

**Informe final\* del Proyecto JE014**  
**El Género *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) para México\***

**Responsable:** Dr. Alfonso Delgado Salinas  
**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto de Biología  
Departamento de Botánica  
Herbario Nacional MEXU  
**Dirección:** Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México  
**Correo electrónico:** [adelgado@ibiologia.unam.mx](mailto:adelgado@ibiologia.unam.mx)  
**Teléfono/Fax:** (52/55) 562-29115, 29070, 29071, ext. 47788  
**Fecha de inicio:** Noviembre 30, 2012.  
**Fecha de término:**  
**Principales resultados:** Base de datos, fotografías, informe final, nomenclátor.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** **Informe final:** Delgado-Salinas, A., Gama-López, S., Martínez-Meyer, E. y J. A. Acosta-Gallegos. 2022. El género *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) para México. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. JE014.** Ciudad de México.  
**Nomenclátor:** Delgado-Salinas, A. & S. Gama-López. 2022. Nomenclátor del género *Phaseolus* para México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. **Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto JE014. Ciudad de México**

**Resumen:**

El género *Phaseolus* es de origen americano con aproximadamente 70 especies, de los cuales cinco han sido domesticadas: *Phaseolus acutifolius* A. Gray (teparí o escumite), *Phaseolus coccineus* L. (ayocote, tocomarí, botil), *Phaseolus dumosus* Macfadyen (gordo, acalete), *Phaseolus lunatus* L. (ib, comba, patachete, navajita, lima) y *Phaseolus vulgaris* L. (cimatl, frejol, frijol, etc.) y todas pueden cohabitar con sus poblaciones silvestres (Delgado-Salinas et al., 2006). Crecen del sur de Canadá, a la Florida y este de Texas, así como en Nuevo México, Arizona y Sureste de California en EUA. En México, se distribuye en las zonas montañosas (principalmente en la vertiente del Pacífico) y algunas de ellas llegan a Centroamérica. En Sudamérica, se distribuye en los Andes hasta el norte de Argentina. La domesticación del género ha provocado alteraciones en la distribución natural de *Phaseolus* en el continente americano, induciendo la adaptación a nuevos hábitats (Delgado, 1985) y por ende una variación morfológica inter e intraespecífica. De acuerdo a Perales & Aguirre (2008), estas especies forman parte de la biodiversidad humanizada, en donde conforman un gradiente continuo entre especies domesticadas y recolectadas de sus contrapartes silvestres. Las variaciones morfológicas que han experimentado las especies de *Phaseolus*, también han traído como consecuencia controversias en la delimitación taxonómica, provocando una falta de claridad sobre la delimitación de las especies, su fenología y áreas de distribución geográfica, como sucede en los estudios recientes sobre taxonomía y filogenia del género *Phaseolus* (Delgado-Salinas, 1985; Delgado-Salinas et al. 1999; Freytag & Debouck 2002; Delgado-Salinas et al 2006), en donde hay inconsistencias y desacuerdos en el número total de especies para el género *Phaseolus*. Para dilucidar esta problemática es importante establecer, un catálogo de los nombres científicos y de las autoridades correctas de las especies taxonómicamente reconocidas para México; para ello se tomarán en cuenta las evidencias tanto morfológicas, ecológicas y filogenéticas en un marco nomenclatural establecido por el Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Para establecer estudios de conservación y las medidas adecuadas de protección sobre la diversidad genética de las especies silvestres de *Phaseolus*, en particular de sus contrapartes cultivadas

mecanizadas y de los cultivos locales o criollos es importante construir la estructura principal de información que permita extraer datos biológicos, como son las épocas de floración, así como conocer la distribución puntual y potencial de sus especies. Esta fuente de información debe ser capturada en una Base de Datos, que permita organizar el contenido de las etiquetas de colecta de los ejemplares depositados principalmente en la colección del Herbario Nacional (MEXU), así como del material incorporado en otras colecciones nacionales (CHAPA, IEB, ENCB, IBUG, USON y XAL) e internacionales (ARIZ, ASU, F, GH, MO, NY, TEX-LL y US), así como la información recabada en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO. Todo ello con la finalidad de recabar la mayoría de los ejemplares colectados en México. Finalmente, la información generada tanto de la base de datos como en los mapas de distribución, permitirá conocer las poblaciones vulnerables, los patrones que han desarrollado las poblaciones de algunas especies del género *Phaseolus* para establecerse en nuevos ambientes, determinar las posibles especies o poblaciones endémicas, o desconocidas o no inventariadas en la flora mexicana, así como validar la distribución real de cada una de las especies mexicanas de *Phaseolus* y determinar el impacto del cambio climático en las diferentes poblaciones en dos escenarios de cambio climático para 2030 y 2050. Asimismo, esta información ayudará a entender la distribución que guardan las especies silvestres con las cultivadas mecanizadas y las cultivadas locales o criollas de frijol.

Debido a la importancia del presente proyecto "El género *Phaseolus* (Leguminosae) en México", se considera de suma importancia solicitar apoyo para desarrollar las actividades de este proyecto en cuatro principales fases:

" Fase I; construir un catálogo de los nombres científicos y de las autoridades correctas de las especies taxonómicamente reconocidas para México.

" Fase II; establecer un inventario de las especies del género *Phaseolus* en México de los ejemplares contenidos en el Herbario Nacional (MEXU). La captura de este material se realizará en el Sistema Biótica creado por la CONABIO, esto permitirá integrar la información necesaria (taxonómica y geográfica), para establecer de forma preliminar los patrones de distribución de las especies del género *Phaseolus*.

" Fase III, incrementar la base de datos establecida en la Fase I, por medio de los ejemplares incorporados en las principales colecciones nacionales (CHAPA, ENCB, IEB, IBUG, USON y XAL) e internacionales (ARIZ, ASU, F, GH, MO, NY, TEX-LL y US) y del material colectado en las salidas de campo. Revisar y validar la información contenida en el SNIB, obtenida en sus Proyectos de Repatriación. Visitar el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío (Celaya), para cotejar las localidades de las semillas reconocidas en este Campo de Investigación. La información recabada permitirá establecer la distribución puntual y potencial de las especies del género *Phaseolus* y con ello determinar las posibles especies o poblaciones desconocidas y no inventariadas en la flora mexicana. Así también, conocer la distribución geográfica preliminar de las especies cultivadas mecanizadas y las cultivadas locales o criollas de frijol.

Fase IV, revisar y validar la información contenida en el SNIB obtenida de la Colección del Germoplasma del INIFAP. Realizar trabajo de campo en las zonas poco exploradas, de acuerdo a la información proporcionada en las Fases II y III. Esto con el fin de enriquecer el conocimiento taxonómico, geográfico, los patrones de distribución de las especies silvestres, cultivadas mecanizadas y criollas del género *Phaseolus*. Asimismo, delimitar la distribución de estas especies en dos escenarios de cambio climático para 2030 y 2050.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



Comisión Nacional para el  
Conocimiento y Uso de la  
Biodiversidad



Instituto de Biología  
Universidad Nacional  
Autónoma de México



Instituto Nacional de  
Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias  
Campo Experimental Bajío



INFORME FINAL  
EL GÉNERO *Phaseolus*  
(*LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE, PHASEOLEAE*)  
PARA MÉXICO





Comisión Nacional para el  
Conocimiento y Uso  
de la Biodiversidad



Instituto de Biología  
Universidad Nacional  
Autónoma de México



Instituto Nacional de  
Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias  
Campo Experimental Bajío

I N F O R M E F I N A L  
EL GÉNERO *Phaseolus*  
(*LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE, PHASEOLEAE*)  
PARA MÉXICO

RESPONSABLE DEL PROYECTO  
Dr. Alfonso Octavio Delgado Salinas

TÉCNICO EXTERNO  
M. en C. Susana Gama López

CO RESPONSABLE DEL PROYECTO  
Dr. Enrique Martínez-Meyer

COLABORADOR EXTERNO  
Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos

Ciudad de México a 26 de octubre de 2022

Foto de portada  
tomada por Susana Gama, ejemplar de herbario de  
*Phaseolus glabellus*, E. Hernández Xolocotzi *et al.*, X-184  
Julio 2015 Herbario CHAPA

Fotos pie de páginas  
Flores tomadas por Susana Gama  
De ejemplares de herbario de CHAPA, ENCB y MEXU



## TABLA DE CONTENIDO

DATOS GENERALES DEL PROYECTO	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
METODOLOGÍA	10
FASE I	10
FASE II	10
FASE III	11
FASE IV	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
FASE I	13
FASE II	17
FASE III	17
ANÁLISIS DE LA ALTITUD	21
ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN	23
ANÁLISIS DE LA FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN	25
FASE IV	30
MAPAS DE DISTRIBUCIÓN PUNTUAL	30
MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS DE <i>Phaseolus</i>	63
SELECCIÓN DE REGISTRO DE ESPECIES	63
VALIDACIÓN DEL MODELO	65
ANÁLISIS DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS	66
PROYECCIONES PARA LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	71
CONCLUSIONES	101
ACTIVIDADES ALTERNAS	103
LITERATURA CITADA	104
APÉNDICE I	108
APÉNDICE II	110
APÉNDICE III	111
APÉNDICE IV	112



## **DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

### **Responsable del proyecto:**

**Dr. Alfonso Octavio Delgado Salinas**

Especialista en Leguminosas. Investigador del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Dirección: Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM. Circuito Exterior s.n., Ciudad Universitaria. Apdo. Postal 70-233, C.P. 04510, Ciudad de México.

Teléfono: 01 (52) 55 5622-9115

### **Colaborador externo:**

**M. en C. Susana Gama López**

### **Corresponsable del proyecto:**

**Dr. Enrique Martínez-Meyer**

Investigador del Instituto de Biología

### **Colaborador Externo:**

**Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos**

Líder Nacional del Programa de Frijol, Campo Experimental Bajío (Celaya), INIFAP

### **Otros Colaboradores:**

**Dra. Ángela P. Cuervo-Robayo**

Coordinación de Evaluación de Ecosistemas de la CONABIO

**M. en C. Juan Martín Barrios**

Coordinación de Ecoinformática de la CONABIO

### **Fecha de inicio del proyecto:**

Diciembre 2013

### **Fecha de término del proyecto:**

Octubre 2022

### **Principales resultados del proyecto:**

Nomenclátor del género *Phaseolus* para México; base de datos; mapas de distribución geográfica de las especies de *Phaseolus* para México y mapas de distribución potencial de *Phaseolus* para cuatro escenarios, futuro cercano (RCP4.5, RCP 8.5) y futuro lejano (RCP 4.5 y RCP 8.5).

### **Forma de citar el Informe Final:**

Delgado-Salinas, A., S. Gama-López, E. Martínez-Meyer y J.A. Acosta-Gallegos. 2022. El género *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) para México. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. JE014.** Ciudad de México.



## AGRADECIMIENTOS:

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo el apoyo económico de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a cada uno de las siguientes personas integrantes de la CONABIO, por hacer posible la realización de este proyecto. Por su apoyo logístico, paciencia y tiempo para solucionar cada uno de los problemas por los que atravesamos. Por su orientación y atención a las consultas sobre cada uno de los rubros de este proyecto. Por las revisiones cuidadosas, por sus valiosas sugerencias en momentos de incertidumbre y por su amplia experiencia se logró culminar este proyecto en buenos términos.

Dr. José Sarukhán Kermez  
Coordinador de la CONABIO.

M. A. Sebastián Ortiz Seguí  
Subcoordinador de Evaluación de la Dirección de Evaluación de Proyectos.

M. en C. Hilda Elín Pérez Ponce  
Especialista en Proyectos.

Dra. María Francisca José Acevedo Gasman  
Coordinadora de Agrobiodiversidad.

Biól. Oswaldo Oliveros Galindo  
Especialista en Agrobiodiversidad.

Pas. de Biól. Dulce Flores Sánchez  
Especialista en Proyectos de Agrobiodiversidad.

M. en C. Diana Raquel Hernández Robles  
Subcoordinadora de Catálogos de Autoridades Taxonómicas.

M. en C. Susana Ocegueda Cruz  
Especialista de Catálogos de Autoridades Taxonómicas.

M. en C. Liliana Lara Morales  
Subcoordinadora de Inventarios Bióticos.

M. en C. Juana Mondragón Pichardo  
Especialista en Inventarios Bióticos.

M. en C. María Valentina Diego Escobar  
Especialista en Inventarios Bióticos.

Dra. Ángela Patricia Cuervo Robayo  
Especialista en Evaluación de Ecosistemas.

Geóg. Margarita Jiménez Cruz  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica.

Geóg. Cuauhtémoc Enríquez García  
Especialista Asistente en Análisis Geoespacial.

Biól. Oriana Castillo Sandoval  
Especialista Asistente en Sistemas de Información.

Confirmamos nuevamente nuestro agradecimiento a las Instituciones y Herbarios, sus Curadores y Personal Técnico que apoyaron nuestro trabajo y brindaron asesoría a nuestras consultas. Destacando el apoyo de la Técnico M. en C. Ma. Leticia Torres Colín, por proporcionar la información inicial de los registros de *Phaseolus*.

Así también reconocemos la valiosa aportación proporcionada por los Doctores Rogelio Lépiz Ildelfonso y Jorge A. Acosta Gallegos, que nos facilitaron información relacionada con datos de colecta de ejemplares silvestres y cultivados de *Phaseolus*.



## RESUMEN:

El género *Phaseolus* es de origen americano con aproximadamente 70 especies silvestres, de los cuales cinco han sido domesticadas: *Phaseolus acutifolius* A. Gray (teparí, escumite), *Phaseolus coccineus* L. (ayocote, tecomari, botil), *Phaseolus dumosus* Macfadyen (gordo, acalete), *Phaseolus lunatus* L. (ib, comba, patachete, navajita, lima) y *Phaseolus vulgaris* L. (cimatil, frejol, frijol, etc.), tanto cultivadas como sus contrapartes silvestres pueden cohabitar (Delgado-Salinas *et al.*, 2006). Las especies de *Phaseolus* silvestres se distribuyen desde el sur de Canadá a la Florida y sur de EUA. En México, crecen en las zonas montañosas (principalmente en la vertiente del Pacífico) y algunas de ellas llegan a Centroamérica y Sudamérica, donde se distribuyen en los Andes hasta el norte de Argentina. La domesticación del género ha provocado alteraciones en la distribución natural de *Phaseolus* en el continente americano, induciendo la adaptación a nuevos hábitats (Delgado-Salinas, 1985) y por ende una variación morfológica inter e intraespecífica. De acuerdo con Perales & Aguirre (2008), estas especies forman parte de la biodiversidad humanizada, en donde conforman un gradiente continuo entre especies domesticadas y sus contrapartes silvestres. Las variaciones morfológicas que han experimentado las especies de *Phaseolus*, también han traído como consecuencia controversias en la delimitación taxonómica, provocando una falta de claridad sobre la delimitación de las especies, su fenología y áreas de distribución geográfica, como sucede en

los estudios recientes sobre taxonomía y filogenia del género *Phaseolus* (Delgado-Salinas, 1985; Delgado-Salinas *et al.*, 1999; Freytag & Debouck, 2002; Delgado-Salinas *et al.*, 2006), en donde hay inconsistencias y desacuerdos en el número total de especies para el género *Phaseolus*. Para dilucidar esta problemática, este proyecto tuvo como finalidad establecer, un catálogo de los nombres científicos y de las autoridades correctas de las especies taxonómicamente reconocidas para México, es decir un nomenclátor; para ello se tomaron en cuenta las evidencias tanto morfológicas, ecológicas y filogenéticas en un marco nomenclatural establecido por el Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (Turland *et al.*, 2018).

Para establecer estudios de conservación y las medidas adecuadas de protección sobre la diversidad genética de las especies silvestres de *Phaseolus*, fue importante construir la estructura principal de información que permitiera extraer datos biológicos, como son las épocas de floración y fructificación; así como conocer la distribución puntual y potencial de sus especies. Esta fuente de información fue capturada en una Base de Datos, para organizar el contenido de las etiquetas de colecta de los ejemplares depositados principalmente en la colección del Herbario Nacional (MEXU), así como del material incorporado en otras colecciones nacionales e internacionales. Todo ello con la finalidad de recabar la mayoría de los ejemplares colectados en México, y para determinar las coordenadas geográficas de





las distintas localidades de colecta. Finalmente, la información generada tanto de la base de datos como en los mapas de distribución, permitió conocer las poblaciones vulnerables, los patrones que han desarrollado las poblaciones de algunas especies del género *Phaseolus* para establecerse en nuevos ambientes, determinar las posibles especies o poblaciones endémicas, o desconocidas o no inventariadas en la flora mexicana; así como validar la distribución real de cada una de las especies mexicanas de *Phaseolus* y determinar el impacto del cambio climático, el cual es una de las principales amenazas para la agrobiodiversidad, la cual puede actuar en sinergia con el cambio de uso de suelo y otras amenazas aumentando su vulnerabilidad. Este proyecto tuvo como finalidad estimar el cambio en la distribución potencial de las especies de frijol (*Phaseolus*) ante escenarios de cambio climático, a través de la modelación del nicho ecológico. Se utilizaron los registros de presencia disponibles en la Base de Biótica generados en este proyecto (JE014). En el caso de las 19 variables bioclimáticas se utilizó como periodo base el promedio 1960-2000, pero para cada especie se eligió un juego de variables no correlacionadas (correlación de Pearson menor a 0.8,  $p < 0.05$ ). Como algoritmo de modelación se utilizó Maxent (versión 3.3.3 k), el cual fue parametrizado para cada especie con la biblioteca de ENMeval. El área de calibración del modelo fue definida a partir de la selección de las ecorregiones que tuvieran registros de presencia de la

especie, los cuales fueron utilizadas para generar la máscara con la cual se recortaron las variables ambientales. Las condiciones climáticas que delimitan el nicho ecológico de la especie fueron transferidas hacia dos horizontes futuros (2015-2039 y 2075-2099), cada uno con dos forzamientos radiativos; uno moderado RCP 4.5 y otro más extremo RCP 8.5. Como resultado se obtuvo un mapa de la distribución potencial presente y otro de la distribución futura. Estos dos mapas fueron reclasificados a mapas binarios. Posteriormente, se combinaron ambos mapas de distribución para obtener un mapa que representa el cambio y estabilidad de la distribución potencial futura de la especie. En este mapa de cambio, el color verde refleja las condiciones climáticas que se mantendrán estables en el futuro. El color azul representa áreas nuevas que serán climáticamente idóneas para la presencia de la especie, mientras que las áreas de color rojo representan las condiciones que se perderán ante el escenario de cambio climático. La distribución potencial actual (1960-2000) se obtuvo a partir del área de estabilidad y de pérdida, del mismo modo la distribución potencial futura corresponde a la unión entre el área de estabilidad y de ganancia de la especie. Finalmente, se resaltó el área de incertidumbre dada la extrapolación de Maxent en condiciones climáticas no análogas.



## INTRODUCCIÓN:

De acuerdo a Schrire (2005) y Delgado-Salinas *et al.* (2011), el género *Phaseolus* pertenece a la tribu Phaseoleae, subtribu Phaseolinae. La circunscripción moderna del género *Phaseolus* es estrictamente del nuevo mundo, concentrada en los climas templados y tropicales de América. Crecen del sur de Canadá, a la Florida y este de Texas, así como en Nuevo México, Arizona y sureste de California en EUA. En México, se distribuyen en las zonas montañosas (especialmente en la vertiente del Pacífico) y algunas de ellas llegan a Centroamérica, donde se cuenta con 14 especies. En Sudamérica, se distribuye principalmente en los Andes hasta el norte de Argentina y existe una especie endémica en las Islas Galápagos. Sus especies se caracterizan por presentar un follaje con tricomas uncinados o en forma de gancho, brácteas persistentes y una quilla distalmente enrollada (Delgado-Salinas *et al.*, 1999). Se consideran aproximadamente entre 50-76 especies dependiendo del autor, el género se divide en nueve clados filogenéticos o grupos (Delgado-Salinas *et al.*, 1999; 2006), o en 15 secciones morfológicas taxonómicas (Freytag & Debouck, 2002). De este total de especies, se han domesticado cinco y son: *Phaseolus*

*acutifolius* A. Gray (teparí, escumite), *Phaseolus coccineus* L. (ayocote, tocomarí, botil), *Phaseolus dumosus* Macfadyen (gordo, acalete), *Phaseolus lunatus* L. (ib, comba, patachete, navajita, lima) y *Phaseolus vulgaris* L. (etl, frijol, etc.) y todas pueden cohabitar con sus poblaciones silvestres (Delgado-Salinas *et al.*, 2006). La domesticación del género ha provocado alteraciones en la distribución natural de *Phaseolus* en el continente americano, induciendo la adaptación a nuevos hábitats y en algunos casos su cruce ha incrementado su variación morfológica inter e intraespecífica (Delgado-Salinas, 1985; 1988).

Las variaciones morfológicas que han experimentado las especies de *Phaseolus*, también han traído como consecuencia controversias en la delimitación taxonómica, provocando una falta de claridad sobre la delimitación de las especies, y con ello una falta en la interpretación de su fenología y áreas de distribución geográfica, como sucede en los estudios recientes sobre taxonomía y filogenia del género *Phaseolus* (Delgado-Salinas, 1985; Delgado-Salinas *et al.*, 1999; Freytag y Debouck, 2002; Delgado-Salinas *et al.*, 2006). Para dilucidar esta problemática es importante establecer



primeramente un catálogo de nombres científicos y de autoridades correctas de las especies taxonómicamente reconocidas para México. Con ello surge la necesidad de realizar revisiones y correcciones taxonómico-nomenclatural en el resto del continente. En segundo plano, delimitar a las especies, utilizando como herramienta los trabajos filogenéticos, morfológicos, ecológicos y de distribución geográfica.

Actualmente, no se tiene un conocimiento detallado sobre el número y localización geográfica de las especies endémicas para México. Por ende, no se cuenta con estudios de conservación que permitan establecer medidas adecuadas de protección sobre la diversidad genética de las especies silvestres de *Phaseolus*, de sus contrapartes cultivadas mecanizadas, de los cultivares locales o también conocidos como criollos para México. Para conformar este conocimiento, es importante establecer una estructura principal de información, que permita extraer datos biológicos, como son las épocas de floración y fructificación, así como conocer la distribución puntual y potencial de sus especies. Esta fuente de información se capturó en una Base de Datos, que permitió organizar el contenido de las etiquetas de colecta de los ejemplares

depositados principalmente en la colección del Herbario Nacional (MEXU del IBUNAM), así como del material incorporado en otras colecciones nacionales, internacionales y aquella recabada por instancias gubernamentales como la CONABIO. Todo ello con la finalidad de conseguir información sobre las colectas realizadas en México. Esta base de datos sirvió de apoyo en la integración y análisis de la información geográfica y ambiental de las especies silvestres. Esto permitió conocer las poblaciones vulnerables, los patrones que han desarrollado las poblaciones de algunas especies del género *Phaseolus* para establecerse en nuevos ambientes, determinar las posibles especies o poblaciones endémicas, o desconocidas o no inventariadas en la flora mexicana; así como validar la distribución real de cada una de las especies mexicanas de *Phaseolus* y determinar el impacto del cambio climático. Asimismo, esta información ayudó a entender la distribución que guardan las especies silvestres, las cultivadas mecanizadas y las cultivadas locales o criollos de frijol para México.



