplia entre los integrantes de la subtribu Phaseolinae (tribu Phaseoleae, familia Leguminosae) del continente americano. Análisis morfológicos y moleculares del ADN, así como estudios sobre la estimación de la edad evolutiva de las especies de *Phaseolus* revelan parentescos entre los grupos de especies y su edad filogenética promedio, que es de cerca de 3 millones de años, con una gran diversificación entre el Plioceno tardío y el Pleistoceno (DELGADO-SALINAS *et al.*, 2006). La filogenia de sus especies ha establecido nueve grupos que, aunque emparentados, presentan distinciones morfológicas, biogeográficas y ecológicas. En México se encuentra la mayoría de las aproximadamente 65 especies del género, en un intervalo amplio de ambientes ecológicos y desde una altitud de casi a nivel del mar hasta los 3,000 m. Además, los progenitores silvestres de las cinco especies domesticadas –frijol común (*P. vulgaris*), lima, comba o ib (*P. lunatus*), ayocote o botil (*P. coccineus*), tepari o escumite (*P. acutifolius*) y acalete o gordo (*P. dumosus*)– también se encuentran dentro de los límites territoriales del país.

Como centro de la domesticación de estas cinco especies de frijol, México cuenta también con una amplia diversidad de variedades cultivadas o razas criollas, cada una adaptada localmente, desplegando diferentes tipos de crecimiento, coloración de flor, fruto y semillas. Por ejemplo, las cuatro razas ecogeográficas del acervo mesoamericano de *P. vulgaris* están distribuidas en la República Mexicana (SINGH *et al.*, 1991). Estudios taxonómicos o clasificatorios recientes describen aún nuevas especies y apuntan a que la diversidad del género puede ir en aumento a medida que se hagan más exploraciones.

Variedades de frijol. Imagen de: Carlos Adampol Galindo

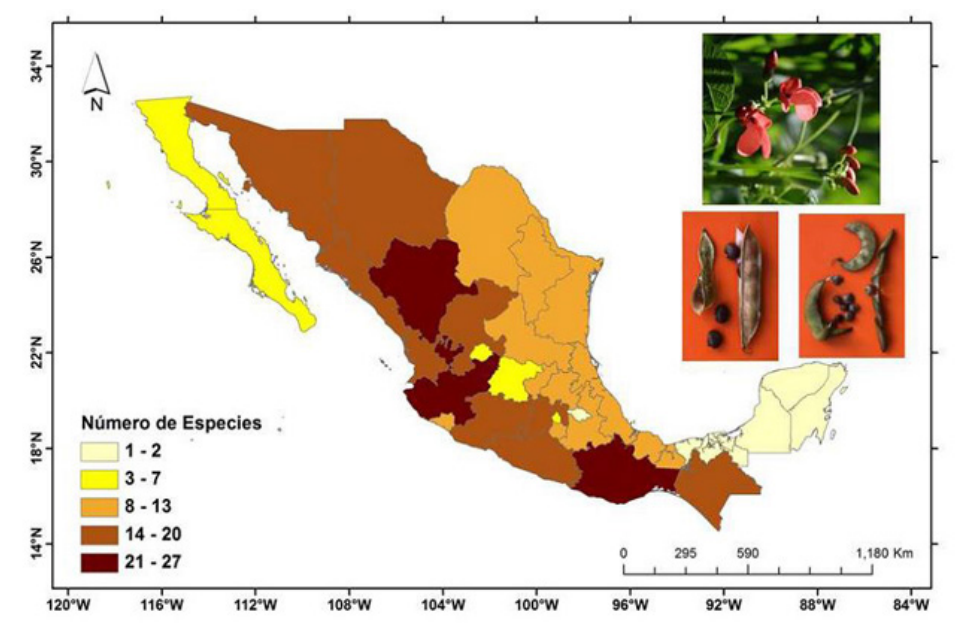


Diversidad y distribución

De acuerdo con estudios taxonómicos y filogenéticos (DELGADO-SALINAS *et al.*, 1999; 2006; 2011), se consideran actualmente 52 especies del género *Phaseolus* para México, 31 de éstas son endémicas al territorio mexicano.

El mayor número de las especies del género *Phaseolus* se distribuye en el occidente de México, siendo Durango, Jalisco y Oaxaca los estados con mayor diversidad de especies. Aquellos con menor número son los de la Península de Yucatán, Tabasco y Tlaxcala. Cabe señalar que la baja representatividad del género en Tlaxcala probablemente se deba a que no esté bien representado en las colecciones botánicas y que requiera ser explorado en colectas futuras de frijol (Figura 1).

Figura 1. Distribución de las especies silvestres de *Phaseolus* en los estados de la República Mexicana. En el margen superior derecho se presentan imágenes de flores de *P. coccineus*, frutos de *P. maculatus* (izquierda) y *P. ritensis* (derecha).



De acuerdo con Rzedowski (1978; 1990), las especies de *Phaseolus* han colonizado diversos tipos de vegetación y en uno o dos de estos, dentro de su distribución geográfica, la abundancia de algunas especies es rara o escasa. En cambio, otras especies no sólo habitan en diferentes, y a veces, contrastantes tipos de vegetación, sino que se presentan de forma abundante. En la Figura 2 se observa que seis especies sólo habitan en el territorio nacional en un tipo de vegetación, que ocho son exclusivas de dos tipos de vegetación y que casi la mitad de todas las especies habitan entre tres y cuatro tipos, mientras que siete especies crecen entre ocho y diez tipos y sólo una ha sido recolectada en todos los tipos de vegetación. Como se observa en la Figura 3, la mayoría de las especies de *Phaseolus* (49 de ellas) crecen en ambientes templados a fríos, subhúmedos a semiáridos, en bosques de *Juniperus*, de *Pinus*, *Pinus-Quercus* y *Quercus*, o bien, denominados en su conjunto como bosques de coníferas y encinos; pero sólo 10 de estas 49 son exclusivas de esos bosques (Figura 4).

Figura 2. Distribución de las especies silvestres de *Phaseolus* en los 14 tipos de vegetación en México, definidos por Rzedowski (1990). Tipos de vegetación, véanse Figuras 3 y 4.

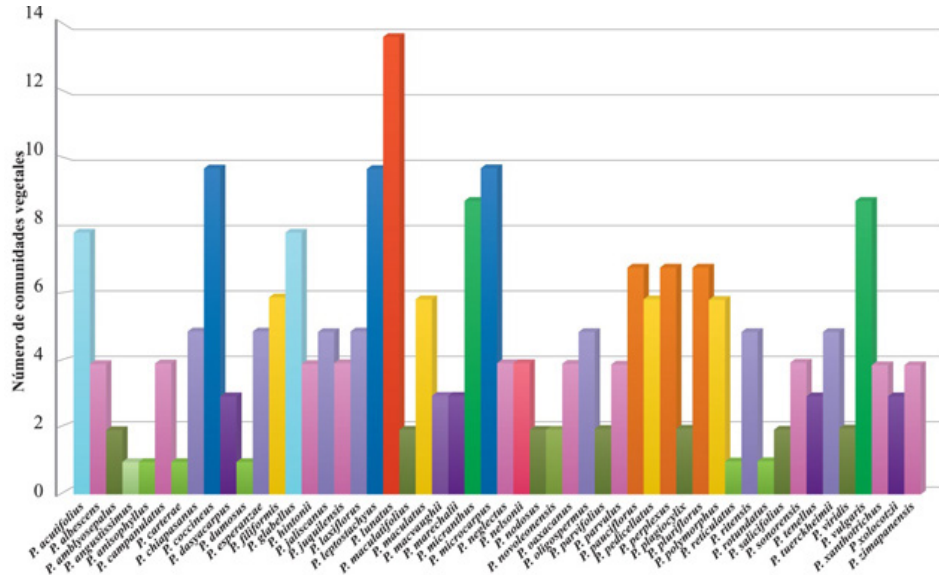


Figura 3. Tipos de vegetación (RZEDOWSKI, 1978) donde habitan las especies silvestres de *Phaseolus*.