## **METODOLOGÍA:**

Este proyecto se desarrolló en cuatro fases principales y se señalan a continuación:

**FASE I.** Las actividades estuvieron enfocadas principalmente en tareas de gabinete, que consistieron en la revisión de las últimas clasificaciones de las angiospermas, así como los diferentes sistemas de clasificación relacionados con la familia Fabaceae o Leguminosae, para establecer el sistema pragmático a los intereses de este proyecto, para posicionar taxonómicamente al género *Phaseolus* en los niveles superiores de familia (División a Familia). Se revisó también, la información bibliográfica del género *Phaseolus*, con el fin de conocer y dilucidar la problemática taxonómica y nomenclatural de las especies mexicanas del género. Esta revisión consistió en investigar y recabar todos los nombres científicos relacionados con el género *Phaseolus*, los cuales fueron analizados por el especialista para determinar los nombres correctos o válidos de las especies del género. Así mismo, se reconocieron los sinónimos, homónimos, basónimos y nombres *nudum*. Se recopilaron las descripciones originales de las especies del género *Phaseolus*, se localizó la

información referente a los ejemplares tipo y descripciones originales de las especies localizadas en las páginas Web (Tropicos, 2020; ILDIS, 2008; IPNI, 2020; JSTOR plants, 2020 etc.). Con toda esta información, se construyó una base de datos en Access con todos los nombres recabados (nombres correctos, sinónimos, homónimos, basónimos y *nudum*), así como sus relaciones. En esta base de datos se incorporaron los datos concernientes a las citas nomenclaturales y catálogos de los ejemplares tipo de los nombres correctos. La finalidad inicial de esta base de datos fue el almacenamiento, manejo y depuración de la información para continuar con su proceso final, que consistió en la captura o migración al Sistema de Información Biótica 5.0. En esta base de datos se estableció una tabla con los nombres completos y abreviaturas correctas de los autores que describieron las especies involucradas con el género *Phaseolus*. Se diseñó una tabla en Access, con la finalidad de establecer una herramienta útil y práctica para incorporar estos datos en Biótica (versión 5) de CONABIO.

**FASE II.** Se estableció el inventario de las especies del género *Phaseolus* en México



de los ejemplares contenidos principalmente en la colección del Herbario Nacional (MEXU), así como del material incorporado en otras colecciones nacionales (CHAP, CHAPA, CICY, CFNL, ENCB, JES y USON). La captura de este material se realizó en el Sistema Biótica para integrar la información necesaria, tanto taxonómica como geográfica.

**FASE III.** Durante este periodo se incrementó la base de datos establecida en la Fase anterior, por medio de los ejemplares incorporados del resto de las colecciones nacionales de interés para el proyecto (CIIDIR, FCME, IBUG, IEB, USON y XAL) e internacionales (ARIZ, ASC, ASU, BM, BR, CASE, DUKE, EAP, F, GH, HAL, K, MA, MICH, MO, NCU, NMC, NY, P, RSA, SI, TEX, US y WIS).

Es importante señalar que los ejemplares de herbario fueron revisados y validados taxonómicamente por el especialista antes de ser capturados en Biótica. En cuanto a las coordenadas geográficas, estas fueron determinadas con ayuda del portal del SIG de Google Earth (7.1.2.2041, mayo 2015 a 7.1.8.3036, enero 2017).

La información recabada en Biótica de todos los ejemplares de herbario fue

geográficamente validada por la CONABIO, para la elaboración de los mapas de distribución geográfica de las especies silvestres y cultivadas de *Phaseolus* para México.

Una de las adecuaciones trascendentes que se tuvo que realizar en cada uno de los registros de la base de datos en Biótica, fue incorporar los términos “Silvestre” o “Cultivado”, en el campo Hábitat de la ventana “Otros datos del ejemplar”. Estos cambios se realizaron después de los acuerdos sostenidos con personal de la SSIG de la CONABIO.

Una vez incluida la información taxonómica y geográfica para cada especie, se ingresaron a los Catálogos correspondientes de Biótica, los datos referentes a la altitud máxima y mínima, las épocas de floración y fructificación, así como las regiones estatales en las que se presentaba cada una de las especies de *Phaseolus*.

**FASE IV.** Durante este periodo se revisaron y validaron por el especialista los mapas de distribución de las especies silvestres y cultivadas de *Phaseolus* para México y se contó con la participación de la Dra. Ángela P. Cuervo-Robayo para la modelación de la distribución potencial.



Los cambios en las distribuciones potenciales de los parientes silvestres de frijol fueron estimados a partir de la modelación del nicho ecológico de los taxones. Para esto se utilizaron los registros de presencia de las bases de datos descritas anteriormente y variables bioclimáticas presentes del periodo de 1960-2000 (Cuervo-Robayo, 2015). El nicho ecológico del taxón fue proyectado a condiciones climáticas futuras para identificar los cambios potenciales de las distribuciones de cada taxón. Con esto fue posible delimitar zonas de distribución potencial estables, de ganancia y pérdida, y así identificar a los taxones más vulnerables ante el cambio climático. Las variables climáticas futuras corresponden al modelo REA (Reliability Ensemble Averaging) generado por Cavazos *et al.* (2013) a 50 km<sup>2</sup> y ajustado a una rejilla de 1 km<sup>2</sup> de resolución por Cuervo-Robayo (2015). Representan dos horizontes futuros (2015-2039 y 2075-2099) cada uno con dos forzamientos radiativos, un escenario moderado de emisiones (RCP 4.5) y un escenario extremo (RCP 8.5). La selección de variables se realizó a partir de una correlación (prueba de Pearson, <0.8) de los valores bioclimáticos presentes de cada uno de los registros de presencia. Esta

prueba se realizó en el programa de uso libre R (R Core Team 2017), con la función `corSelect` de la biblioteca `fussySim` (Barbosa, 2015). El área de calibración de cada taxón fue definida a partir de la selección de las ecorregiones (Olson *et al.*, 2001) que tuvieran registros de presencia de la especie modelada. Se utilizó la biblioteca `ENMeval` (Muscarrella *et al.*, 2014) para identificar las características de ajuste y el multiplicador de regularización del modelo, utilizando la diferencia del criterio de Akaike (delta AIC) igual a cero. El desempeño del modelo se evaluó con el 30% de los puntos de prueba a través de la prueba del área bajo la curva (AUC, acrónimo en inglés) de la característica operativa del receptor.

Finalmente, para calcular el cambio en la distribución potencial ante un escenario de cambio climático, se reclasificaron los mapas continuos de distribución potencial presente y futuro. Se utilizó como umbral de corte el valor del 10 percentil de los puntos de presencia usados en la calibración del modelo. El mapa del presente se reclasificó con los valores de 0 y 1, y el mapa del futuro con valores de 0 y 10, esto con el propósito de que al sumarlos fuera posible identificar las áreas de



distribución potencial estable (11), de ganancia (10) y de pérdida (1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

**FASE I.** Durante esta fase se elaboró un catálogo de los nombres científicos del género *Phaseolus* reconocidos para México, así como las autoridades correctas de cada especie.

Se realizaron las revisiones bibliográficas, de herbario, de los estudios filogenéticos realizados por Delgado-Salinas (Delgado-Salinas, 1985; Delgado-Salinas *et al.*, 1999; Delgado-Salinas *et al.*, 2006; Delgado-Salinas *et al.*, 2011), de los catálogos, así como la historia taxonómica de cada especie para la construcción del Nomenclátor. Este circunscribe el concepto taxonómico del especialista

principalmente en marco nomenclatural establecido por el Código Internacional de Nomenclatura de Algas, Hongos y Plantas y corresponde con la actualización de nombres reconocidos, sinonimias, basónimos, así como la actualización e incorporación de las referencias bibliográficas que sustentan los cambios nomenclaturales. Durante la revisión bibliográfica del género *Phaseolus*, se identificaron los problemas taxonómicos y nomenclaturales.

Después de las revisiones, se presenta en el Cuadro 1 el número total de especies válidas o nombres correctos de especies de *Phaseolus* para México *sensu* Delgado-Salinas y Gama-López, 2022.

### CUADRO 1. ESPECIES RECONOCIDAS DEL GÉNERO *Phaseolus* PARA MÉXICO

1. *P. acutifolius* var. *acutifolius* A. Gray
2. *P. acutifolius* var. *tenuifolius* A. Gray
3. *P. albescens* McVaugh ex Ramírez & A. Delgado
4. *P. albiflorus* Freytag & Debouck
5. *P. amblyosepalus* (Piper) C.V. Morton
6. *P. angustissimus* A. Gray
7. *P. anisophyllus* (Piper) Freytag & Debouck
8. *P. campanulatus* Freytag & Debouck
9. *P. carterae* Freytag & Debouck
10. *P. coccineus* L.
11. *P. chiapasanus* Piper
12. *P. dasycarpus* Freytag & Debouck
13. *P. dumosus* Macfad.
14. *P. esperanzae* Seaton



**CUADRO 1. ESPECIES RECONOCIDAS DEL GÉNERO *Phaseolus*  
PARA MÉXICO**

15. *P. filiformis* Benth.
16. *P. glabellus* Piper
17. *P. hintonii* A. Delgado
18. *P. jaliscanus* Piper
19. *P. juquilensis* A. Delgado
20. *P. laxiflorus* Piper
21. *P. leptophyllus* G. Don†
22. *P. leptostachyus* Benth.
23. *P. lunatus* L. var. *lunatus*
24. *P. lunatus* L. var. *silvester* Baudet
25. *P. maculatifolius* Freytag & Debouck
26. *P. maculatus* Scheele
27. *P. macvaughii* A. Delgado
28. *P. marechalii* A. Delgado
29. *P. micranthus* Hook. & Arn.
30. *P. microcarpus* Mart.
31. *P. neglectus* F.J. Herm.
32. *P. nelsonii* Maréchal, Mascherpa & Stainier
33. *P. nodosus* Freytag & Debouck
34. *P. novoleonensis* Debouck
35. *P. oaxacanus* Rose
36. *P. oligospermus* Piper
37. *P. parvifolius* Freytag
38. *P. parvulus* Greene
39. *P. pauciflorus* Sessé & Mociño ex G. Don
40. *P. pedicellatus* Benth.
41. *P. perplexus* A. Delgado
42. *P. plagiocylix* Harms
43. *P. pluriflorus* Maréchal, Mascherpa & Stainier
44. *P. purpusii* Brandege
45. *P. ritensis* M.E. Jones
46. *P. reticulatus* Freytag & Debouck
47. *P. rotundatus* Freytag & Debouck
48. *P. salicifolius* Piper
49. *P. scabrellus* Benth. ex S. Watson
50. *P. sonorensis* Standl.
51. *P. tenellus* Piper
52. *P. tuerckheimii* Donn. Sm.
53. *P. viridis* Piper
54. *P. vulgaris* L.
55. *P. xanthotrichus* Piper
56. *P. xolocotzii* A. Delgado
57. *P. zimapanensis* A. Delgado

† Especie posiblemente extinta, pero reconocida como nombre correcto, en este trabajo.





Se encontraron problemas nomenclaturales durante la revisión sobre la historia taxonómica del género *Phaseolus* para México, así como su posición dentro de la Tribu Phaseoleae. Al ser transferidas algunas especies del género *Phaseolus* a otros géneros, *Cochlianthus*, *Condylostylis*, *Helicotropis*, *Leptospron*, *Macroptilium*, *Ramirezella*, *Sigmoidotropis*, *Strophostyles* y *Vigna*, no se aceptaron o explicaron en su totalidad las relaciones de sinonimia o en su defecto no se determinaron el epíteto específico, por derecho de prioridad, para una determinada especie. Por otro lado, la presencia de homonimia en varias especies

ha causado confusión en la relación con sus nombres válidos o en su defecto no se han determinado si son nombres superfluos (*nom. illeg.*) o cuando fueron descritos no cumplieron con las normas del Código de Nomenclatura Algas, Hongos y Plantas (*nom. nud.*) o no fueron válidamente publicados (*nom. inval.*). Estos cambios permanecen dudosos, por lo que en el trabajo de Delgado-Salinas y Gama-Lopez (2022), estas complicaciones taxonómicas y nomenclaturales, fueron abordadas y publicadas como preámbulo del Nomenclátor. En el Cuadro 2, se enlistan los diferentes taxa que fueron aclarados en la publicación de Delgado-Salinas y Gama-López (2022).

**CUADRO 2. TAXA ACLARADOS EN DELGADO-SALINAS Y GAMA-LÓPEZ (2022). Se marcan en negritas los taxones con estatus aceptado; los taxones no negritas quedaron como sinónimos. También se marcan los taxones con estatus no resuelto o No Disponible**

1. *P. acinaciformis* Freytag & Debouck
2. *P. acutifolius* var. *latifolius* G.F. Freeman
3. *P. albinervus* Freytag & Debouck
4. *P. atomiferus* M.E. Jones
5. *P. atropurpureus* Torr. *nom. illeg.*
6. *P. atropurpureus* var. *genuinus* Hassl.
7. *P. bicolor* hort. & Vilm.
8. *P. coccineus* Lam. (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
9. *P. coccineus* Moc. & Sessé ex G. Don (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
10. ***P. coccineus* subsp. *coccineus* L.**
11. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *argenteus* Freytag
12. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *coccineus* L.
13. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *condensatus* Freytag
14. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *griseus* (Piper) Freytag
15. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *lineatibracteolatus* Freytag



**CUADRO 2. TAXA ACLARADOS EN DELGADO-SALINAS Y GAMA-LÓPEZ (2022). Se marcan en negritas los taxones con estatus aceptado; los taxones no negritas quedaron como sinónimos. También se marcan los taxones con estatus no resuelto o No Disponible**

16. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *parvibracteolatus* Freytag
17. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *pubescens* Freytag
18. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *semperbracteolatus* Freytag
19. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *splendens* Freytag
20. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *strigillosus* (Piper) Freytag
21. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *tridentatus* Freytag
22. *P. coccineus* subsp. *coccineus* L. var. *zongolicensis* Freytag
- 23. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag**
24. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *guatemalensis* Freytag
25. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *minuticatricatus* Freytag
26. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *pringlei* Freytag
27. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *purpurascens* Freytag
28. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *rigidicaulis* Freytag
29. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *striatus* Freytag
30. *P. coccineus* subsp. *striatus* (Brandege) Freytag var. *timilpanensis* Freytag
31. *P. compressus* Zoll. & Moritz (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
32. *P. esquincensis* Freytag
33. *P. floribundus* Piper
34. *P. foliaceus* Piper
35. *P. gladiolatus* Freytag & Debouck
36. *P. grayanus* Wooton & Standl.
37. *P. haematocarpus* Savi
38. *P. leptostachyus* var. *intonsus* (Piper) Freytag
39. *P. leptostachyus* var. *leptostachyus* Benth.
40. *P. leptostachyus* var. *lobatifolius* Freytag
41. *P. leptostachyus* var. *nanus* Freytag
42. *P. leptostachyus* var. *pinnatifolius* Freytag nom. inval.
43. *P. leptostachyus* var. *pinnatifolius* f. *albus* Freytag nom. inval.
44. *P. leptostachyus* var. *pinnatifolius* f. *purpureus* Freytag nom. inval.
45. *P. linearis* Sessé & Moc. nom. illeg.
46. *P. linearis* Sessé & Moc. ex G. Don (*estatus no resuelto, nom. inval.*)
47. *P. longiplacentifer* Freytag
48. *P. lunatus* Haberle, 1824 (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
49. *P. macrocarpus* Benth. (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
50. *P. macrocarpus* Poir. (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
51. *P. maculatus* Mart. (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
52. *P. maculatus* subsp. *ritensis* (M.E. Jones) Freytag
53. *P. multiflorus* Lam. (*estatus no resuelto, nom. illeg. superfl.*)
54. *P. multiflorus* Lam. var. *albiflorus* DC.
55. *P. multiflorus* Lam. var. *coccineus* (L.) DC.
56. *P. oblongus* Savi
57. *P. palmeri* Piper
58. *P. pauciflorus* Sessé & Moc. (*estatus no resuelto, nom. illeg. hom.*)



**CUADRO 2. TAXA ACLARADOS EN DELGADO-SALINAS Y GAMA-LÓPEZ (2022). Se marcan en negritas los taxones con estatus aceptado; los taxones no negritas quedaron como sinónimos. También se marcan los taxones con estatus no resuelto o No Disponible**

59. *P. pedicellatus* var. *grayanus* (Wooton & Standl.) A. Delgado ex Isely
60. *P. polymorphus* S. Watson
61. *P. polymorphus* S. Watson var. *albus* Freytag
62. *P. polymorphus* S. Watson var. *polymorphus* S. Watson
63. ***P. purpusii* Brandege**
64. *P. pyramidalis* Freytag
65. *P. retusus* Benth.
66. *P. retusus* Moench
67. *P. robiniiflorus* Standl.
68. *P. rufus* Jacq.
69. *P. saccharatus* Moench
70. ***P. scabrellus* Benth. ex S. Watson**
71. *P. schaffneri* Piper
72. ***P. venosus* Piper**
73. *P. vexillatus* Blanco (*estatus no resuelto, nom. illeg.*)
74. *P. vulgaris* var. *multiflorus* (Lam.) G. Nichols.
75. *P. vulgaris* var. *vulgaris* L.
76. *P. vulgaris* subsp. *vulgaris* L.
77. *P. wrightii* var. *grayanus* (Wooton & Standl.) Kearney & Peebles

### FASES II Y III.

En estas Fases del trabajo se construyó principalmente la Base de Datos o inventario de las especies del género *Phaseolus* en México de los ejemplares contenidos principalmente en la colección del Herbario Nacional (MEXU), así como del material incorporado en otras colecciones nacionales (CHAP, CHAPA, CICY, CIIDIR, CFNL, ENCB, FCME, IBUG, IEB, JES, USON y XAL) e internacionales (ARIZ, ASC, ASU, BM, BR, CASE, DUKE, EAP, F, GH, HAL, K, MA, MICH, MO, NCU, NMC, NY, P, RSA, SI, TEX, US y WIS).

La integración final de la Base de Datos incluyó la incorporación en Biótica de nuevos registros provenientes de colecciones virtuales, de ejemplares recién incorporados al Herbario MEXU, así como los remanentes de colecciones nacionales e internacionales que no habían sido georreferidos en su momento. Es importante señalar, que todos los ejemplares fueron validados taxonómicamente por el especialista antes de ser incorporados a la base de datos.

En el Cuadro 3, se presenta la relación de los 37 acervos científicos consultados e incorporados en el Sistema Biótica.



<b>CUADRO 3. RELACIÓN DE COLECCIONES DE HERBARIO CONSULTADAS</b>	
<b>Acrónimo</b>	<b>Institución y Lugar</b>
CIIDIR	Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango. Durango, México
CHAP	Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México
CHAPA	Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. México
CICY	Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán. México
CFNL	Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. México
ENCB	Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. México
FCME	Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México. México
IBUG	Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. México
IEB	Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. México
JES	Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México
MEXU	Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México
USON	Universidad de Sonora. Sonora, México
XAL	Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. México
ARIZ	University of Arizona. Tucson, Arizona. U.S.A.
ASC	Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona. U.S.A.
ASU	Arizona State University, Tempe, Arizona. U.S.A.
BM	The Natural History Museum. London, England. U.K.
BR	Botanic Garden Meise, Meise, Belgium
CAS	California Academy of Sciences. San Francisco, California. U.S.A.
DUKE	Duke University. Durham, North Carolina. U.S.A.
EAP	Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras
F	Field Museum of Natural History. Illinois, Chicago. U.S.A.
GH	Harvard University. Cambridge, Massachusetts. U.S.A.
HAL	Martin-Luther-Universität, Halle, Germany
K	Royal Botanic Gardens. Kew, England. U.K.
MA	Real Jardín Botánico. Madrid, España
MICH	University of Michigan. Ann Arbor, Michigan, U.S.A.
MO	Missouri Botanical Garden. Saint Louis, Missouri, U.S.A.
NCU	University of North Carolina at Chapel Hill, North Carolina, U.S.A.
NMC	New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico, U.S.A.
NY	The New York Botanical Garden. Bronx, New York, U.S.A.
P	Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, France
RSA	Rancho Santa Ana Botanic Garden. Claremont, California, U.S.A.
SI	Instituto de Botánica Darwin. San Isidro, Buenos Aires, Argentina
TEX	University of Texas at Austin. Austin, Texas, U.S.A.
US	Smithsonian Institution. Washington, District of Columbia. U.S.A.
WIS	University of Wisconsin. Madison, Wisconsin. U.S.A.

El mayor número de registros y duplicados en la base de datos de Biótica fueron para el herbario MEXU, seguido los herbarios ENCB, IBUG, CHAPA y

FCME. En el caso de las colecciones internacionales, fueron los herbarios de US y MO. Se informa, que desafortunadamente los registros de estas



colecciones no cuentan con número de catálogo, debido a que fueron revisados y consultados por el especialista antes de iniciar el Proyecto. No obstante, algunos de estos ejemplares cuentan con esa información porque fueron buscados en las diferentes colecciones virtuales.

Debido a que se adicionaron los Holotipos (ejemplares en los que se basó la descripción de la especie y resguardados generalmente en el acervo en donde el autor pertenecía), así como los duplicados de éstos (Isotipos), los cuales fueron adscritos a colecciones Sudamericanas y

de Europa, por lo que se tuvieron que adicionar nuevos acervos a los comprometidos en los Términos de Referencia del proyecto. Es importante señalar que se consideraron los ejemplares Tipo de las especies que fueron descritas para México.

En cuanto al número total de ejemplares entregados en esta fase final del Proyecto, se menciona que fueron un total de 4534.

En el Cuadro 4, se representa la relación de ejemplares capturados para cada una de las especies de *Phaseolus*.

<b>CUADRO 4. RELACIÓN DE REGISTROS POR ESPECIE</b>	
<b>TAXA</b>	<b>NÚMERO DE REGISTROS DE EJEMPLARES</b>
<i>P. acutifolius</i> A. Gray var. <i>acutifolius</i>	56
<i>P. acutifolius</i> A. Gray var. <i>tenuifolius</i> A. Gray	38
<i>P. albescens</i> McVaugh ex Ramírez & A. Delgado	23
<i>P. albiflorus</i> Freytag & Debouck	15
<i>P. amblyosepalus</i> (Piper) C.V. Morton	21
<i>P. angustissimus</i> A. Gray	21
<i>P. anisophyllus</i> (Piper) Freytag & Debouck	3
<i>P. campanulatus</i> Freytag & Debouck	5
<i>P. carterae</i> Freytag & Debouck	5
<i>P. coccineus</i> L. -cultivado	151
<i>P. coccineus</i> L. -silvestre	852
<i>P. chiapasanus</i> Piper	33
<i>P. dasycarpus</i> Freytag & Debouck	6
<i>P. dumosus</i> Macfad.	102
<i>P. esperanzae</i> Seaton	24
<i>P. filiformis</i> Benth.	158
<i>P. glabellus</i> Piper	107
<i>P. hintonii</i> A. Delgado	21
<i>P. jaliscanus</i> Piper	55



**CUADRO 4. RELACIÓN DE REGISTROS POR ESPECIE**

TAXA	NÚMERO DE REGISTROS DE EJEMPLARES
<i>P. juquilensis</i> A. Delgado	14
<i>P. laxiflorus</i> Piper	8
<i>P. leptophyllus</i> G. Don	1
<i>P. leptostachyus</i> Benth.	537
<i>P. lunatus</i> L. var. <i>lunatus</i>	86
<i>P. lunatus</i> L. var. <i>silvester</i> Baudet	307
<i>P. maculatifolius</i> Freytag & Debouck	4
<i>P. maculatus</i> Scheele	48
<i>P. macvaughii</i> A. Delgado	27
<i>P. marechalii</i> A. Delgado	10
<i>P. micranthus</i> Hook. & Arn.	81
<i>P. microcarpus</i> Mart.	199
<i>P. neglectus</i> F.J. Herm.	27
<i>P. nelsonii</i> Maréchal, Mascherpa & Stainier	21
<i>P. nodosus</i> Freytag & Debouck	8
<i>P. novoleonensis</i> Debouck	4
<i>P. oaxacanus</i> Rose	19
<i>P. oligospermus</i> Piper	19
<i>P. parvifolius</i> Freytag	53
<i>P. parvulus</i> Greene	55
<i>P. pauciflorus</i> Sessé & Mociño ex G. Don	111
<i>P. pedicellatus</i> Benth.	142
<i>P. perplexus</i> A. Delgado	54
<i>P. plagiocylix</i> Harms	3
<i>P. pluriflorus</i> Maréchal, Mascherpa & Stainier	95
<i>P. purpusii</i> Brandege	4
<i>P. reticulatus</i> Freytag & Debouck	13
<i>P. ritensis</i> M.E. Jones	74
<i>P. rotundatus</i> Freytag & Debouck	13
<i>P. salicifolius</i> Piper	29
<i>P. scabrellus</i> Benth. ex S. Watson	108
<i>P. sonorensis</i> Standl.	11
<i>P. tenellus</i> Piper	24
<i>P. tuerckheimii</i> Donn. Sm.	23
<i>P. viridis</i> Piper	15
<i>P. vulgaris</i> L. -cultivado	261
<i>P. vulgaris</i> L. -silvestre	191
<i>P. xanthotrichus</i> Piper	7
<i>P. xolocotzii</i> A. Delgado	11
<i>P. zimapanensis</i> A. Delgado	28



La mayoría del material capturado, fue colectado por 946 colectores diferentes, de los cuales el mayor número de colectas para el género estuvo a cargo de Alfonso Delgado Salinas con 221 colectas o registros, seguido por Mario Sousa Sánchez (146), Pedro Tenorio Lezama (145), Rafael Hernández Magaña (89), José Carmen Soto Núñez (89), Eduardo A. Estrada Castellón (85), Jorge Calónico Soto (85), Dennis Breedlove (82), Gabriel Flores Franco (72) y Rafael Torres Colín (63). La mayoría de estos Botánicos son académicos o han sido estudiantes del Herbario Nacional (MEXU).

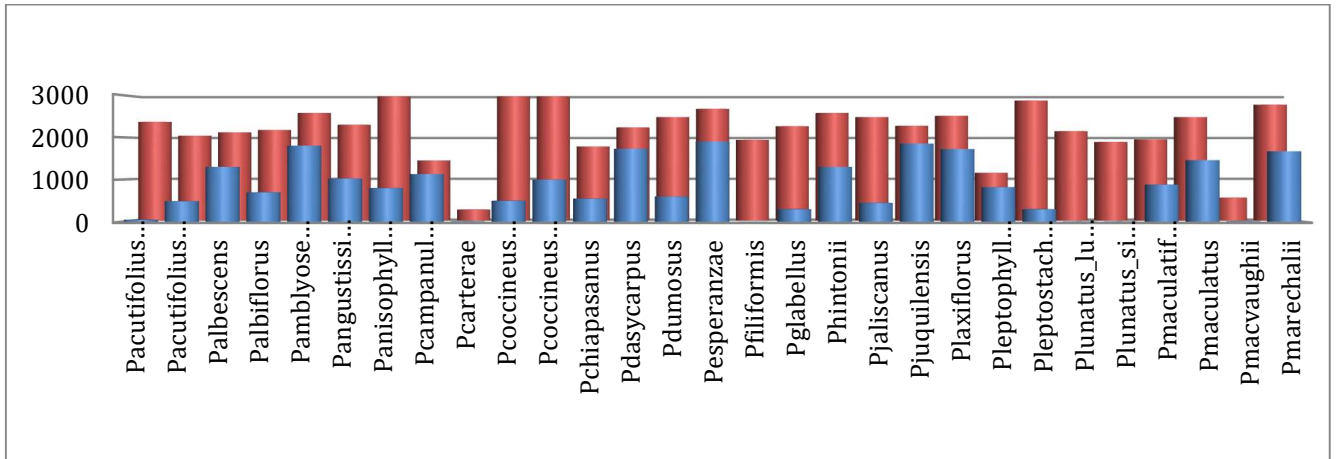
#### **ANÁLISIS DE LA ALTITUD.**

Al integrar la información sobre los niveles altitudinales, se determinó que las especies crecen en su mayoría a intervalos altitudinales de 0-3000 m, como se menciona en Delgado Salinas & Gama

López (2015). Sin embargo, al finalizar con la captura y georreferenciación de todos los ejemplares de herbario, se observó que algunas especies aumentaron sus intervalos altitudinales, como es el caso de *Phaseolus anisophyllus* hasta 3250 m, algunos ejemplares silvestres de *P. coccineus* alcanzaron una altitud de 3150 m, mientras que ejemplares *P. nelsonii* y *P. pedicellatus* reportaron 3100 m de altitud. Las especies que crecen entre los intervalos de 2800 a 3000 m, se encuentran algunos ejemplares cultivados de *P. coccineus*, los silvestres de *P. leptostachyus*, *P. marechalii*, *P. micranthus*, *P. pluriflorus* y *P. scabrellus*. En tanto las especies que se desarrollan desde altitudes cercanas al nivel del mar, están; *P. carterae*, *P. filiformis*, *P. lunatus*, *P. macvaughii*, *P. microcarpus* y ejemplares cultivados de *P. vulgaris*, en donde estos últimos se desarrollan hasta los 2500 m (Figuras 1a y 1b).

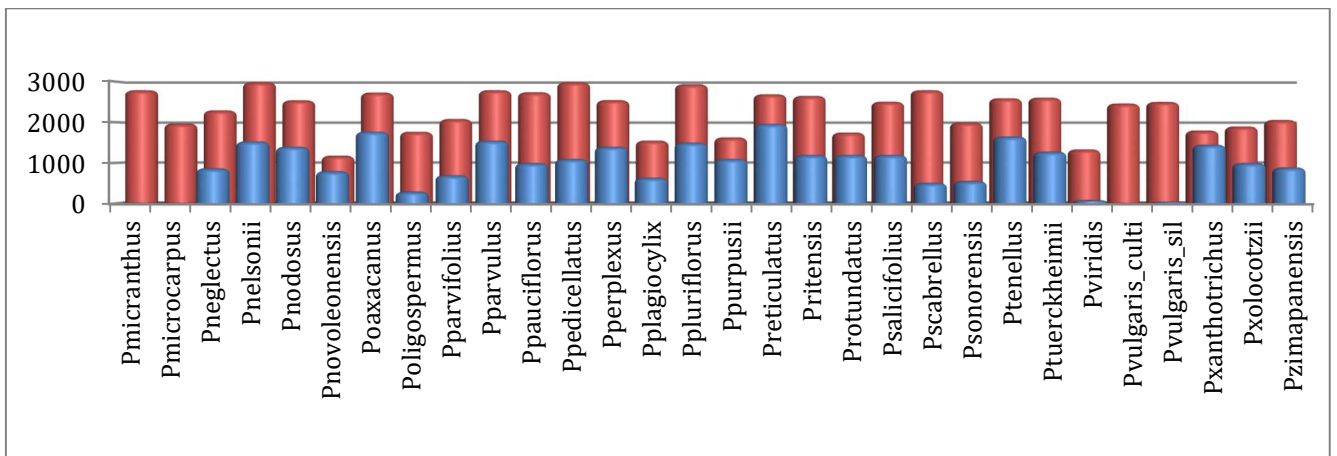


**Figura 1a.** Intervalos altitudinales de las especies de *Phaseolus* en México.  
(Primera parte)



En esta figura se indican los intervalos altitudinales en orden alfabético de las especies de *Phaseolus acutifolius* var. *acutifolius* a *P. marechalii*. Las barras azules se refieren a la altitud mínima y las barras de color rojo corresponden a la altitud máxima.

**Figura 1b.** Intervalos altitudinales de las especies de *Phaseolus* en México.  
(Segunda parte)



En esta figura se indican los intervalos altitudinales en orden alfabético de las especies de *Phaseolus micranthus* a *P. zimapanensis*. Las barras azules se refieren a la altitud mínima y las barras de color rojo corresponden a la altitud máxima.



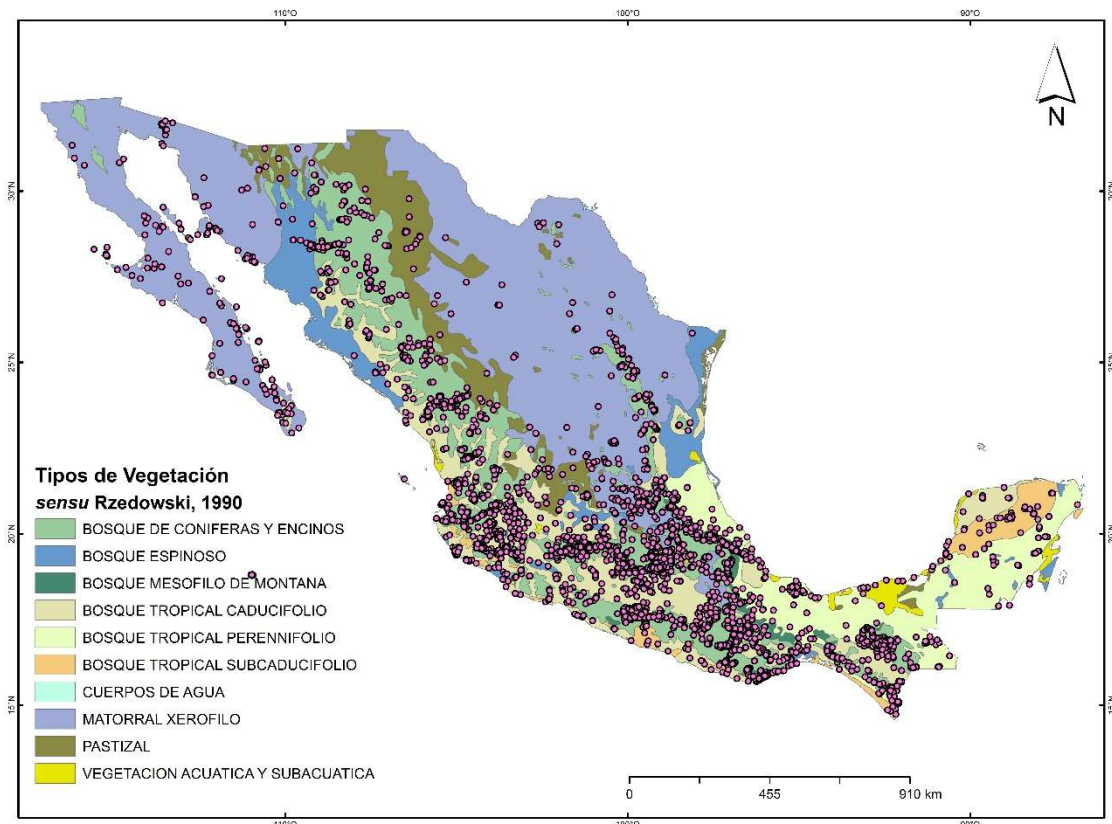


## ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN.

Las especies mexicanas del género *Phaseolus* crecen en casi todos los tipos de vegetación, como se observa en el mapa de la Figura 2, los puntos rojos representan los registros de las especies de *Phaseolus* para México, considerados en este proyecto. La mayoría (cerca del 70%), crece en bosque de *Juniperus*, *Pinus*, *Pinus-Quercus* y *Quercus*. Otro tanto (25%), crece en el bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, seguido del matorral xerófilo, bosque

tropical subcaducifolio y perennifolio, bosque espinoso, y el restante crece en pastizal, manglar y dunas. Es importante mencionar, que la especie que crece en todas las comunidades vegetales es *Phaseolus lunatus* (Delgado Salinas & Gama López, 2015), mientras que algunas especies crecen en un solo tipo de comunidad vegetal como *P. angustissimus* y *P. reticulatus*, en bosque de pino-encino, *P. anisophyllus* en bosque de *Pinus* y *P. rotundatus* en bosque tropical caducifolio.

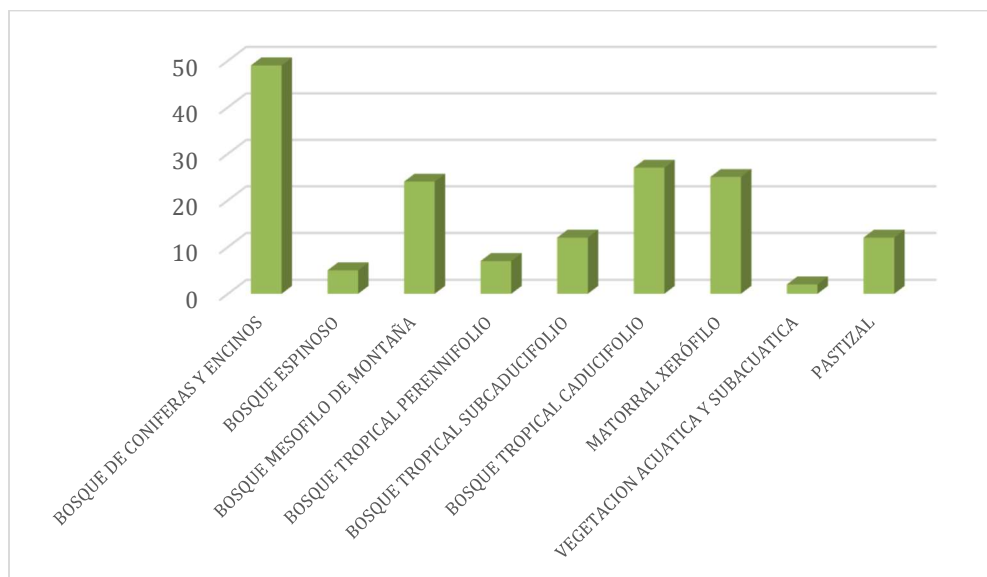
**Figura 2.** Especies de *Phaseolus* en los diferentes tipos de vegetación en México, de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1990)



Para expresar de forma gráfica el número de especies de *Phaseolus* en los distintos tipos de vegetación de acuerdo a Rzedowski (1990), la mayoría de las especies de *Phaseolus*, cerca de 49 especies, 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 3). Habitan 24 especies de frijoles silvestres

en los bosques mesófilos de montaña, con ambientes semicálidos y húmedos o muy húmedos; sin embargo, todas estas especies 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.

**Figura 3.** Número de especies de *Phaseolus* en los diferentes tipos de vegetación (*sensu* Rzedowski, 1990)



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, por lo que la riqueza de las especies de *Phaseolus* se verá afectada por la disminución de las comunidades vegetales en donde el mayor número de especies se distribuye actualmente.

Mientras que los bosques tropicales caducifolios y bosques espinosos tenderán 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). Estudios de modelación como los llevados a cabo en este proyecto apoyado por la CONABIO, dan conocimiento de 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* y/o *ex situ* de la variabilidad génica de las especies mexicanas de *Phaseolus* (Martínez-Meyer, 2005).

#### ANÁLISIS DE LA FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN.

En cuanto a las épocas de floración y fructificación, fue difícil establecer un patrón estacional en la mayoría de las especies, debido a que la mayoría de los ejemplares de herbario no contaban con esta información, por lo que durante la captura de los ejemplares se señalaron las observaciones de presencia y/o ausencia de estructuras reproductivas. Afortunadamente, estas observaciones permitieron determinar que la mayoría de las especies inician sus épocas de floración

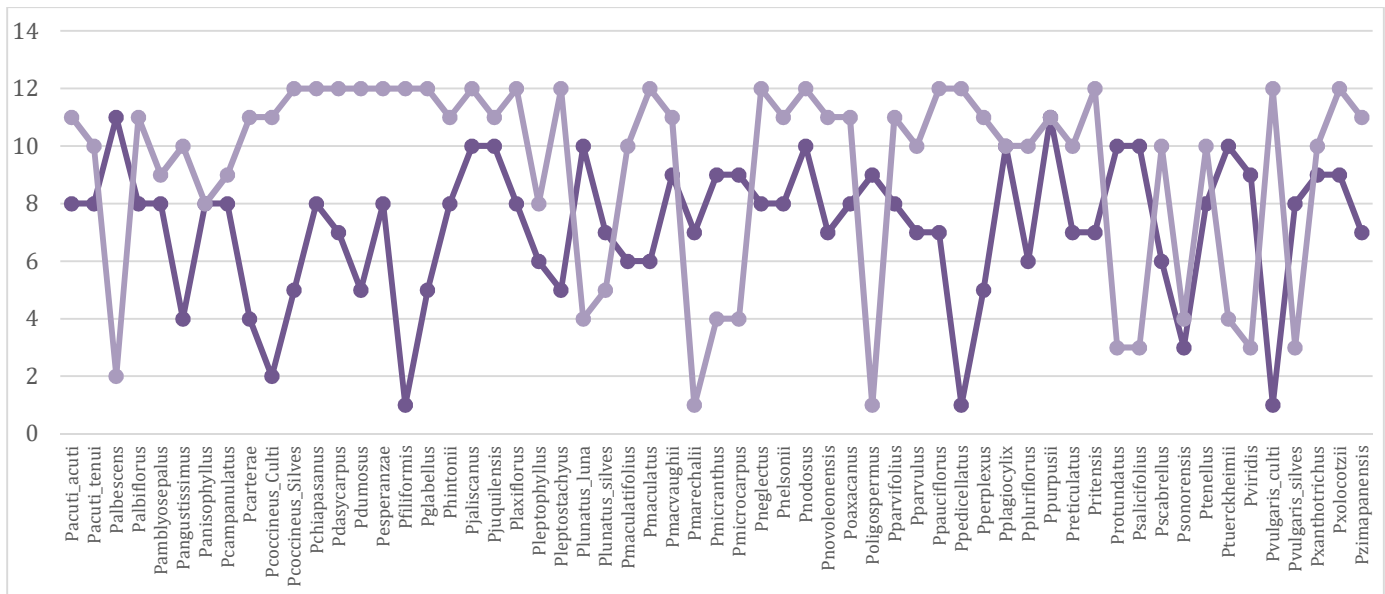
durante los meses de agosto a septiembre y finaliza generalmente de noviembre a diciembre, como se señala en la Figura 4a, en donde se presenta la época de floración de las especies de *Phaseolus*. En esta figura, el color morado corresponde al inicio de la época de floración y el color lila representa el final de esta época. Existen especies que presentan épocas de floración amplias, como son *P. filiformis*, *P. pedicellatus* y los cultivares de *P. vulgaris* y *P. coccineus*. Mientras que existen especies con periodos cortos como *P. sonorensis*, *P. amblyosepalus*, *P.*



*anisophyllus*, *P. campanulatus* y *P. xanthotrichus*. Existen otras especies que sus periodos abarcan el final de un año e inicio de otro, como sucede en *P. lunatus* var. *silvester* y *P. marechalii* cuya floración inicia en junio y terminan en mayo y enero, respectivamente. Una situación similar acontece en *P. vulgaris* silvestre, *P. micranthus*, *P. oligospermus*, *P. viridis*, *P. rotundatus*, *P. salicifolius*, *P. tuerckheimii*

y *P. albescens*, en donde la floración inicia a finales de año (entre septiembre y octubre) y finaliza a inicios del siguiente año (entre enero y abril). En el caso de *P. purpusii*, se observó que la floración dura aproximadamente 30 días, en el mes de noviembre. En esta última especie no se pudo recabar más información debido al insuficiente material colectado (Figura 4b).

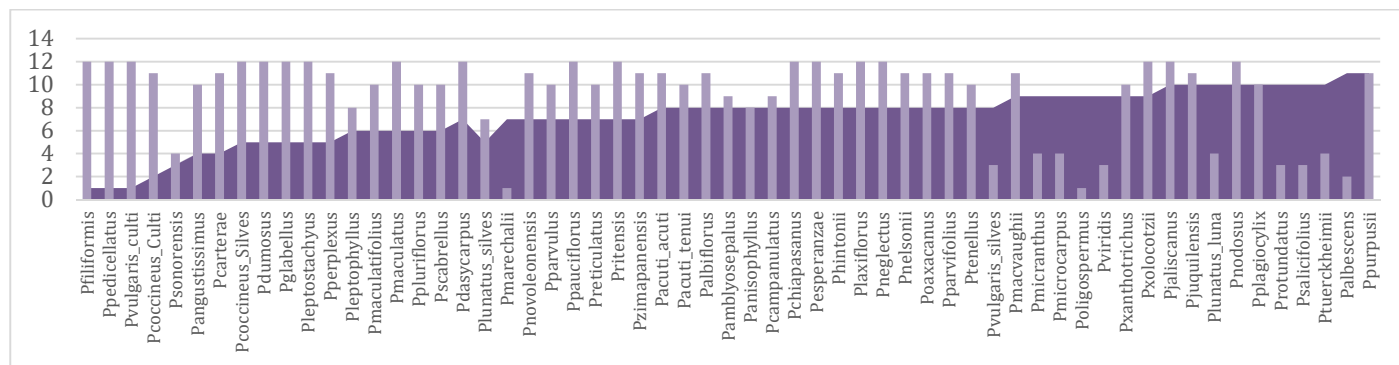
**Figura 4a.** Intervalos de inicio y término de la floración de las especies de *Phaseolus* en México



En esta Figura se muestran los intervalos de floración de cada una de las especies de *Phaseolus*. Los puntos y líneas de color morado muestran el inicio de la floración y el color lila indica el final de ésta.