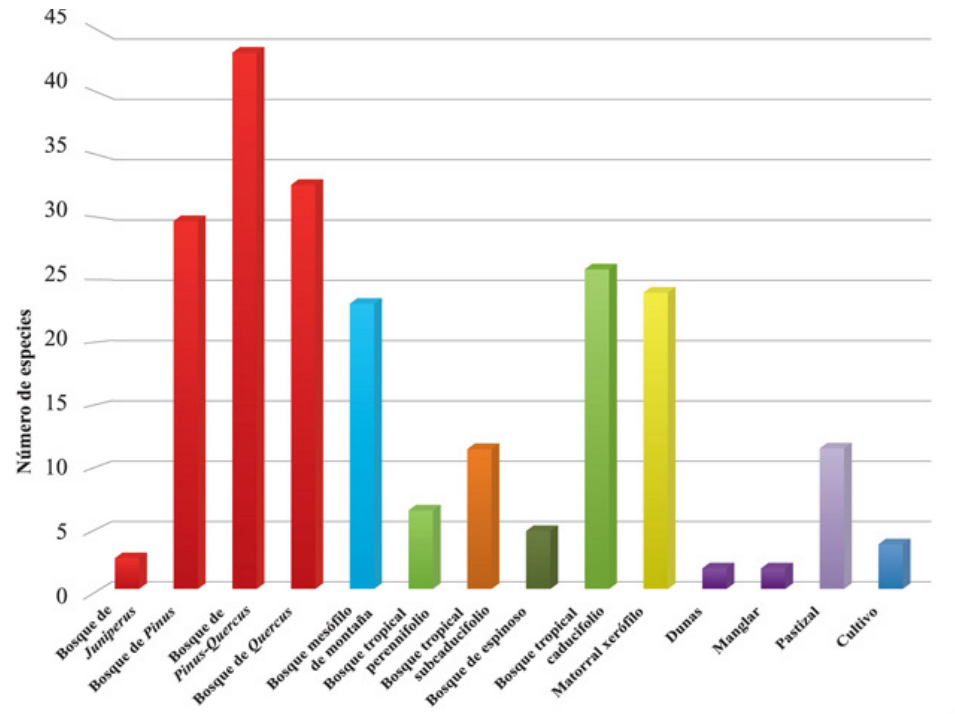
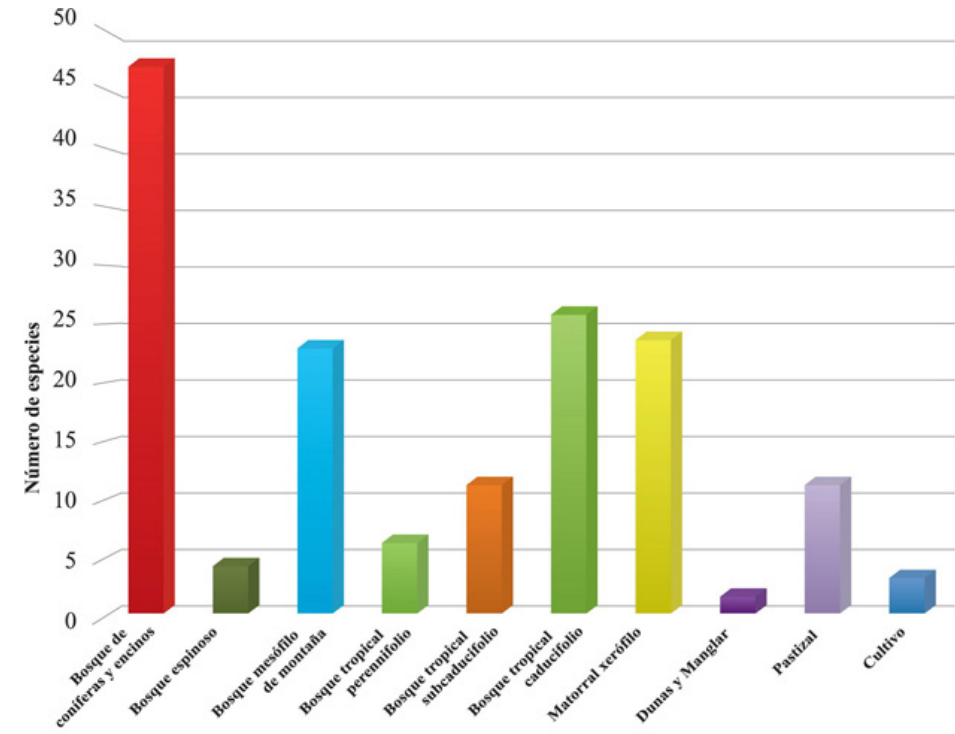