**Figura 4b.** Épocas de floración de las especies de *Phaseolus* en México



En esta Figura se muestran los intervalos de floración de cada una de las especies de *Phaseolus*. Los puntos y líneas de color morado muestran el inicio de la floración y el color lila indica el final de ésta.

Los intervalos de inicio y término de fructificación de las especies de *Phaseolus* también mostraron un patrón similar al de floración. En este caso, la fructificación da inicio, generalmente después del primer mes de iniciar la floración. En la Figura 5a, se representa en verde oscuro, el inicio de la fructificación para todas las especies de *Phaseolus* y el color verde claro indica el final de ésta. La mayoría de las especies inician su fructificación desde el segundo trimestre del año para finalizar en el mes de diciembre. Sin embargo, existen especies que inician su fructificación en el último trimestre del año y lo finalizan en el primer cuatrimestre del siguiente año, como sucede con las especies *P. albescens*, *P. dumosus*, *P. chiapasanus*, *P. jaliscanus*, *P.*

*lunatus* var. *lunatus*, *P. marechalii*, *P. micranthus*, *P. microcarpus*, *P. oligospermus*, *P. rotundatus*, *P. salicifolius*, *P. tuerckheimii*, *P. viridis* y *P. vulgaris* silvestre. En cuanto a las especies con intervalos amplios de fructificación están *P. filiformis*, *P. pedicellatus*, y en los cultivares de *P. vulgaris* y *P. coccineus*. Las especies con intervalos cortos están representadas por *P. sonorensis*, *P. amblyosepalus*, *P. anisophyllus*, *P. campanulatus*, *P. xanthotrichus* y *P. plagiocylix*. Igualmente, *P. purpusii*, presenta fructificación corta de un mes.

En la Figura 5b, se representa el inicio de fructificación en color verde oscuro y el final de ella, en las barras color verde. Esta organización, está relacionada con el periodo anual, de enero a diciembre.

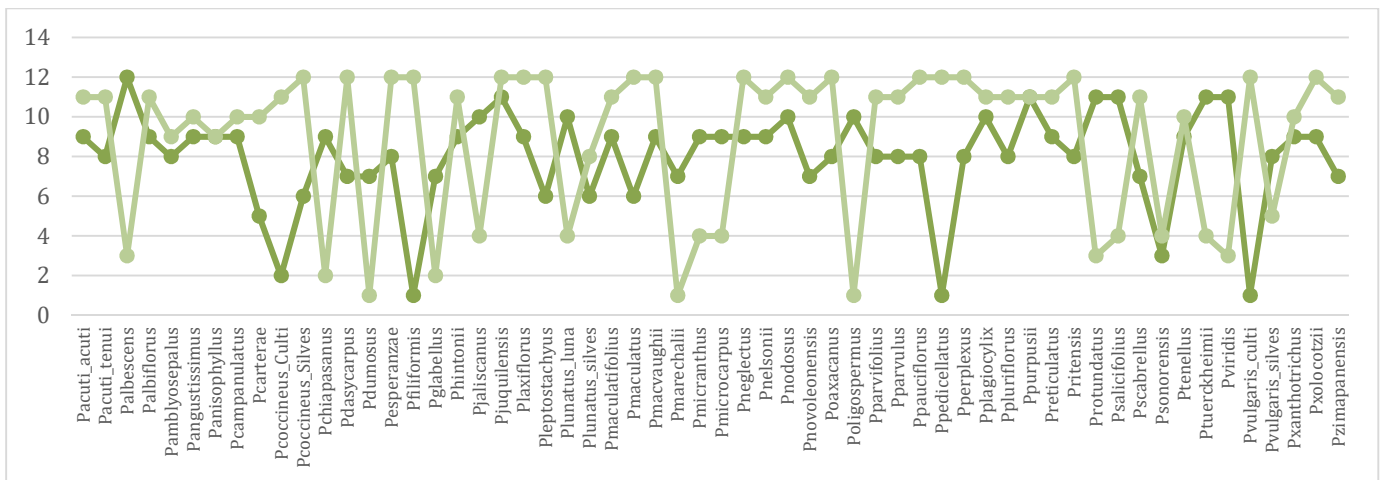


Esta representación coincide con el intervalo de fructificación de las especies en orden alfabético.

Si se graficara el inicio de la floración con el término de fructificación (Figura 6), se puede observar claramente que la mayoría de las especies cumplen un

ciclo anual de floración y fructificación relacionado con la época de lluvias. Es importante señalar que las fluctuaciones de estos periodos también están relacionadas con la amplitud de la distribución de cada una de las especies.

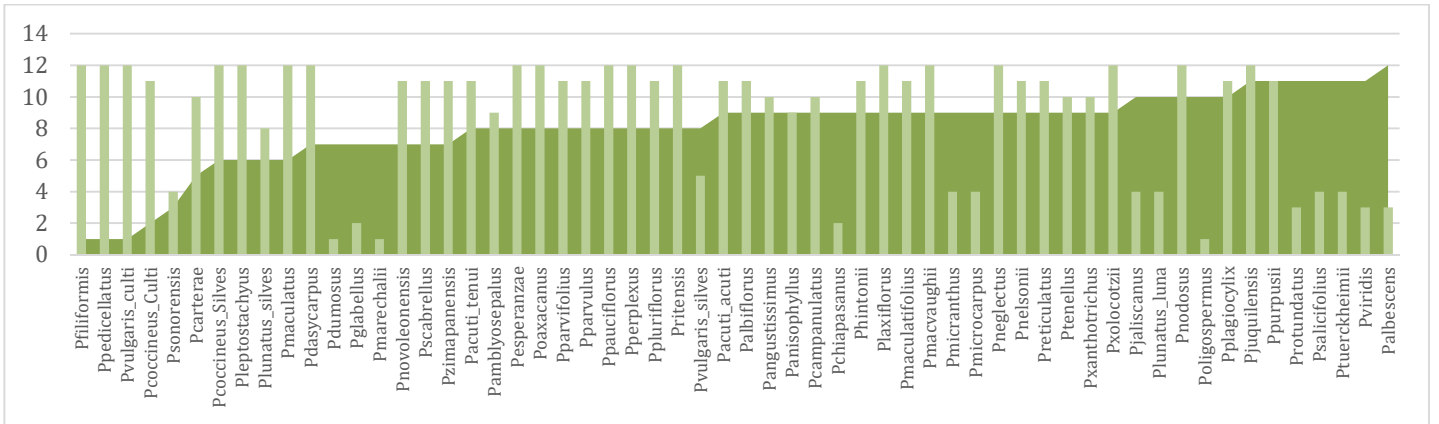
**Figura 5a.** Intervalos de inicio y término de fructificación de las especies de *Phaseolus* en México



En esta Figura se muestran los intervalos de fructificación de cada una de las especies de *Phaseolus*. Los puntos y líneas de color verde oscuro muestran el inicio de la fructificación y el color verde claro indica el final de ésta.

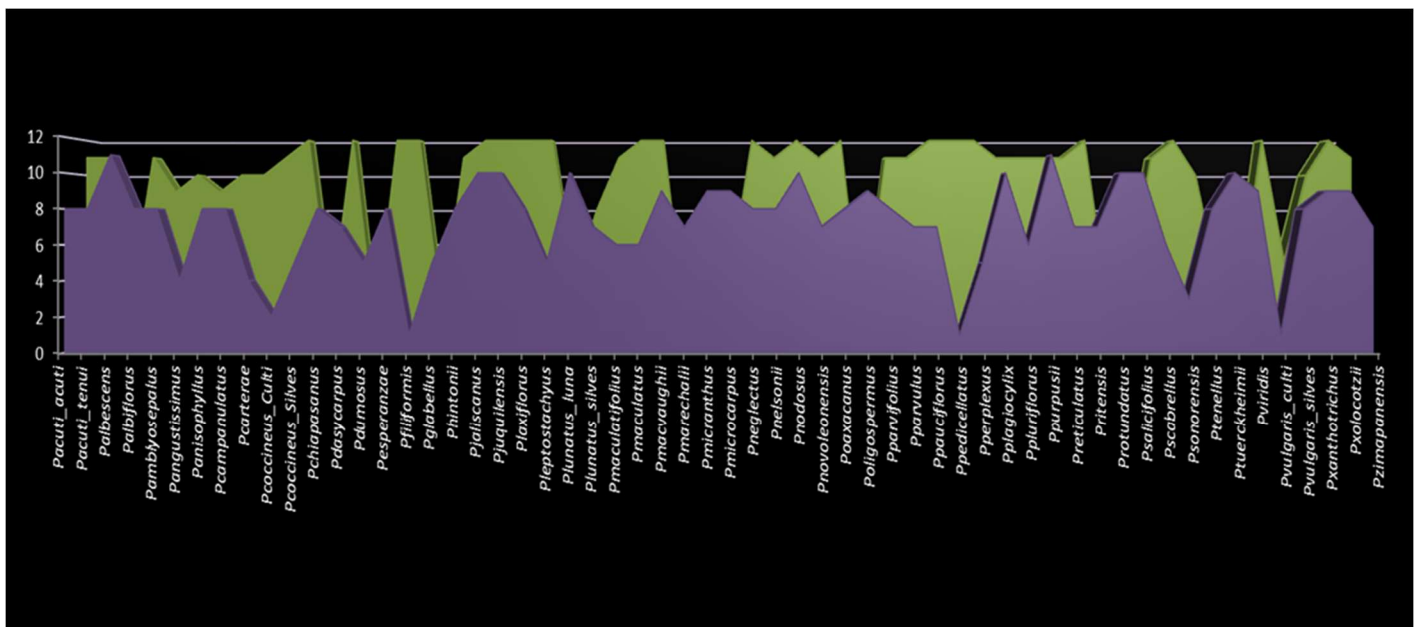


**Figura 5b.** Épocas de fructificación de las especies de *Phaseolus* en México



En esta Figura se muestran los intervalos de fructificación de cada una de las especies de *Phaseolus*. Los puntos y líneas de color verde oscuro muestran el inicio de la fructificación y el color verde claro indica el final de ésta.

**Figura 6.** Épocas de floración y fructificación de las especies de *Phaseolus* para México. El color morado indica el inicio de la floración y el color verde el de la fructificación.



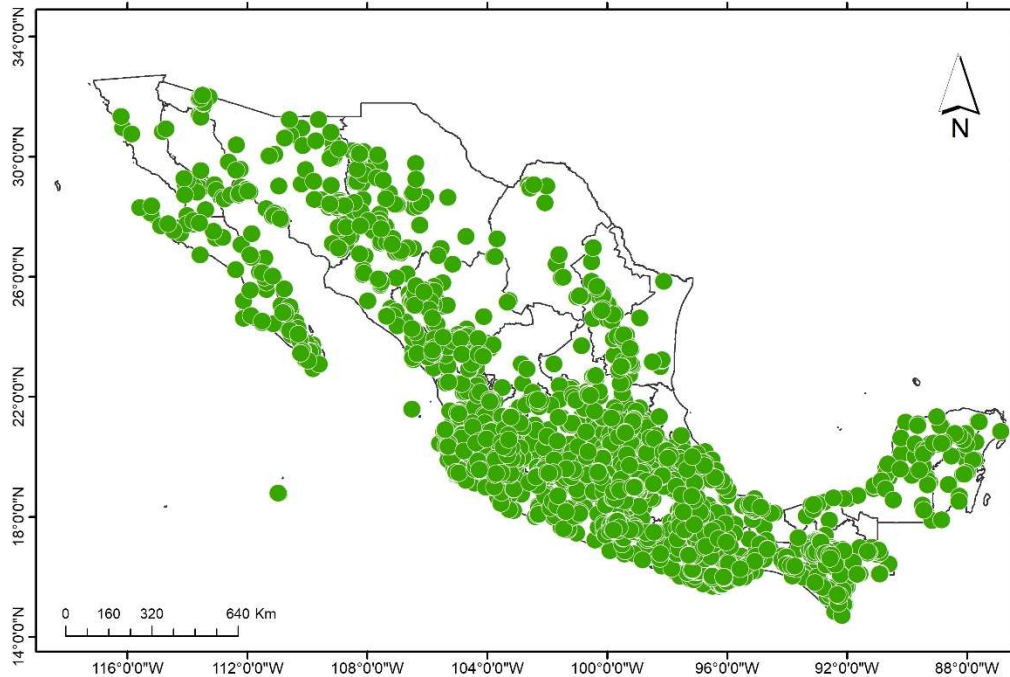
#### FASE IV.

##### MAPAS DE DISTRIBUCIÓN PUNTUAL.

Con la información capturada en Biótica y geográficamente validada por la CONABIO, se elaboró un mapa con todos los registros georreferidos durante el proyecto para los taxa del género *Phaseolus*. Este mapa permitió observar las regiones de la República Mexicana que no han sido exploradas o en las regiones en las que no se ha colectado alguna especie

de *Phaseolus*. Como se observa en la Figura 7, existen zonas sin colectar, entre las que destacan la zona norte del país, principalmente en el norte de Baja California, noroeste y suroeste de Sonora, a lo largo de la región norte de Chihuahua, en los límites de los estados de Chihuahua-Coahuila-Durango y Zacatecas, noroeste de San Luis Potosí, así como en el este de Tamaulipas, norte de Veracruz y entre los estados de Tabasco y Campeche.

**Figura 7.** Registros de los taxa de *Phaseolus* en México

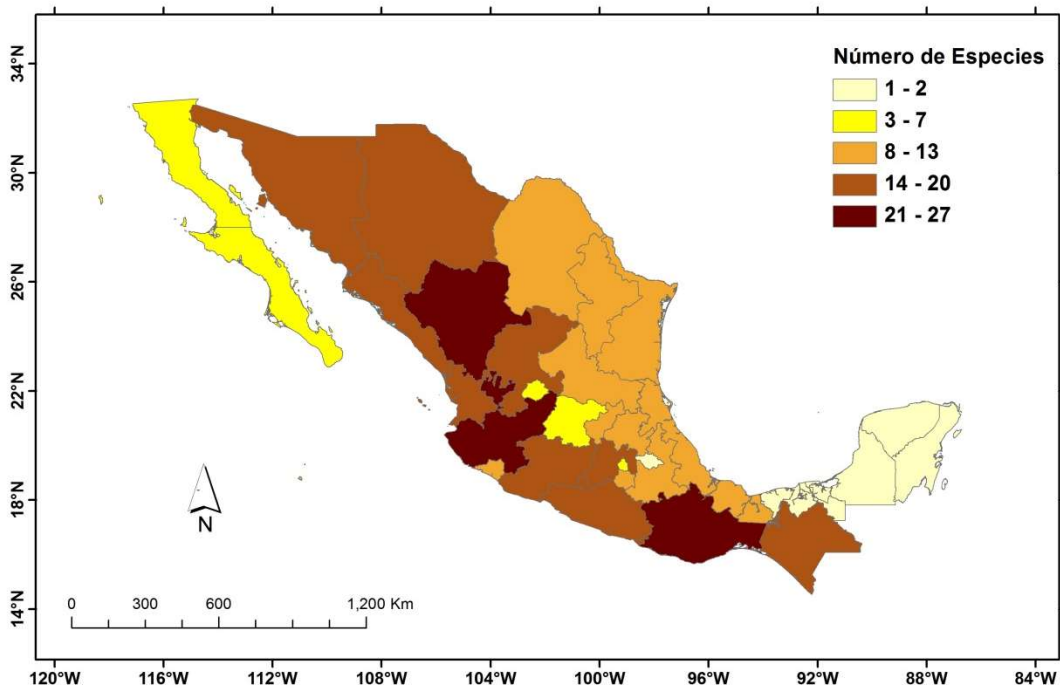




Continuando con el análisis de los ejemplares provenientes de las colecciones nacionales e internacionales, capturados en Biótica para el género *Phaseolus* para México, se confirma que el género está presente en todo el país, que los cuatro estados de la República mejor colectados o con mayor número de registros son: Oaxaca con 543, seguido de Jalisco (481), Chiapas (423), Michoacán (310) y

Guerrero (296). En la Figura 8, se observa que los estados con mayor número de especies (entre 21-27 especies) son Durango, Jalisco y Oaxaca. Los estados con menor número de especies (entre 1-2) son Campeche, Tabasco, Tlaxcala, Quintana Roo y Yucatán. Esto concuerda por lo señalado por Delgado Salinas & Gama López (2015).

**Figura 8.** Número de especies a nivel estatal en México (RDU - UNAM)



Por lo general se observa un patrón en cuanto a la abundancia y la distribución de las especies, aquellas que tienen una amplia distribución 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. Como es el caso de *Phaseolus lunatus* (*sensu lato*), apareciendo como una especie exitosa, ya que se puede pensar que tiene mayor descendencia y mayor poder de colonización y prueba de ello, su amplio intervalo distribucional (Figuras 9.24 y 9.25). En cambio, la especie más estrechamente emparentada a éste, *Phaseolus viridis* sólo crece en tres estados del país (Figura 9.54). También se debe considerar que esta distribución y diversidad ha 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 ser visitadas sus flores por las mismas especies de abejas para su polinización, el

entrecruzamiento entre estas poblaciones silvestres es difícil de encontrarse; sin embargo, en ocasiones en parcelas de cultivo en donde crecen ambas especies se observa la existencia de individuos híbridos (Sousa *et al.*, 1996). También se pueden dar casos, donde 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 especies de frijoles que florecen principalmente en el verano y finalizando en otoño; esta divergencia evita el competir por los mismos recursos, por ejemplo, el no competir en un mismo periodo de tiempo por el mismo grupo de polinizadores (Figuras 5a y 5b). Este patrón generalista de especies como *P. coccineus*, *P. leptostachyus*, *P. lunatus*, *P. microcarpus* o *P. vulgaris* podría llevarnos 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, las especies con distribución restringida como *P. campanulatus*, *P. novoleonensis*, *P. reticulatus* o *P.*

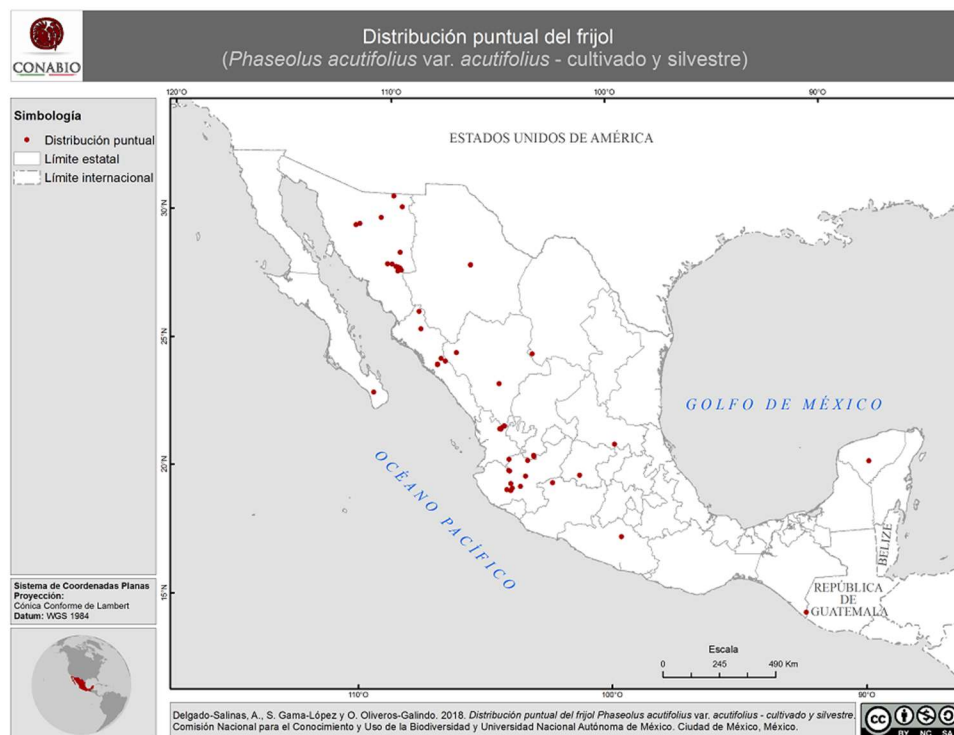


*rotundatus*, un cambio drástico las impactaría fuertemente; pero entonces, habría que pensar sobre la existencia de varias especies de frijol silvestre que habitan sólo en pocos tipos de vegetación y en poblaciones reducidas, que al parecer han permanecido y resistido así por varios miles de años, que requerirán de atención

y estudios para poder diseñar acciones para su conservación (Verberk *et al.*, 2010).

A continuación, se presentan los mapas de distribución puntual de todas las especies silvestres y cultivadas de *Phaseolus* para México, contempladas en este proyecto (Figuras 9.1 9.59).

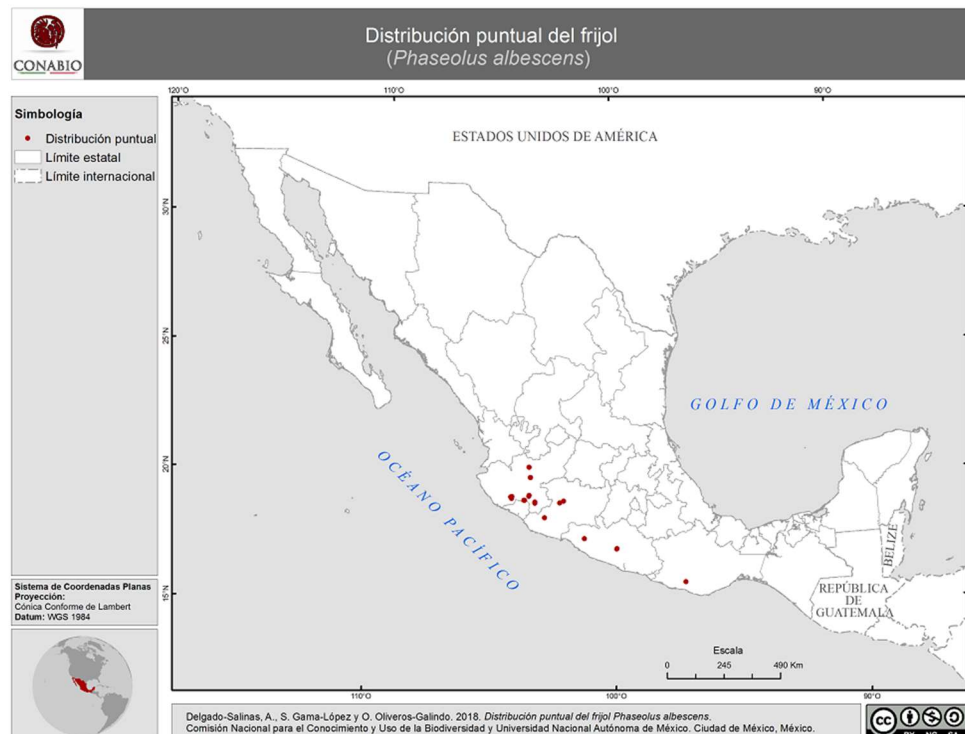
**Figura 9.1** *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *acutifolius*



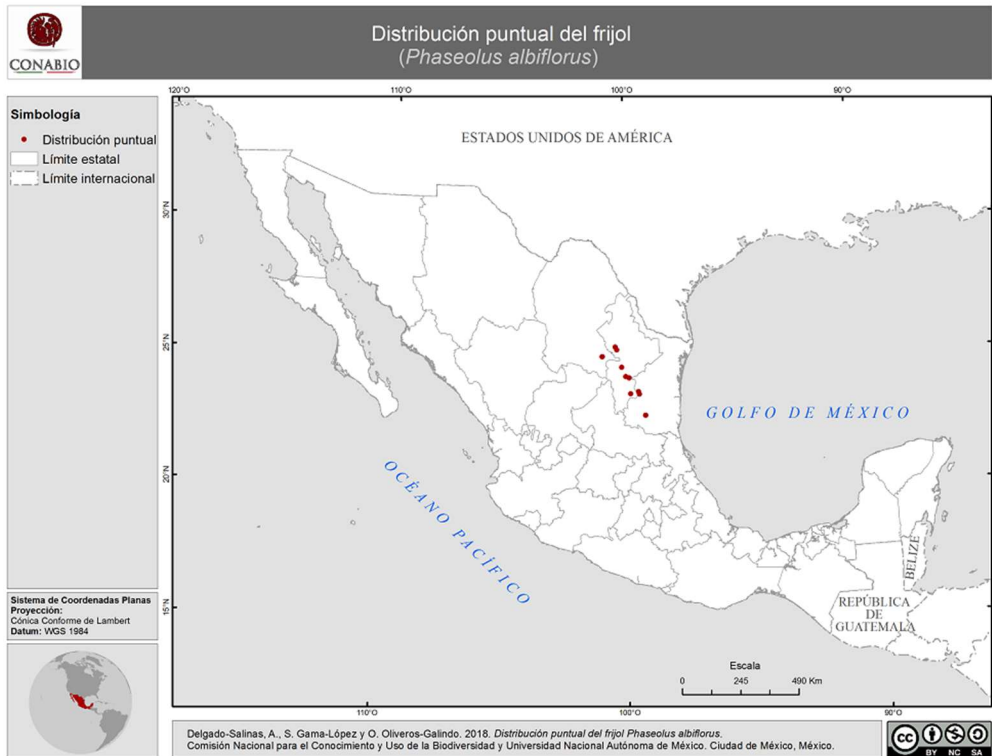
**Figura 9.2** *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *tenuifolius* A. Gray



**Figura 9.3** *Phaseolus albescens* McVaugh ex Ramírez & A. Delgado



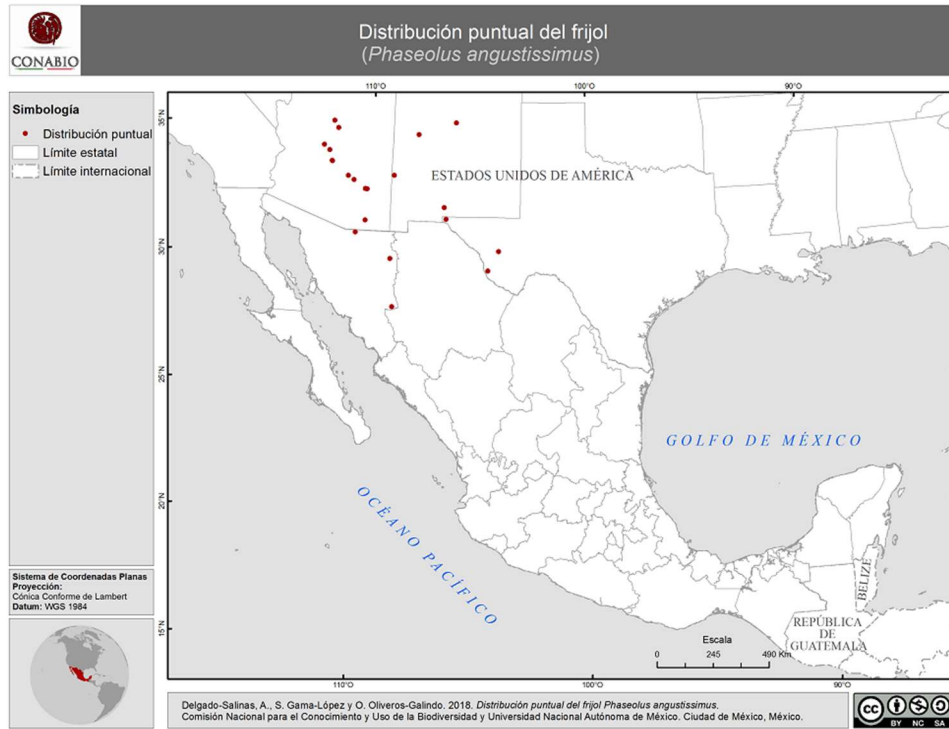
**Figura 9.4** *Phaseolus albiflorus* Freytag & Debouck



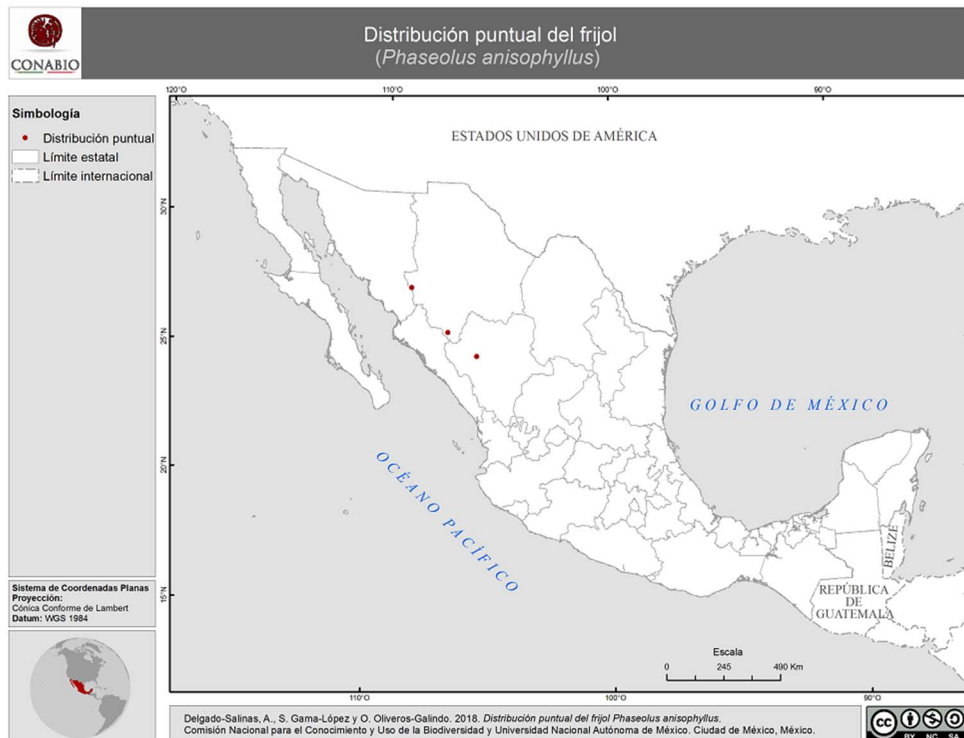
**Figura 9.5** *Phaseolus amblyosepalus* (Piper) C.V. Morton



**Figura 9.6** *Phaseolus angustissimus* A. Gray



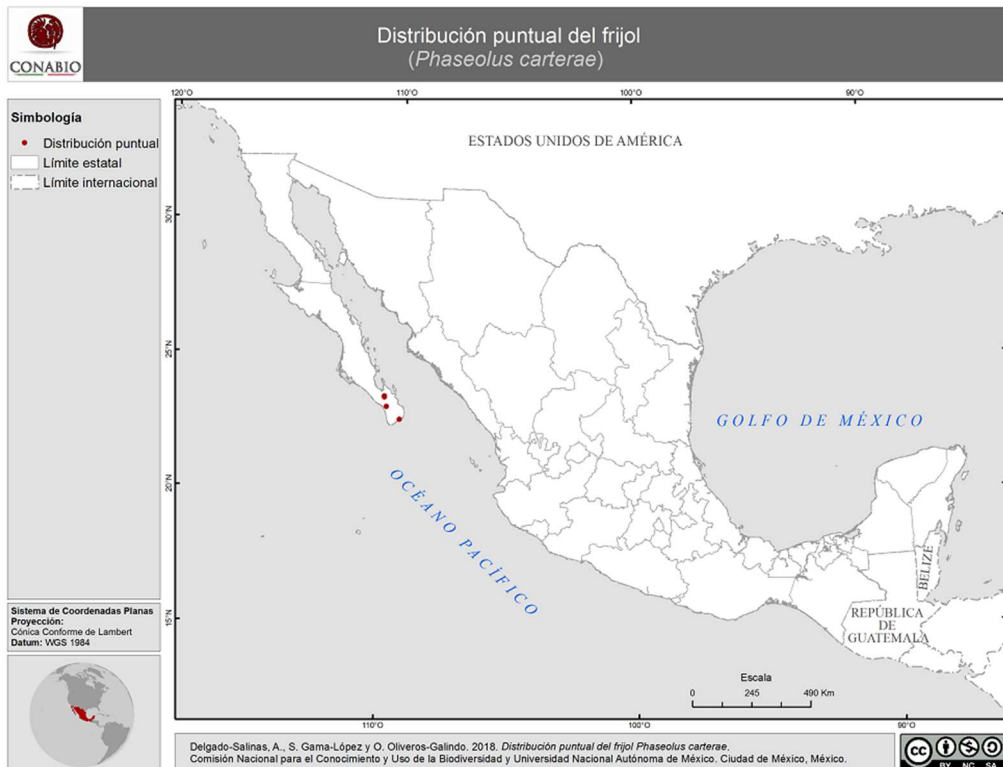
**Figura 9.7** *Phaseolus anisophyllus* (Piper) Freytag & Debouck



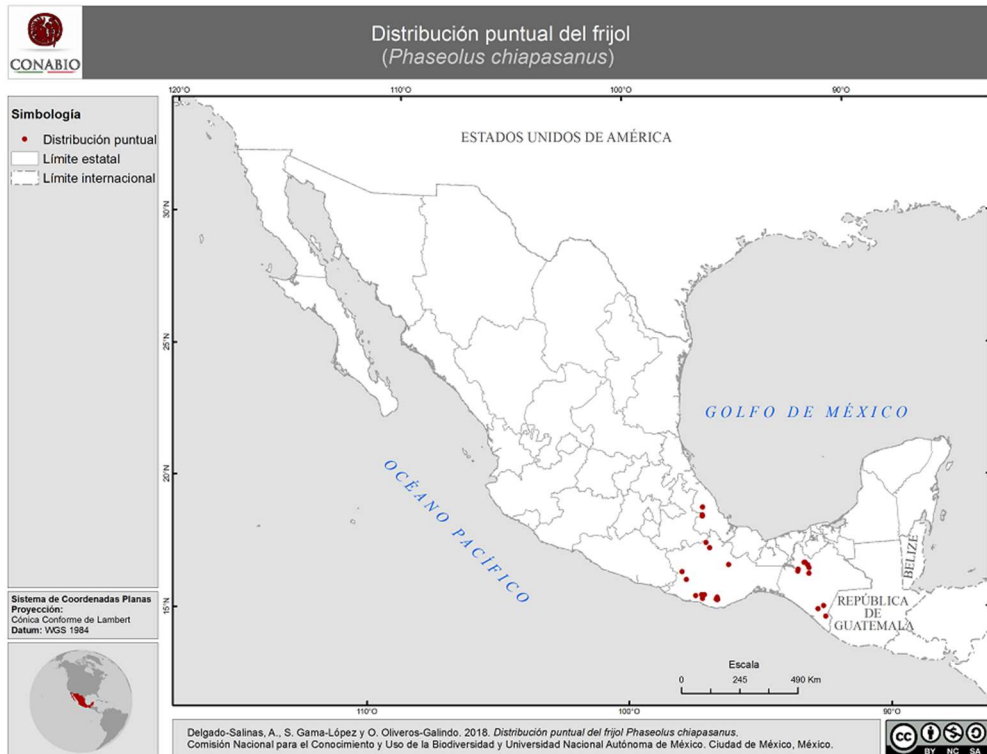
**Figura 9.8** *Phaseolus campanulatus* Freytag & Debouck



**Figura 9.9** *Phaseolus carterae* Freytag & Debouck



**Figura 9.10** *Phaseolus chiapasanus* Piper

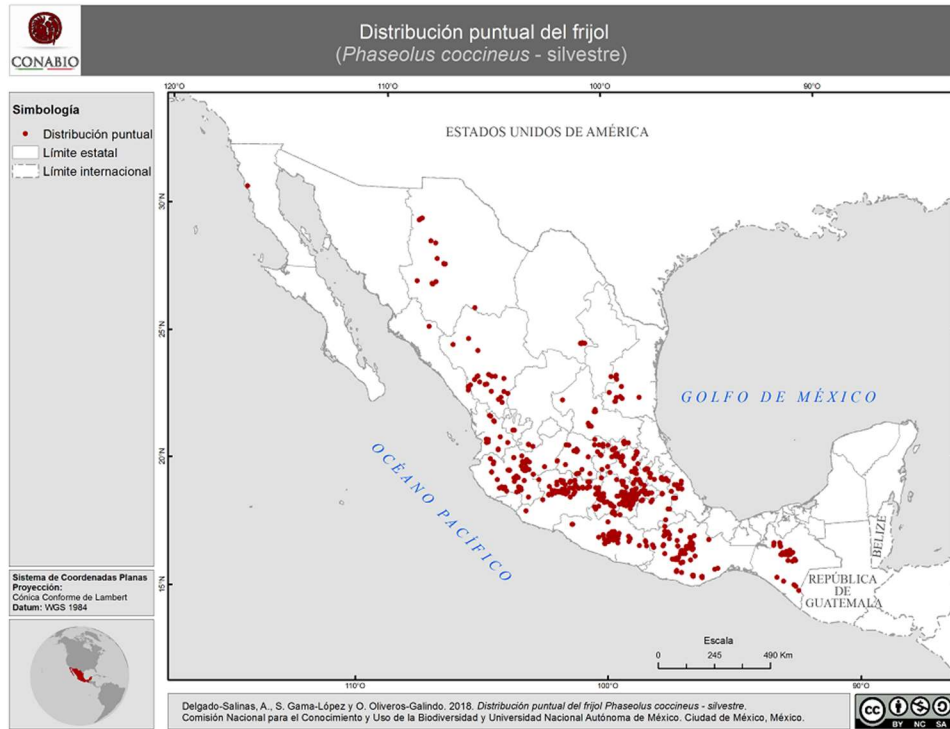


**Figura 9.11** *Phaseolus coccineus* L. – cultivado





**Figura 9.12** *Phaseolus coccineus* L. – silvestre



**Figura 9.13** *Phaseolus dasycarpus* Freytag & Debouck



Figura 9.14 *Phaseolus dumosus* Macfad.

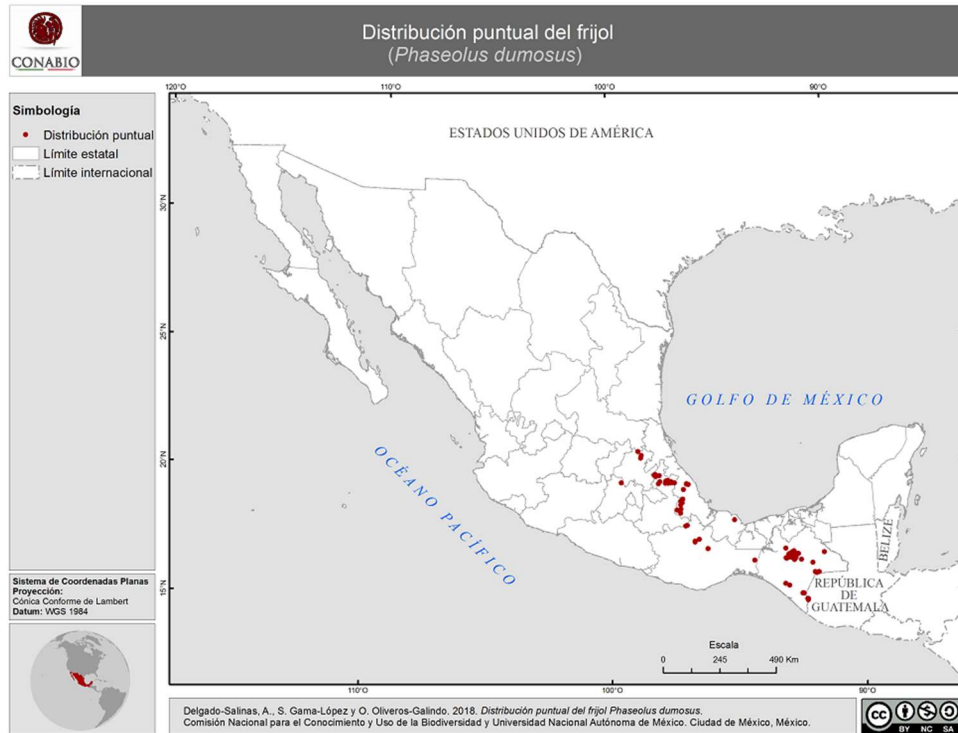
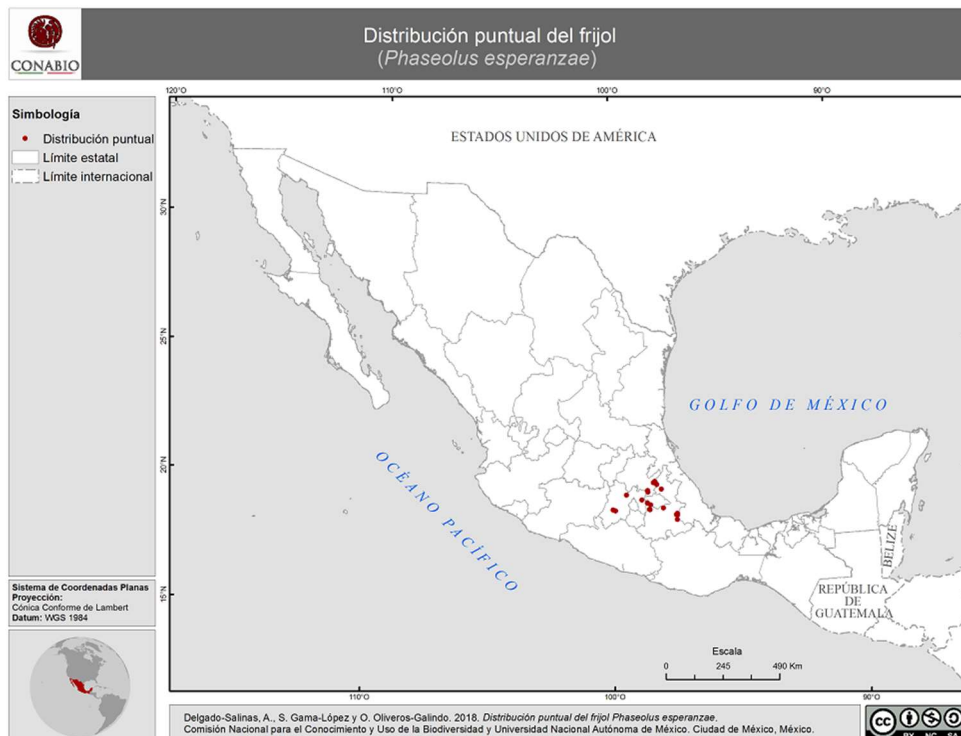
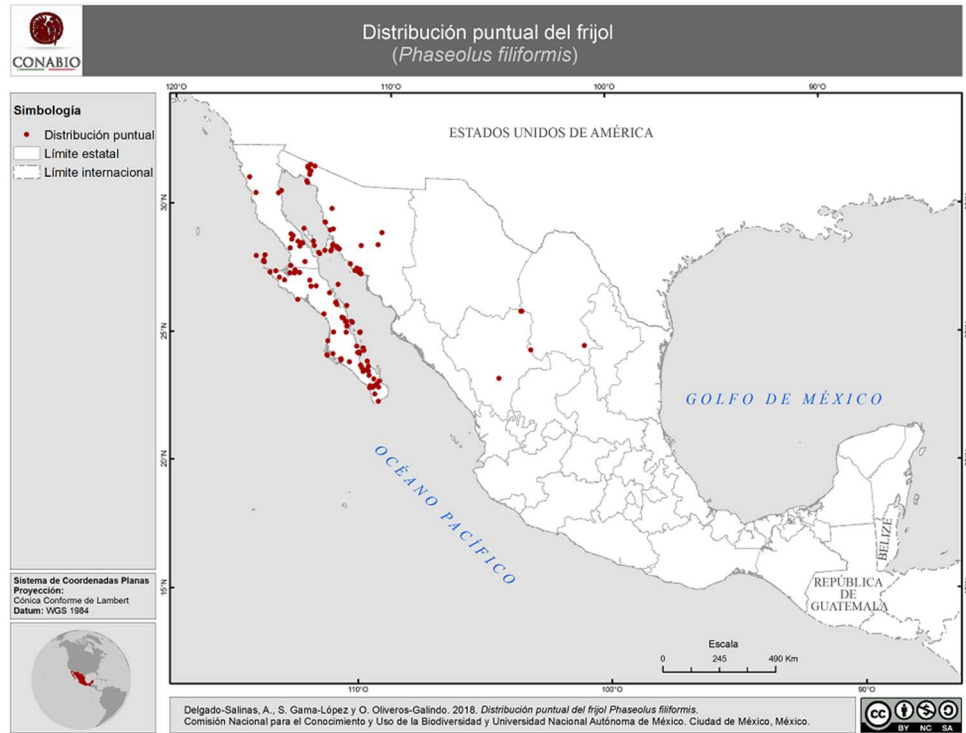