Figura 4. Tipos de vegetación delimitados y agrupados por Rzedowski (1990), donde habitan las especies silvestres de *Phaseolus*.



En los bosques mesófilos de montaña, con ambientes semicálidos y húmedos o muy húmedos, habitan 24 especies de frijoles silvestres, sin embargo, todas éstas también crecen en los bosques de coníferas y encinos. En contraste, en los bosques tropicales caducifolios con ambientes cálidos a semicálidos y subhúmedos, crecen 27 especies y sólo una lo hace en forma exclusiva. Veinticinco especies viven en matorrales xerófilos, pero en este caso, ninguna vive únicamente en esta vegetación.

Por lo general se observa un patrón en cuanto a la abundancia y la distribución de las especies: aquellas que tienen una amplia propagación no sólo en el país sino a veces a lo largo de casi toda la distribución del género en el continente, también presentan poblaciones numerosas en diferentes comunidades. Tal es el caso de *Phaseolus lunatus*, que se distribuye desde el norte de Argentina hasta México, donde ocurre en los catorce tipos de vegetación y, por lo menos en la vertiente pacífica, sus poblaciones pueden contar con numerosos individuos, apareciendo como una especie exitosa, ya que se puede pensar que tiene mayor descendencia y poder de colonización. Prueba de ello es su amplio intervalo distribucional (Figura 2). En cambio, la especie más estrechamente emparentada, *Phaseolus viridis*, sólo crece en tres estados del país y dos tipos de vegetación y sus poblaciones son escasas en número de individuos.

Se debe considerar que esta distribución y diversidad han llevado a que dentro de un mismo tipo de vegetación puedan concurrir poblaciones de dos o más especies de *Phaseolus*, por lo general variando en abundancia y extensión dentro de la región. Por ejemplo, pueden coincidir localidades donde especies filogenéticamente cercanas o hermanas como *Phaseolus coccineus* y *P. vulgaris* cohabiten el mismo bosque y, a pesar de que sus flores sean visitadas por las mismas especies de abejas para su polinización, se

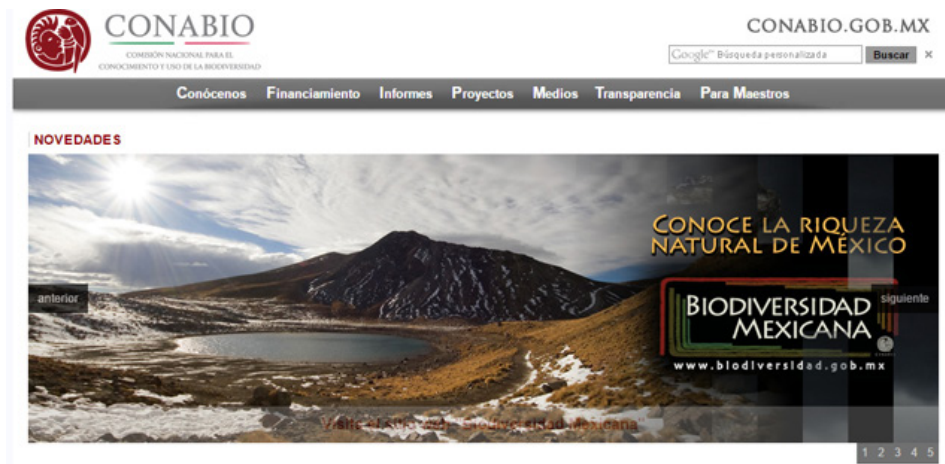
podría inducir a cruza entre las dos y producir híbridos, pero el entrecruzamiento entre estas poblaciones silvestres es difícil de encontrar, aunque ocasionalmente se observa la existencia de individuos híbridos en parcelas de cultivo donde crecen ambas especies (SOUSA *et al.*, 1996).

También se pueden dar casos en los que varias especies coincidan con poblaciones de *P. lunatus*, pero el riesgo de hibridación entre especies emparentadas es más remoto debido a que esta especie florece a finales de año o bien entrada la primavera, al contrario de otras que florecen principalmente en el verano y finalizando en otoño. Esta divergencia evita la competencia por los mismos recursos, por ejemplo, el no competir en un mismo periodo de tiempo por el mismo grupo de polinizadores (abejas o colibríes). Este patrón generalista de *P. lunatus* podría llevar a pensar que un cambio ecológico o climático podría impactar en un retraso o avance de su floración, pero no necesariamente impactaría en todas sus poblaciones, dada su amplia distribución tanto geográfica como ecológica. En cambio, un cambio drástico impactaría fuertemente las especies con distribución restringida. Entonces habría que pensar sobre la existencia de varias especies de frijol silvestre que habitan sólo pocos tipos de vegetación y en poblaciones reducidas, que al parecer han permanecido y resistido así por varios miles de años. Por lo anterior, tanto las generalistas, como el caso de *P. coccineus*, *P. leptostachyus*, *P. lunatus*, *P. microcarpus* o *P. vulgaris*, como aquellas especialistas o especies restringidas en su abundancia y distribución, como *P. campanulatus*, *P. novoleonensis*, *P. reticulatus* o *P. rotundatus* (Figura 2), requerirán de atención y estudios para poder diseñar acciones para su conservación (VERBERK *et al.*, 2010).

Cambio climático y su posible impacto

Bajo un escenario de cambio climático, los bosques templados fríos (bosque de coníferas y encinos) y húmedos (bosque mesófilo de montaña) tenderán a desaparecer al incrementar la temperatura, mientras que los bosques tropicales caducifolios y bosques espinosos propenderán a ocupar una mayor superficie que en la actualidad (VILLERS-RUIZ & TREJO-VÁZQUEZ, 2000). El matorral xerófilo tiene un menor grado de deterioro antropogénico, pero su afectación por el cambio climático será mayor y se reducirá su superficie (GÓMEZ-MENDOZA & ARRIAGA, 2007; ROJAS-SOTO *et al.*, 2012). Es por esto que la riqueza de las especies de *Phaseolus* se verá afectada por la disminución de las comunidades vegetales donde el mayor número de especies se distribuye actualmente. Los estudios de modelación de la distribución de las especies serán de gran ayuda, como los que estamos llevando a cabo en el proyecto apoyado por la CONABIO para conocer la interacción entre las especies y su clima, así como las poblaciones vulnerables al cambio climático, para que en un futuro cercano se puedan establecer programas de manejo y conservación *in situ* o *ex situ* de la variabilidad genética de las especies mexicanas de *Phaseolus* (MARTÍNEZ-MEYER, 2005).