Figura 9.15 *Phaseolus esperanzae* Seaton



**Figura 9.16** *Phaseolus filiformis* Benth.



**Figura 9.17** *Phaseolus glabellus* Piper

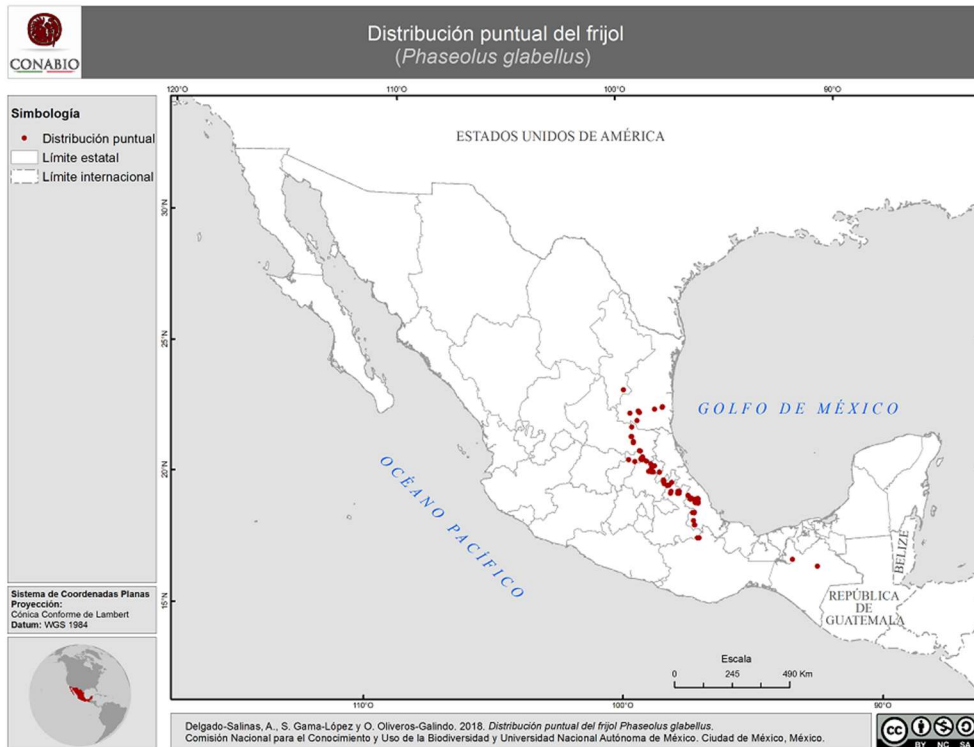


Figura 9.18 *Phaseolus hintonii* A. Delgado

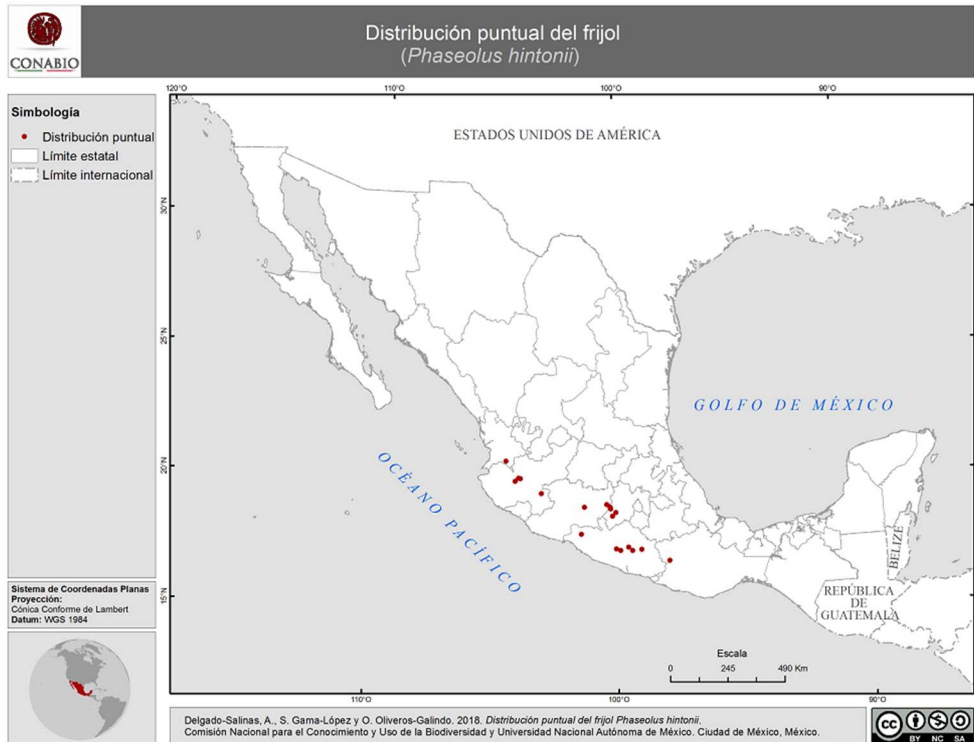
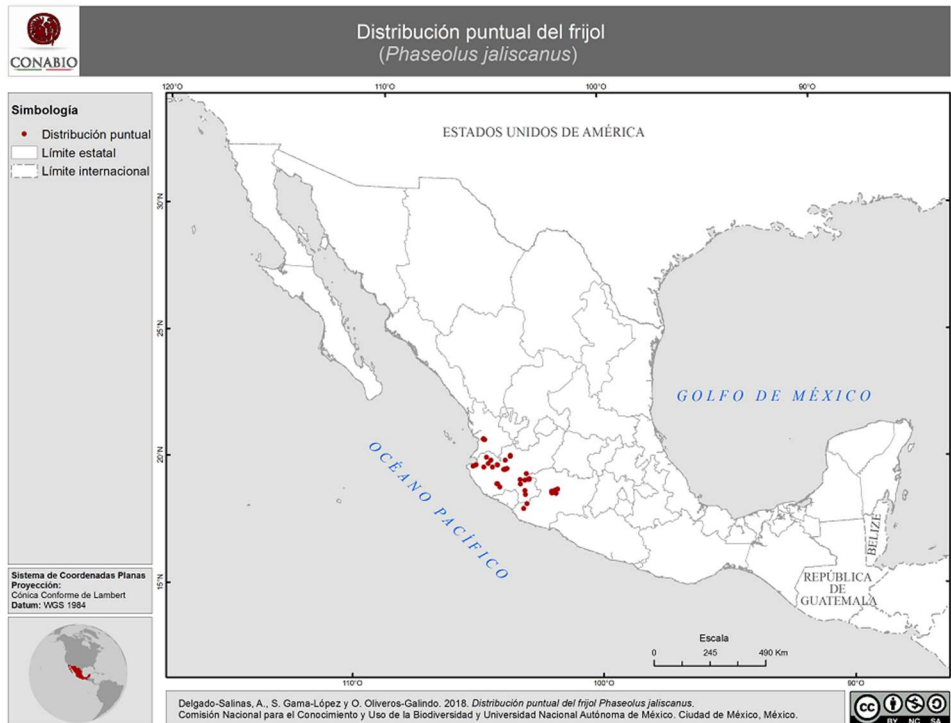
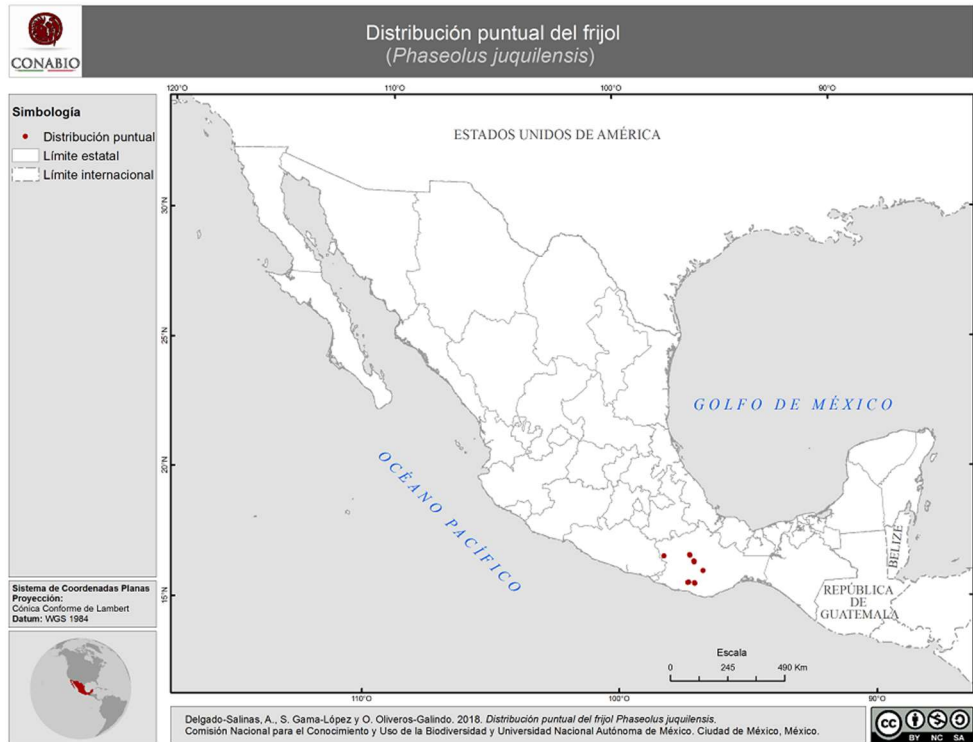


Figura 9.19 *Phaseolus jaliscanus* Piper



**Figura 9.20** *Phaseolus juquilensis* A. Delgado



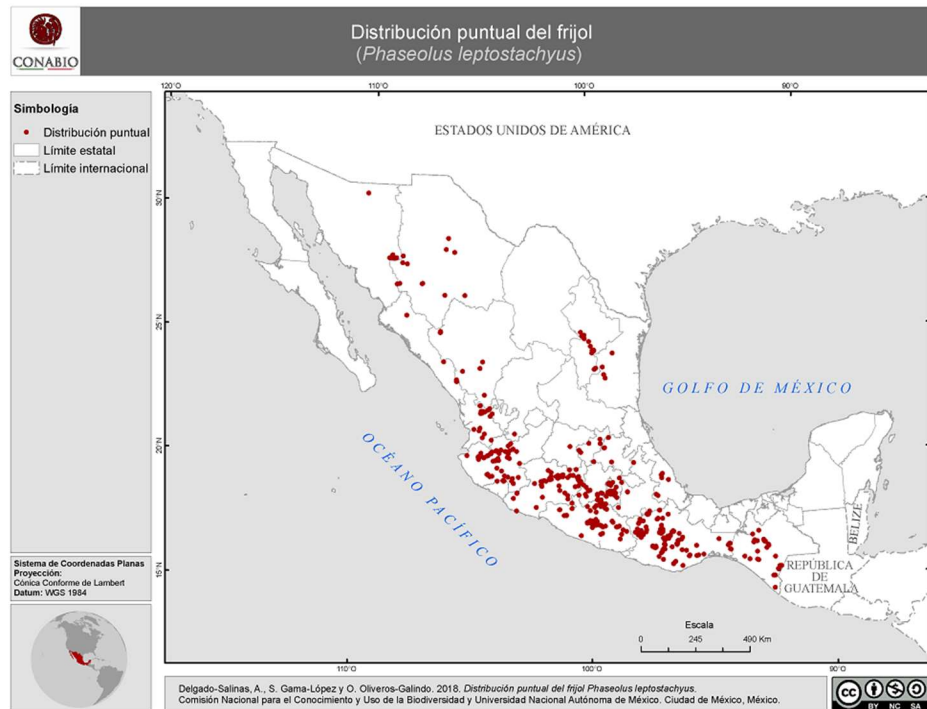
**Figura 9.21** *Phaseolus laxiflorus* Piper



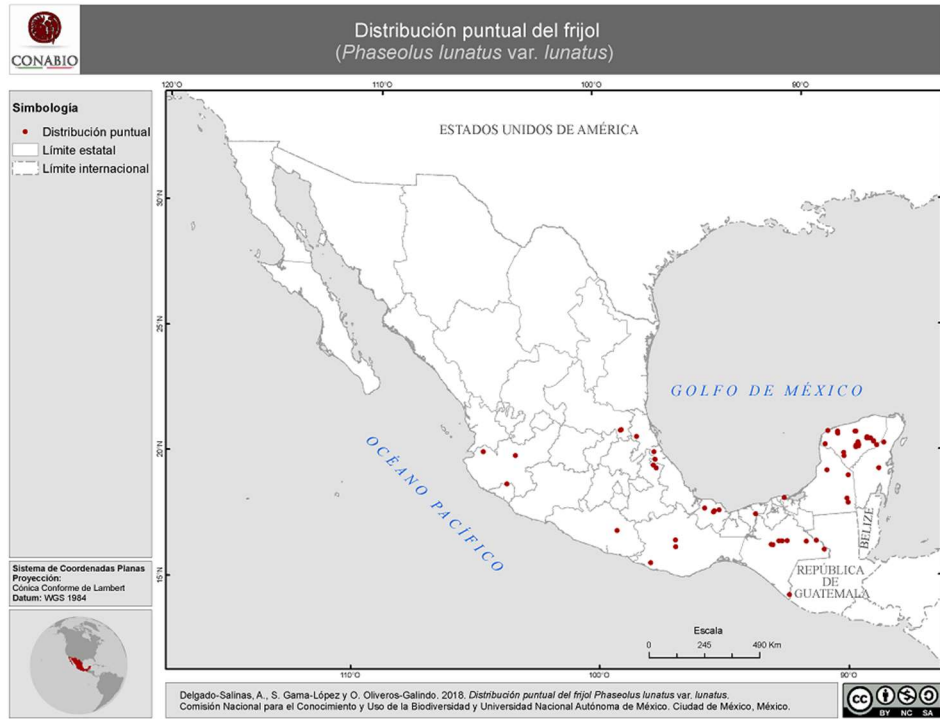
**Figura 9.22** *Phaseolus leptophyllus* G. Don



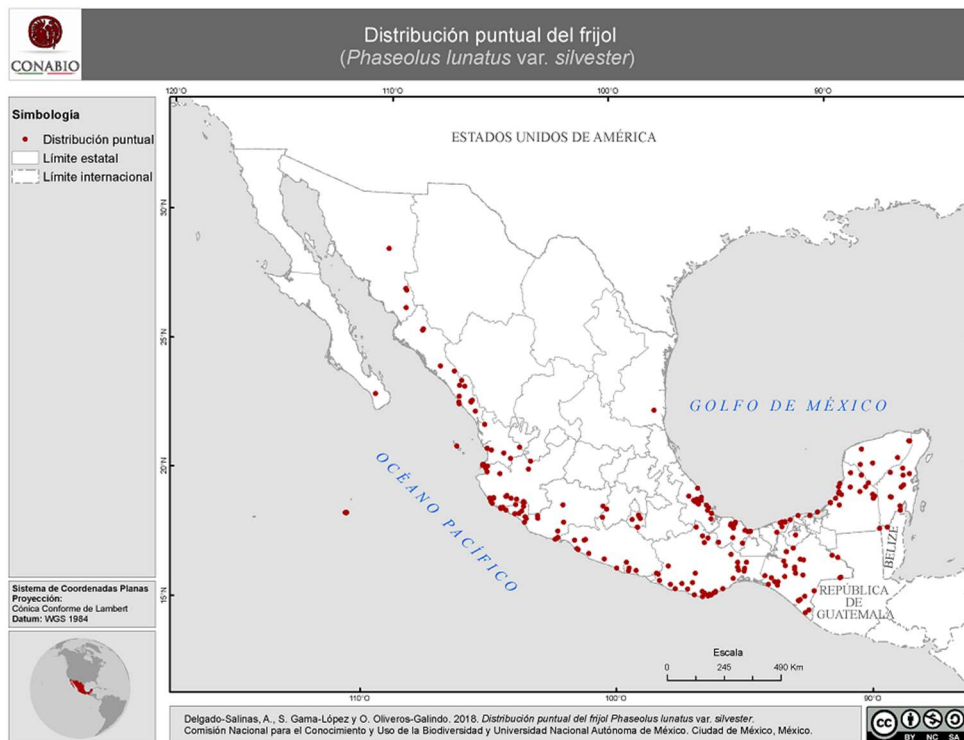
**Figura 9.23** *Phaseolus leptostachyus* Benth.



**Figura 9.24** *P. Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*



**Figura 9.25** *Phaseolus lunatus* L. var. *silvester* Baudet



**Figura 9.26** *Phaseolus maculatifolius* Freytag & Debouck



**Figura 9.27** *Phaseolus maculatus* Scheele

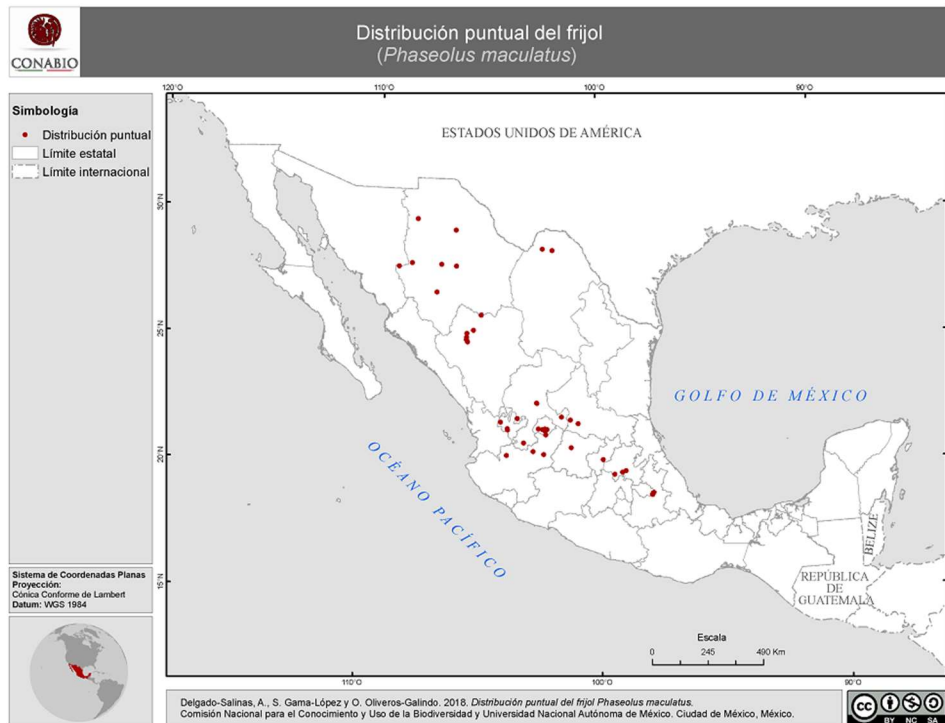




Figura 9.28 *Phaseolus macvaughii* A. Delgado

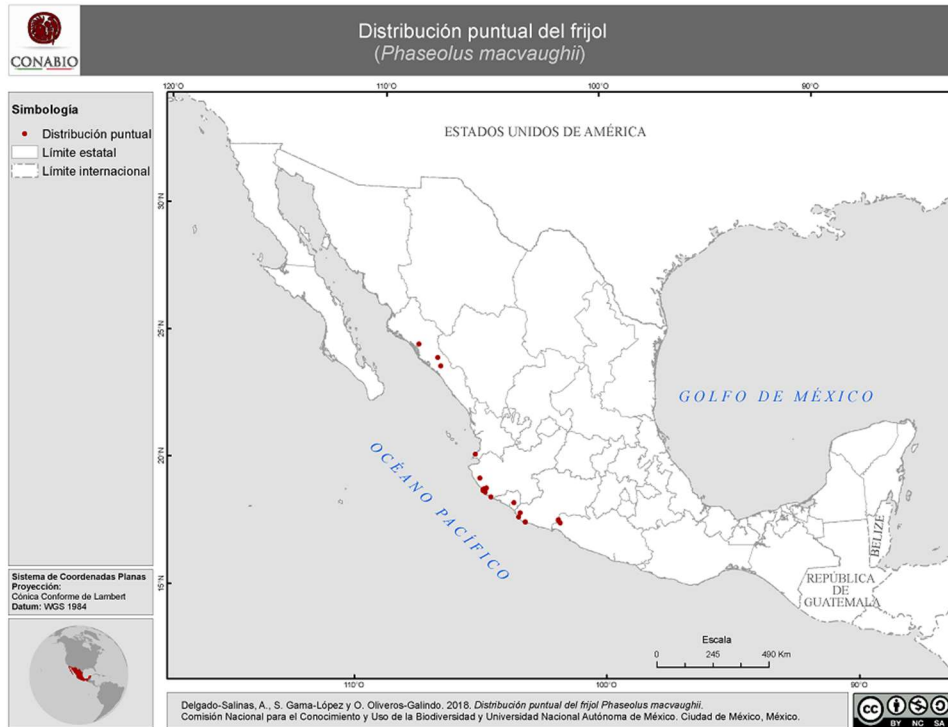


Figura 9.29 *Phaseolus marechalii* A. Delgado



Figura 9.30 *Phaseolus micranthus* Hook. & Arn.