Comisión nacional para el
 conocimiento y uso de la
 biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/>



Conservación fuera (*ex situ*) y dentro del país (*in situ*)

La capacidad de carga de nuestro planeta muy pronto será sobrepasada en cuanto a la producción de alimento se refiere. Se estima que el número de humanos para el año 2050 llegará a nueve billones y por ello es primordial hacer esfuerzos para conservar los diferentes ecosistemas donde prevalecen las fuentes y recursos de estos alimentos. La reserva genética que albergan estos ecosistemas tan sólo en cuanto a los parientes silvestres de nuestros cultivos debería hacer recapacitar y encaminar proyectos de conservación para salvaguardar estos recursos y, desde luego, las redes de interacciones que sostienen con otros organismos, como los visitantes y polinizadores de sus flores, dispersores de sus semillas y los captadores de nitrógeno en sus raíces.

Dada la necesidad de proteger y conservar estos recursos genéticos, se han realizado diferentes esfuerzos en el país. Tal es el caso de la creación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, motivada por el encuentro de la especie silvestre hermana del maíz (SANTANA *et al.*, 1997), así como el desarrollo de bancos de germoplasma de cultivos mejorados, cultivos o variedades criollas y especies silvestres de *Phaseolus*, tanto fuera como dentro de México. En cuanto a la conservación de semillas de frijoles *ex situ*, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia, existen 35,898 accesiones de frijol provenientes de 109 países, entre ellos México, que corresponden a 44 especies del género *Phaseolus*, tanto de cultivos como silvestres. Este material fue reunido por el CIAT desde 1972, y durante el 2013 se repatriaron (enviaron de CIAT al INIFAP) 6,197 variedades de frijol a México. Estas 6,197 muestras corresponden a variedades de frijol tradicionales ya extintas en el campo y material silvestre de sitios naturales.

Por otro lado, en México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) cuenta con cerca de 30,000 accesiones de frijol (*P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* y diferentes especies silvestres). Otro de los esfuerzos nacionales corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que fundó recientemente el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Este centro pretende almacenar

aproximadamente tres millones de muestras durante 100 años y será de gran importancia para la conservación de especies agrícolas, forestales, acuáticas, pecuarias y microbianas. Por consiguiente, entre las especies mexicanas de uso comestible, almacenará muestras silvestres y cultivadas de frijol, de maíz, papa, chile, calabaza, tomate, girasol, cacao, aguacate, nogal y algodón.

Además de la conservación en bancos de germoplasma nacionales, se han desarrollado proyectos de conservación *in situ* en los sistemas agrícolas tradicionales para conservar la diversidad genética en cultivares criollos de frijol, como es el proyecto "Milpa" (BYE & QUALSET, 2002), que propone un mejoramiento participativo tanto de productores como académicos, con diferentes especies de la Milpa. Sumados a estos esfuerzos, están las Áreas Naturales Protegidas (ANP) del país, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, sobre la Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. No obstante, de las 52 especies de frijoles silvestres que habitan el territorio mexicano, *Phaseolus leptophyllus*, colectada por primera vez en el siglo XVIII en las montañas cercanas a Chilpancingo, Guerrero, puede ser considerada probablemente extinta, ya que no ha sido encontrada otra vez, a pesar de varias búsquedas en esa región (FREYTAG & DEBOUCK, 2002).

Campos de frijol. Imagen de:
Christian Frausto Bernal



Conclusión

Lo anterior obliga a contar con información acerca de los ambientes donde prosperan estas especies: cómo llevan a cabo sus aspectos fisiológicos y reproductivos, cómo son las interacciones con sus polinizadores y sus mecanismos de polinización y dispersión, cuál es la duración de la latencia y la persistencia de sus semillas en el suelo y, en general, entender su capacidad de procesar la información ambiental y cómo responden a cambios, en particular de temperatura y humedad y a modificaciones en la cantidad de saturación de agua en el suelo (NAVEA *et al.*, 2002; MERCER & PERALES, 2010), que les ha permitido ocupar multidimensionalmente en estos ambientes. ❄