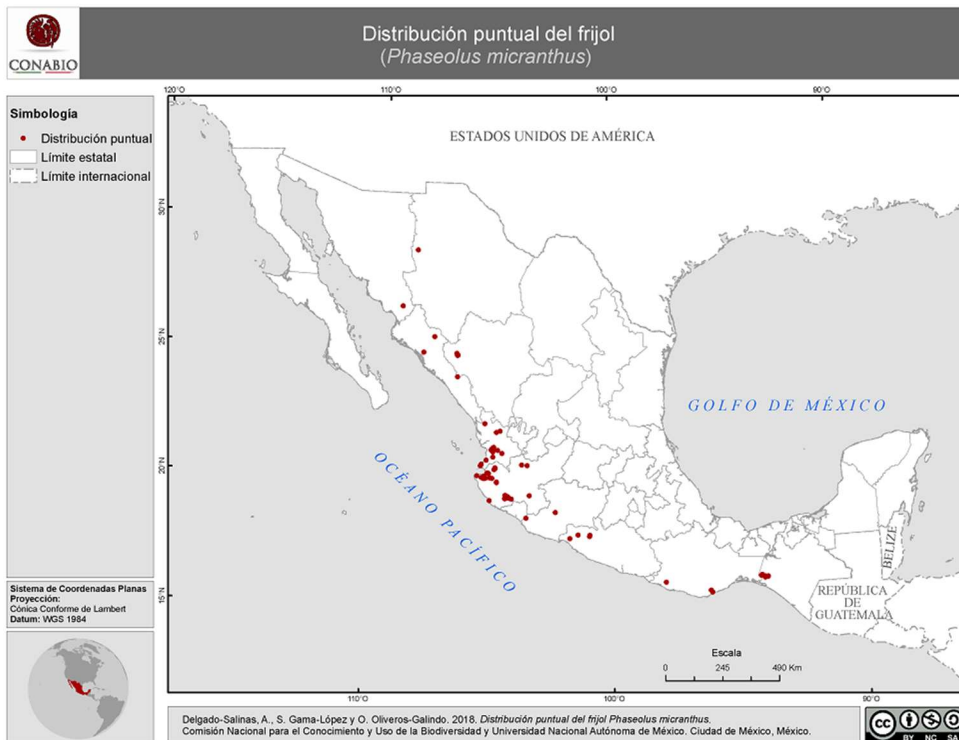
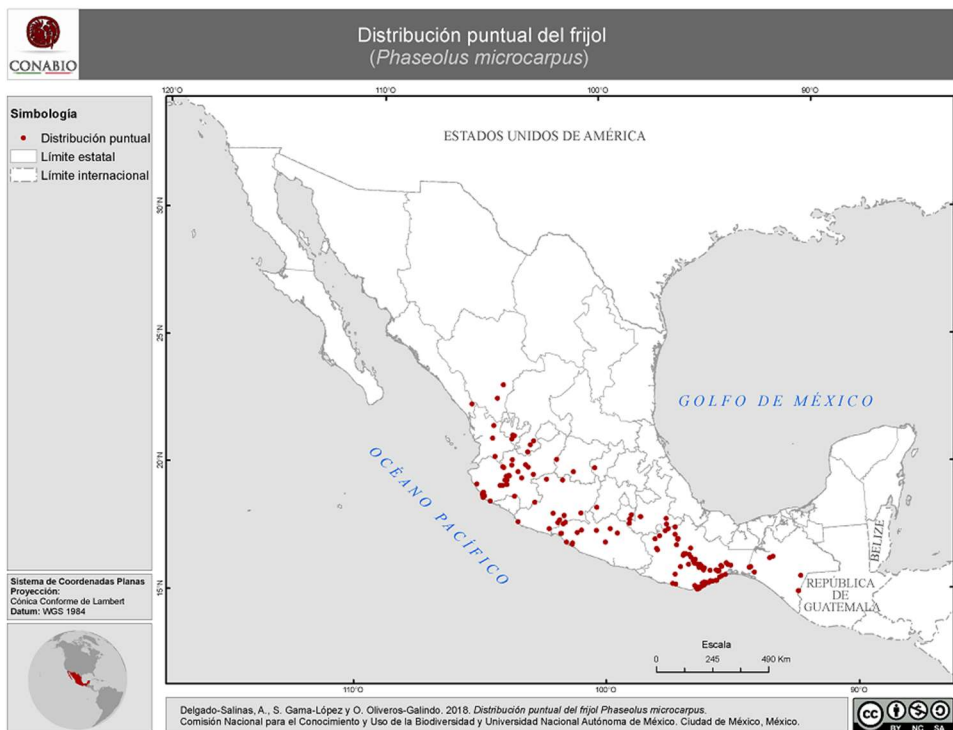
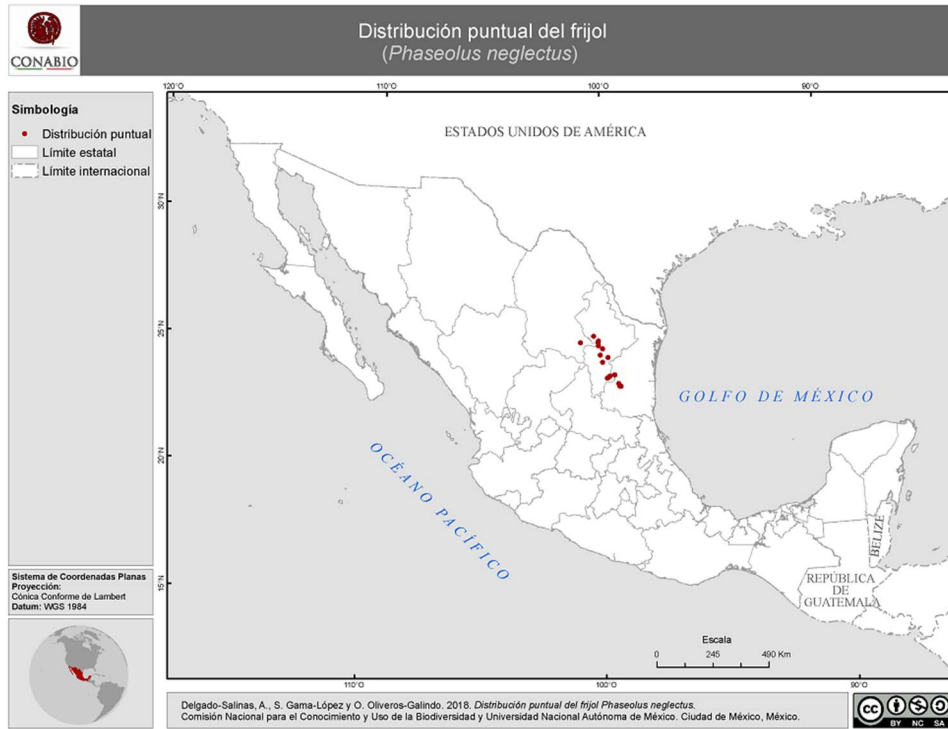


Figura 9.31 *Phaseolus microcarpus* Mart.



**Figura 9.32** *Phaseolus neglectus* F.J. Herm.



**Figura 9.33** *Phaseolus nelsonii* Maréchal, Mascherpa & Stainier

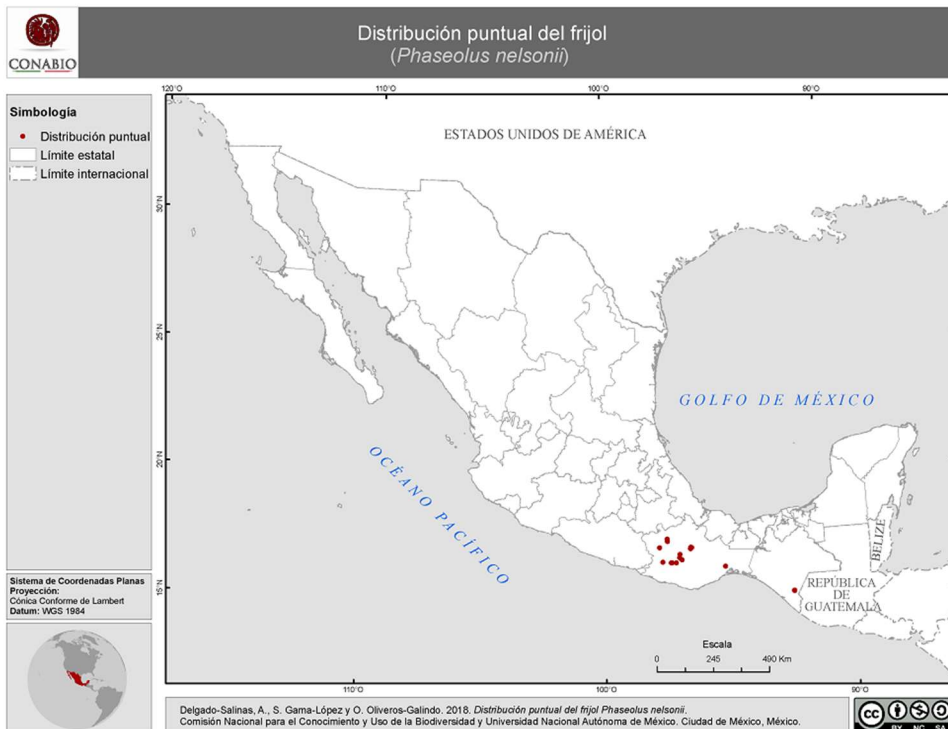


Figura 9.34 *Phaseolus nodosus* Freytag & Debouck

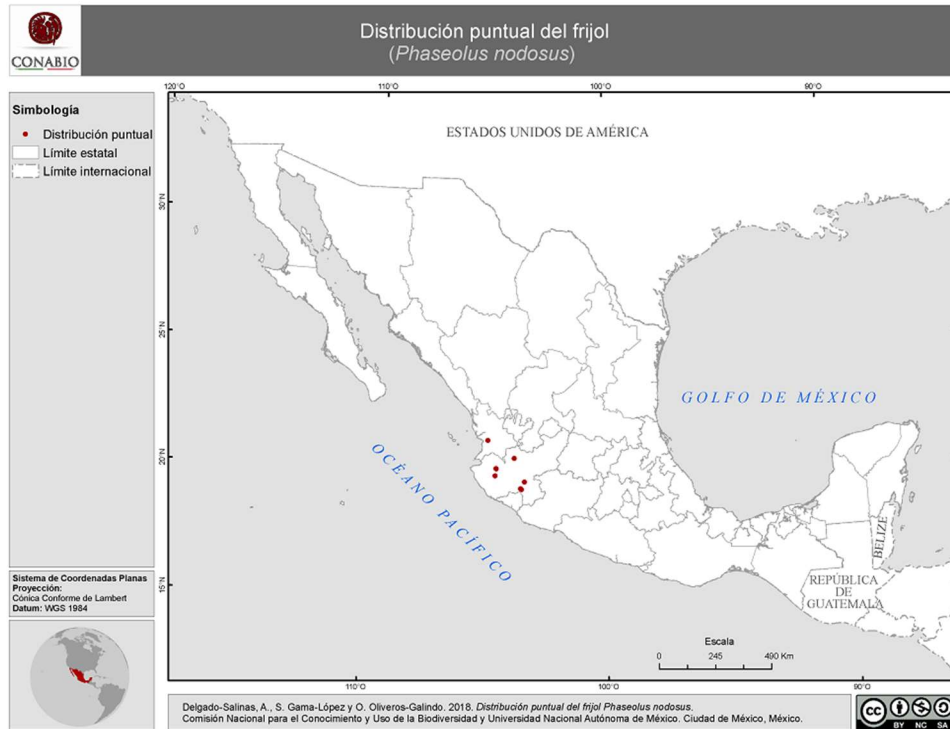


Figura 9.35 *Phaseolus novoleonensis* Debouck



**Figura 9.36** *Phaseolus oaxacanus* Rose



**Figura 9.37** *Phaseolus oligospermus* Piper

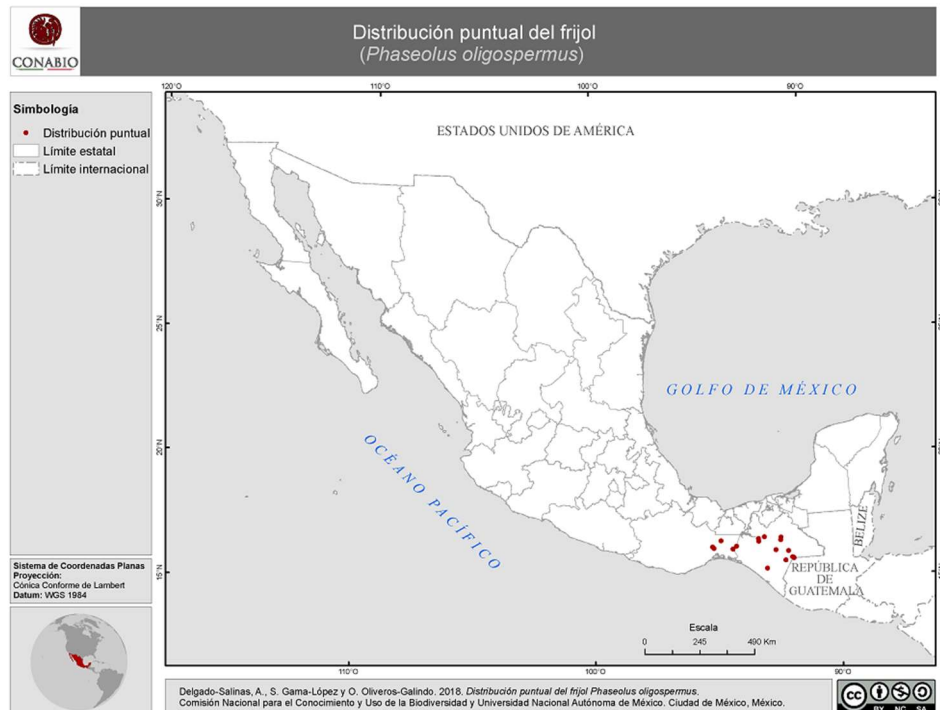


Figura 9.38 *Phaseolus parvifolius* Freytag

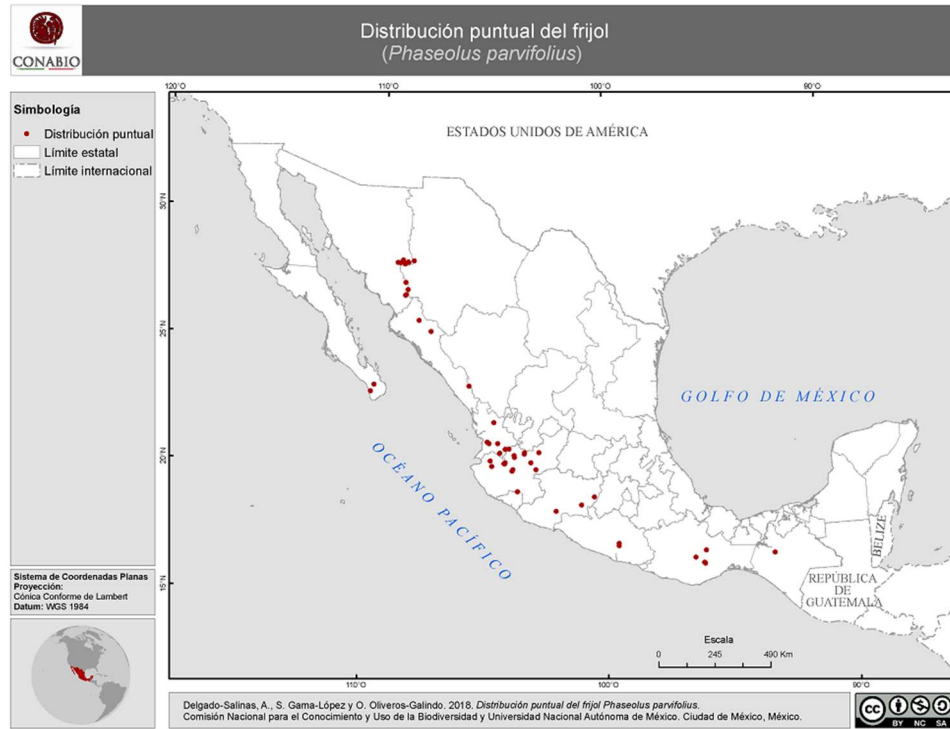
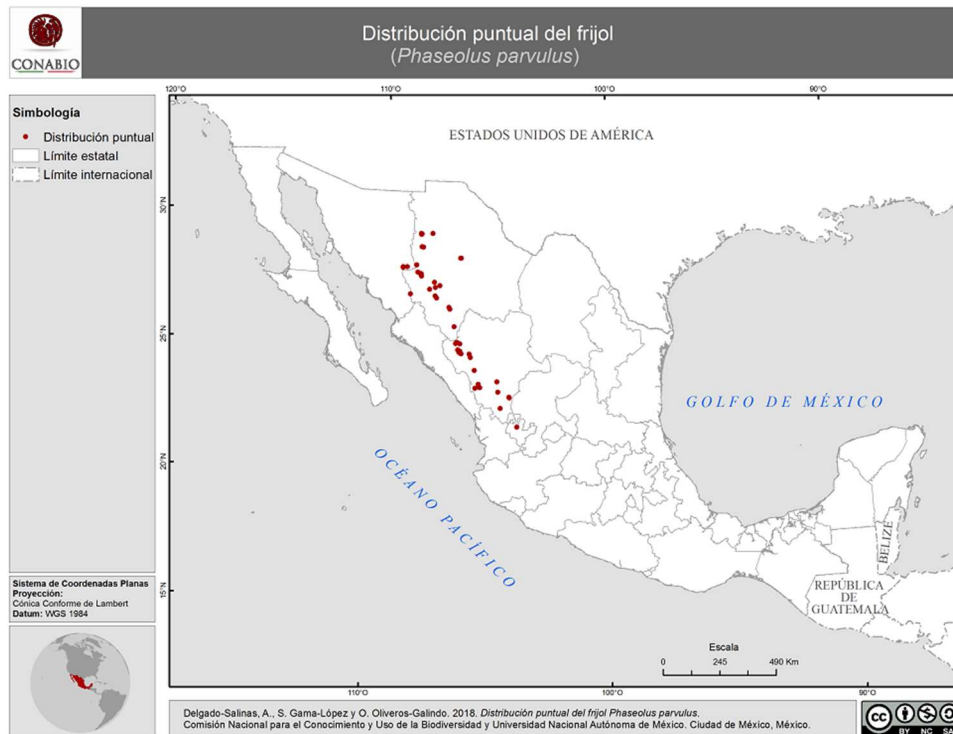
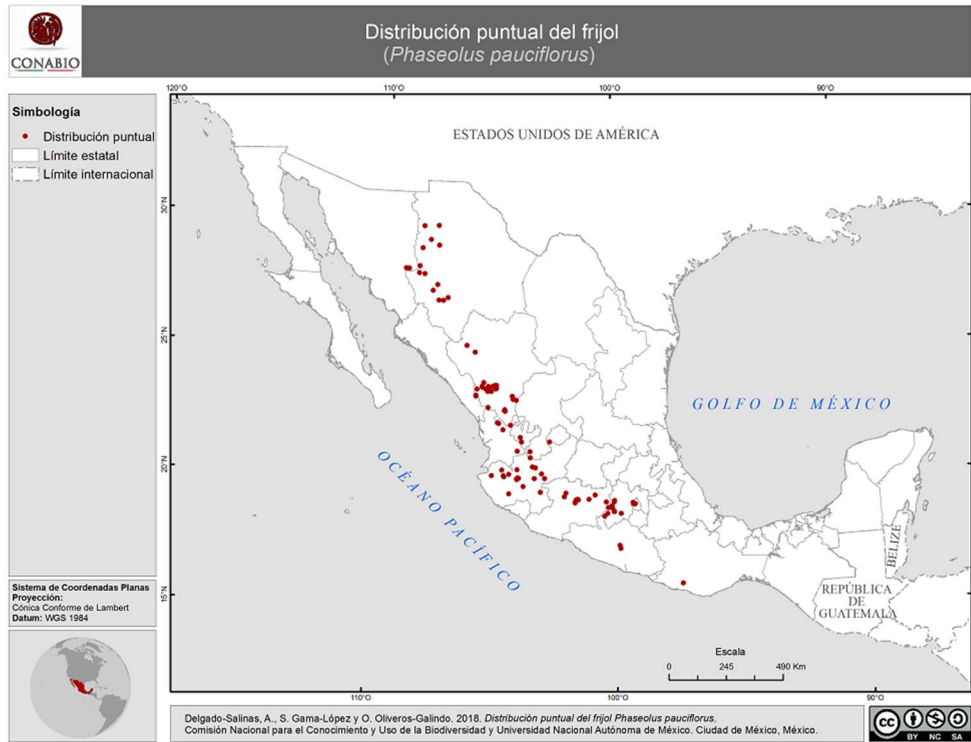


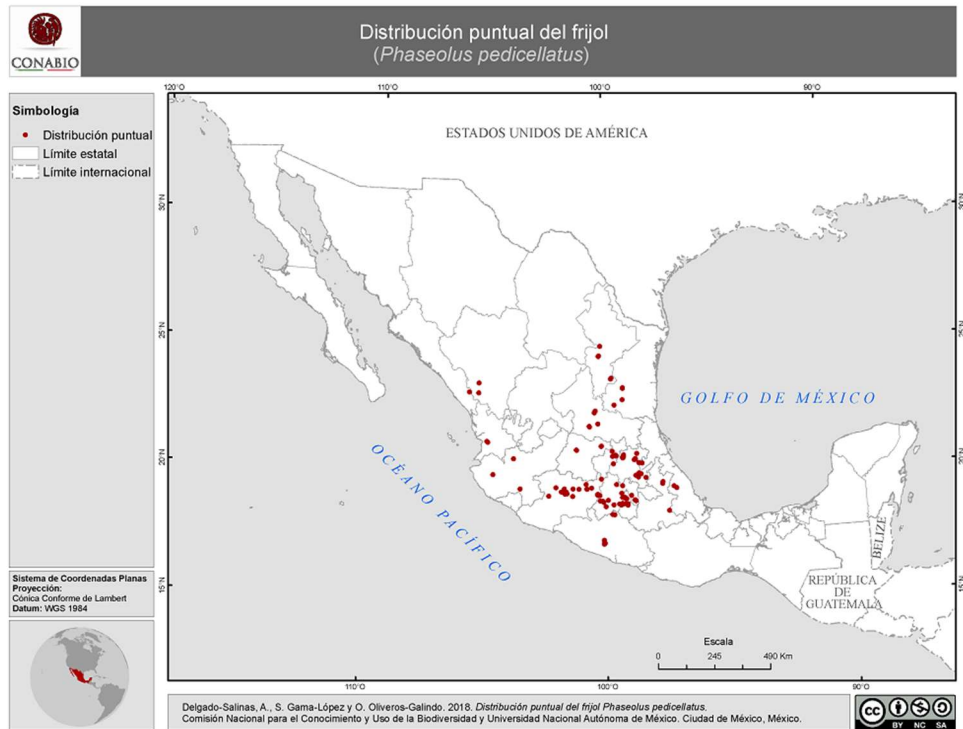
Figura 9.39 *Phaseolus parvulus* Greene



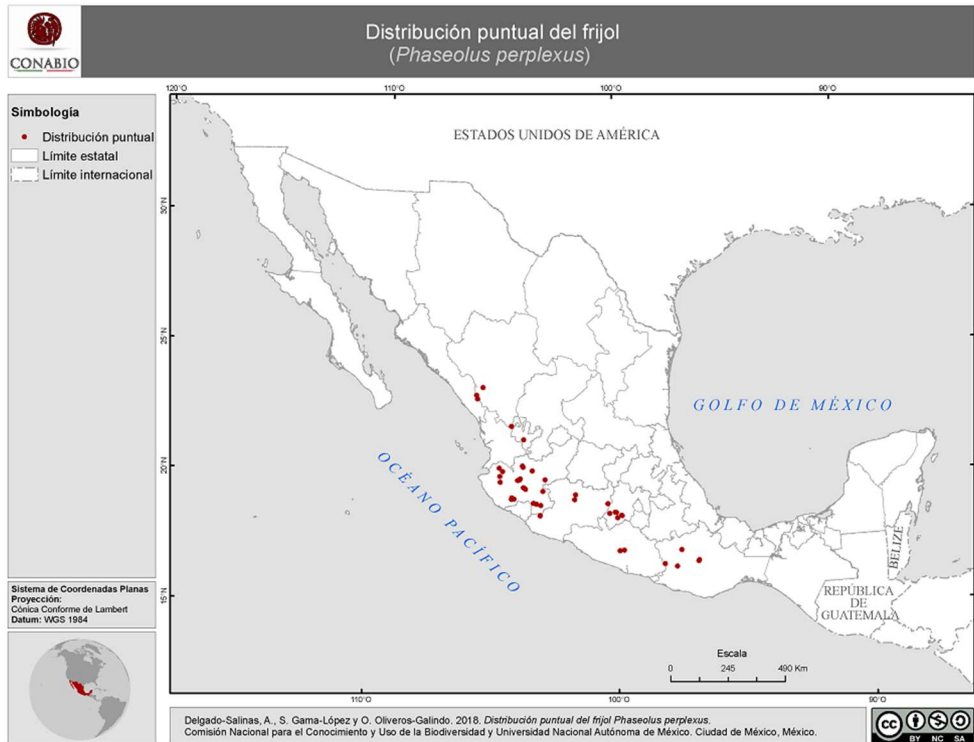
**Figura 9.40** *Phaseolus pauciflorus* Sessé & Mociño ex G. Don