Bibliografía

- [1] BYE, Robert, Qualset, Calvin. "Conservation of genetic diversity and improvement of crop production in Mexico. A farmer based approach". *The McKnight Foundation. Collaborative Crop Research Program*, 2002.
- [2] DELGADO-SALINAS, Alfonso; Bibler, Ryan; Lavin, Matthew. "Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape". *Systematic Botany*, 2006, vol. 31, No. 4, p. 779-791.
- [3] DELGADO-SALINAS, Alfonso; Thulin, Mats; Pasquet, Remy S.; et al. "Vigna (Leguminosae) *sensu lato*: The Names and Identities of the American segregate genera". *American Journal of Botany*, 2011, vol. 98, No. 10, p. 1-22.
- [4] DELGADO-SALINAS, Alfonso; Turley, Tom; Richman, Adam; Lavin, Matthew. "Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae)". *Systematic Botany*, 1999, vol. 24, p. 438-460.
- [5] FREYTAG, George F.; Debouck, Daniel G. "Taxonomy, Distribution, and Ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae – Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America". *Sida, Botanical Miscellany*, 2002, vol. 23, p. 1-300.
- [6] GÓMEZ-MENDOZA, Leticia; Arriaga, Laura. "Modelling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico". *Conservation Biology*, 2007, vol. 21, No. 6, p. 1545-1555.
- [7] MARTÍNEZ-MEYER, Enrique. "Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species potential distributions". *Biodiversity Informatics*, 2005, vol. 2, p. 42-55.
- [8] MERCER, Kristin L.; Perales, Hugo R. "Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity". *Evolutionary Applications*, 2010, vol. 3, p. 480-

493.

- [9] NAVEA, Carlos; Terrazas, Teresa; Delgado-Salinas, Alfonso; *et al.* "Foliar response of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* L. to water stress". *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2002, vol. 49, No. 2, p. 125 -132.
- [10] ROJAS-SOTO, Octavio R.; Sosa, Victoria; Ornelas, Juan Francisco. "Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios". *Biodiversity Conservation*, 2012, vol 21, p. 2671-2690.
- [11] RZEDOWSKI, Jerzy. *Vegetación de México*, México: Limusa, 1978, p. 432.
- [12] ----- "Vegetación Potencial 1:4000 000. IV.8.2. Atlas Nacional de México" [en línea]. 1990, vol. II. México: Instituto de Geografía, UNAM. Disponible en Internet: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>
- [13] SAGARPA. Comunicado de Prensa. NUM. 809/14. <sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/2014/octubre/Documents/2014B809.pdf> [Consulta: 21 de noviembre de 2014].
- [14] SANTANA, C. Eduardo; Benz, Bruce F.; Sánchez-Velásquez, Lázaro R. "El valor de la Biodiversidad: *Zea diploperennis* y la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán". En: ENKERLIN, E. C.; Cano, G.; Garza, R. A.; *et al.* (eds.). *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*, México: Thomson Editores, 1997, p. 269-271.
- [15] SINGH, Shree; Gepts, Paul; Debouck, Daniel G. "Races of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae)". *Economic Botany*, 1991, vol. 45, No. 3, p. 379-396.
- [16] SOUSA-PEÑA, Mario; Wong-León, Alfredo; Delgado-Salinas, Alfonso. "Pollination dynamics and evolution in the *Phaseolus coccineus* L. complex". En: PICKERSGILL, B.; Lock, J. M. (eds.). *Advances in Legume Systematics: Legumes of Economic Botany*, Royal Botanic Gardens, Kew. 1996, Part 8. p. 75-81. ISBN 1900347083.
- [17] VERBERK, Wilco C.E.P.; Van Der Velde, Gerard; Esselink, Hans. "Explaining abundance-occupancy relationships in specialists and generalists: a case study on aquatic macro invertebrates in standing waters". *Journal of Animal Ecology*, 2010, vol. 79, p. 589-601.
- [18] VILLERS-RUIZ, Lourdes; Trejo-Vázquez, Irma. "El cambio climático y la vegetación en México". En: GARCÍA, C. G. (ed.). *Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. México: Instituto Nacional de Ecología, UNAM, US Country Studies Program, 2000, p. 239-254.