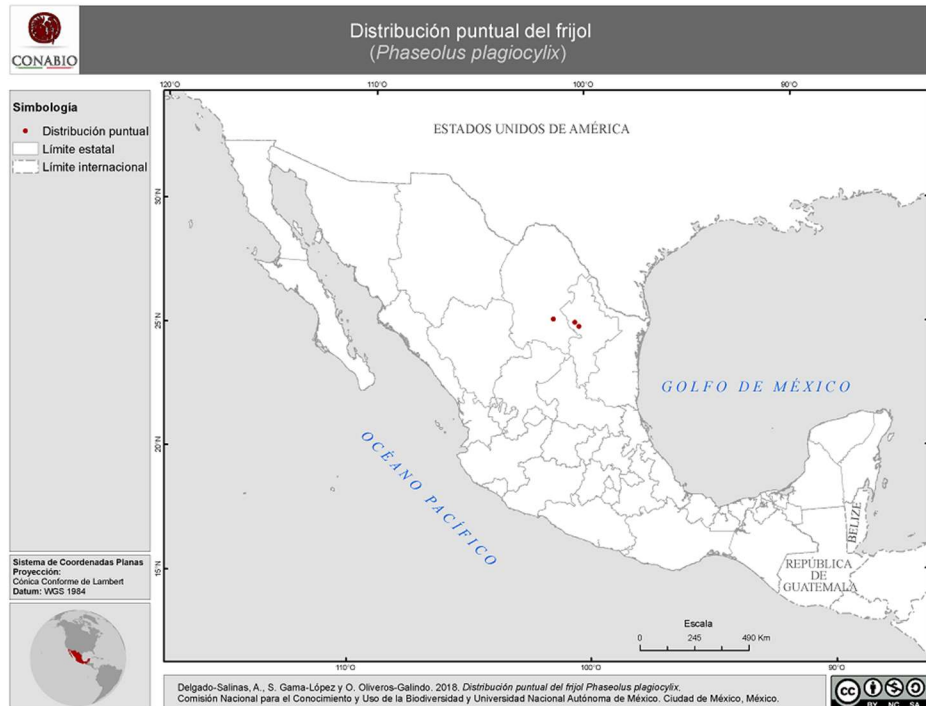
**Figura 9.41** *Phaseolus pedicellatus* Benth.



**Figura 9.42** *Phaseolus perplexus* A. Delgado

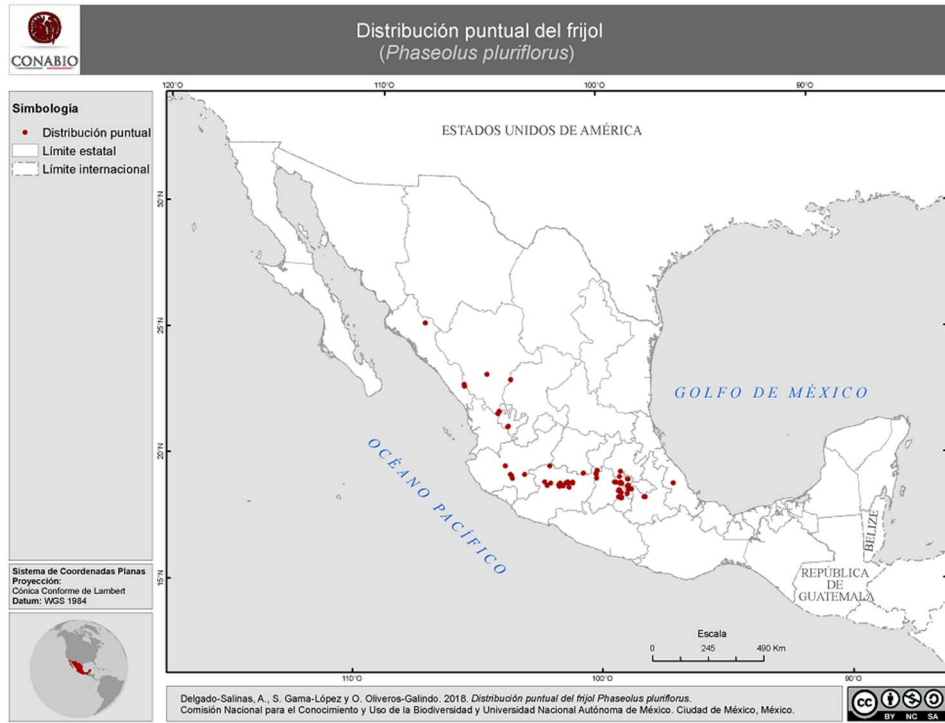


**Figura 9.43** *Phaseolus plagiocylix* Harms

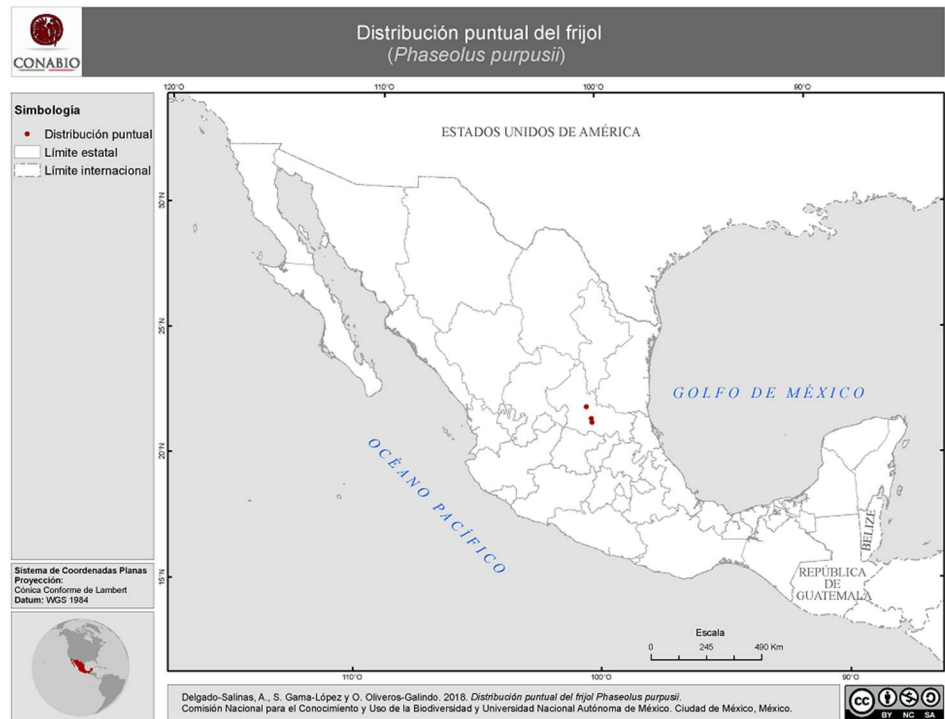




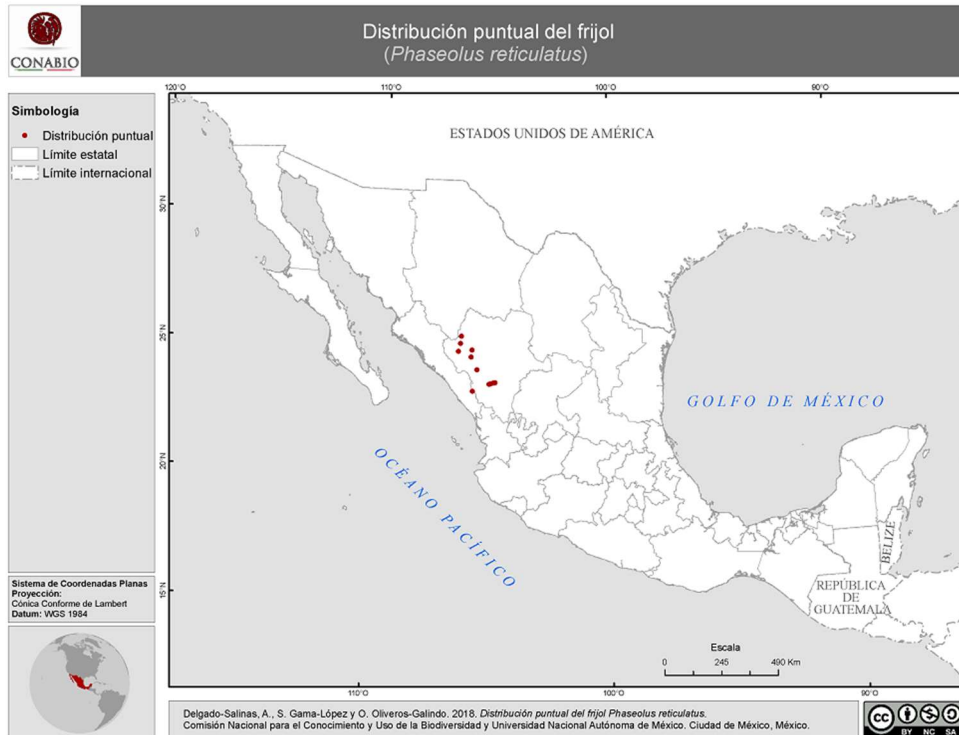
**Figura 9.44** *Phaseolus pluriflorus* Maréchal, Mascherpa & Stainier



**Figura 9.45** *Phaseolus purpusii* Brandege



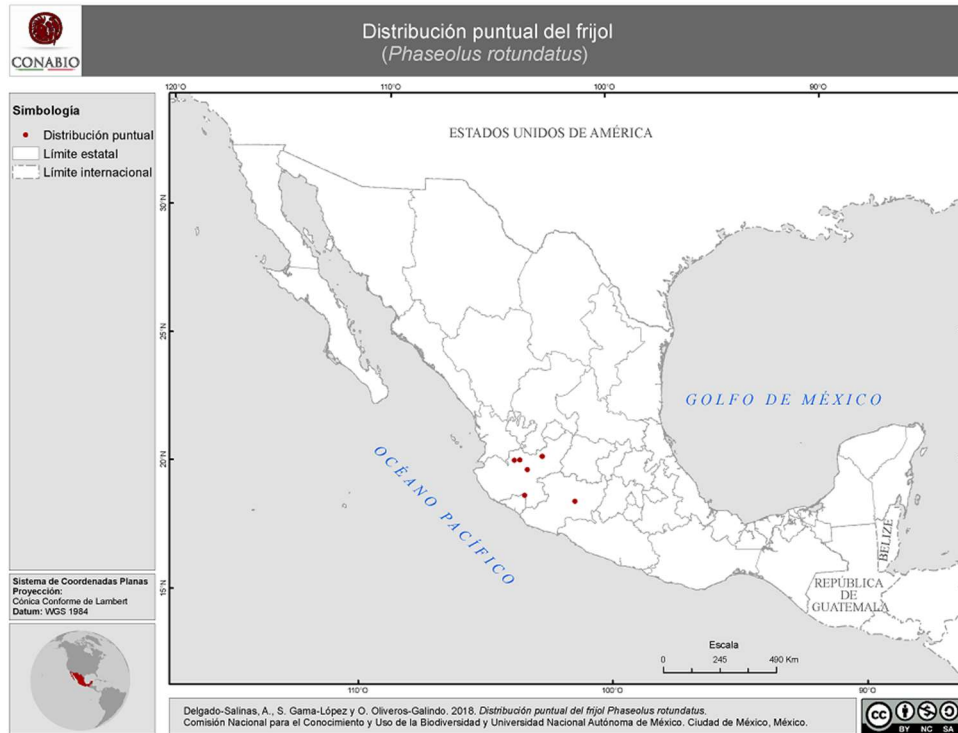
**Figura 9.46** *Phaseolus reticulatus* Freytag & Debouck



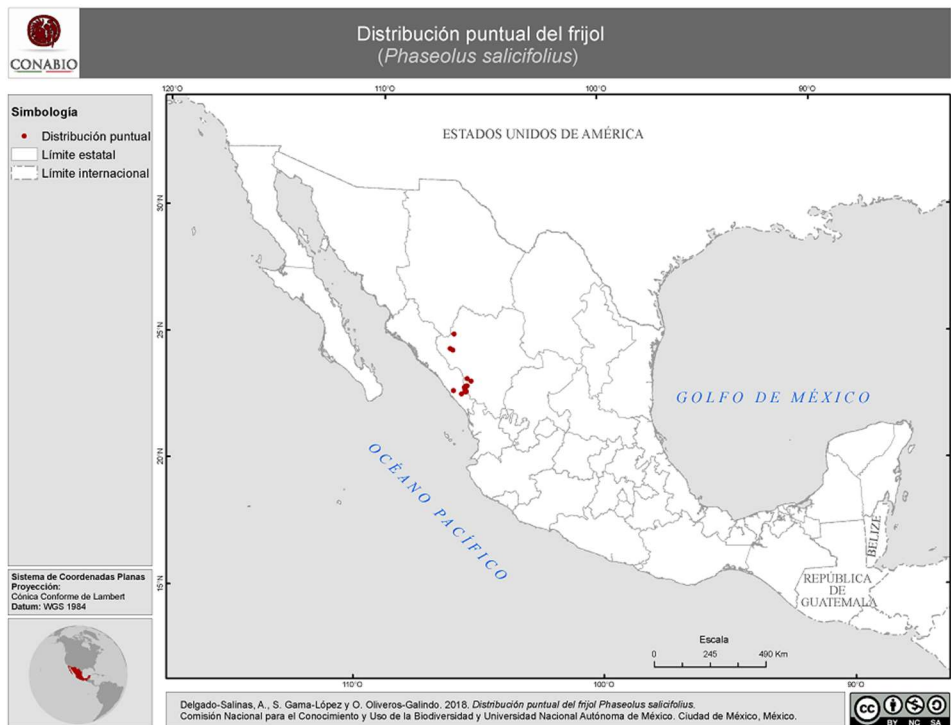
**Figura 9.47** *Phaseolus ritensis* M.E. Jones



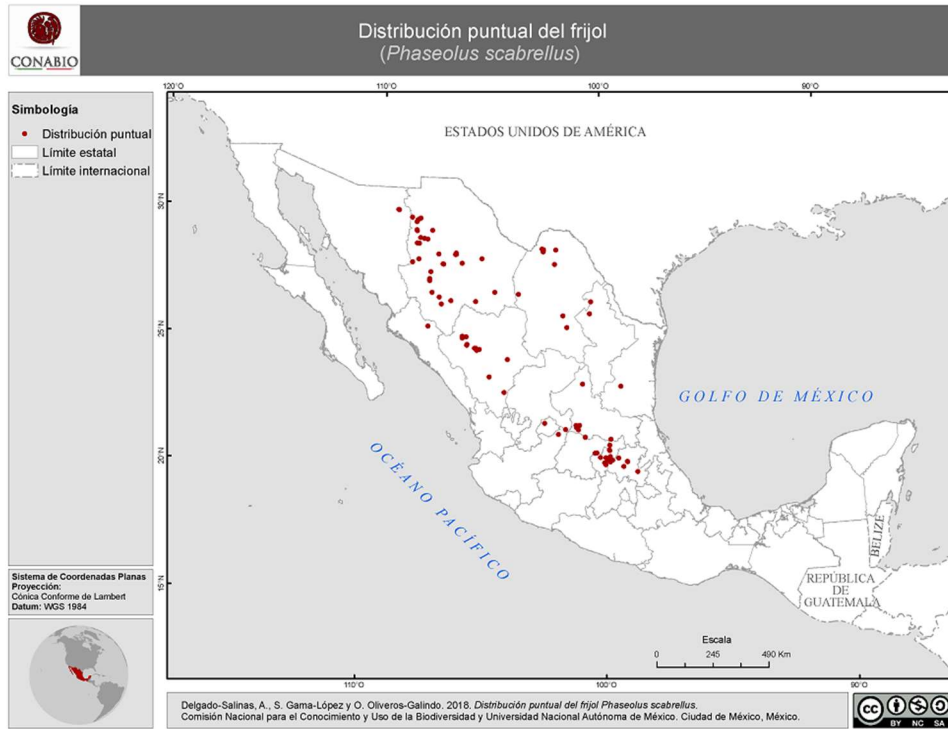
**Figura 9.48** *Phaseolus rotundatus* Freytag & Debouck



**Figura 9.49** *Phaseolus salicifolius* Piper



**Figura 9.50** *Phaseolus scabrellus* Benth. ex S. Watson



**Figura 9.51** *Phaseolus sonorensis* Standl.



Figura 9.52 *Phaseolus tenellus* Piper

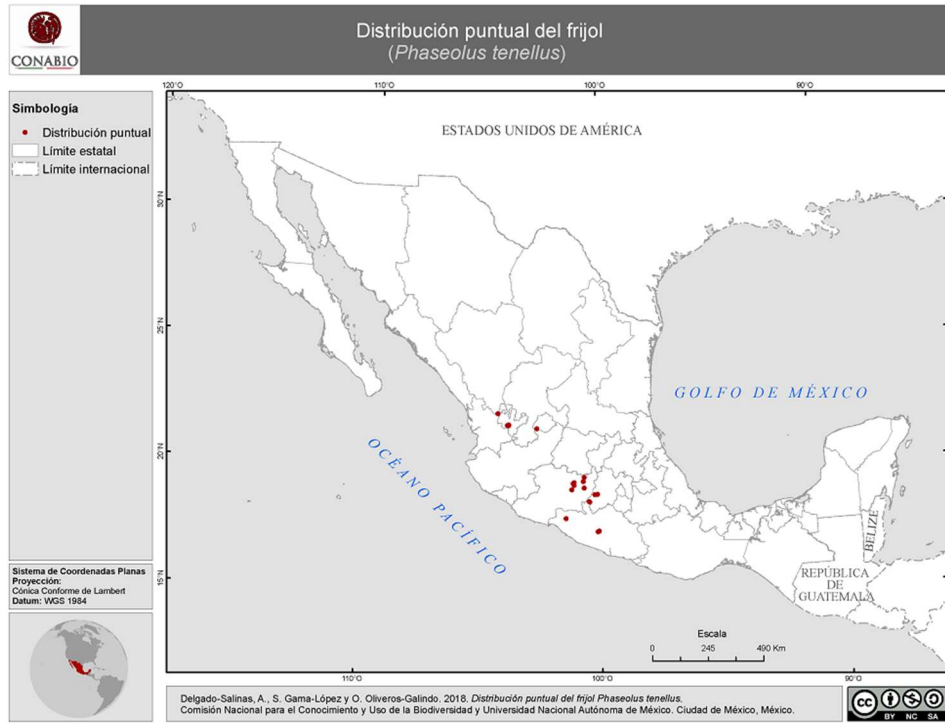
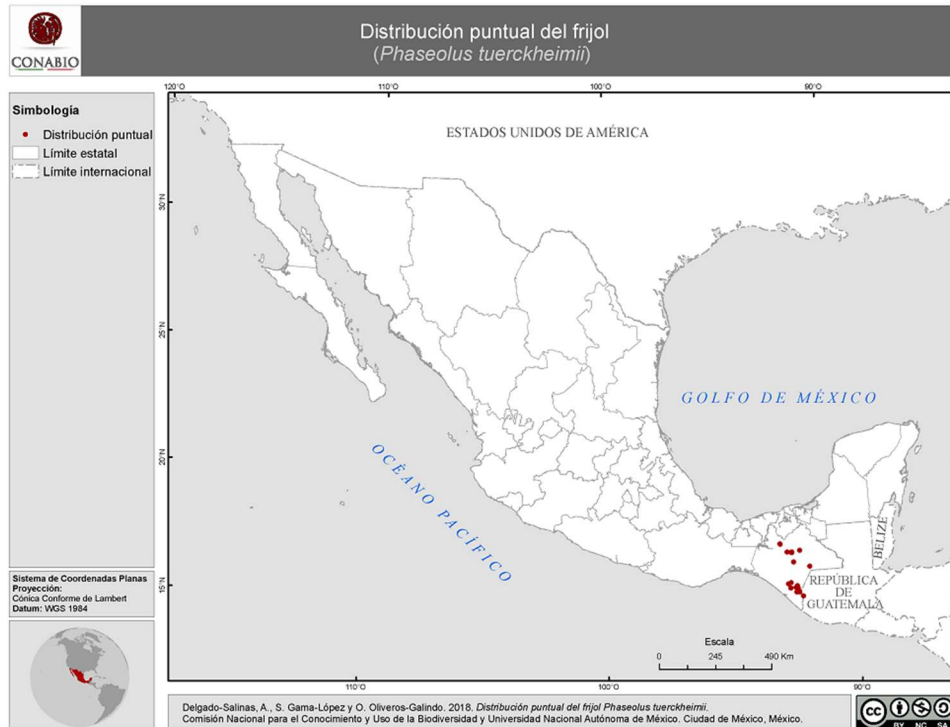
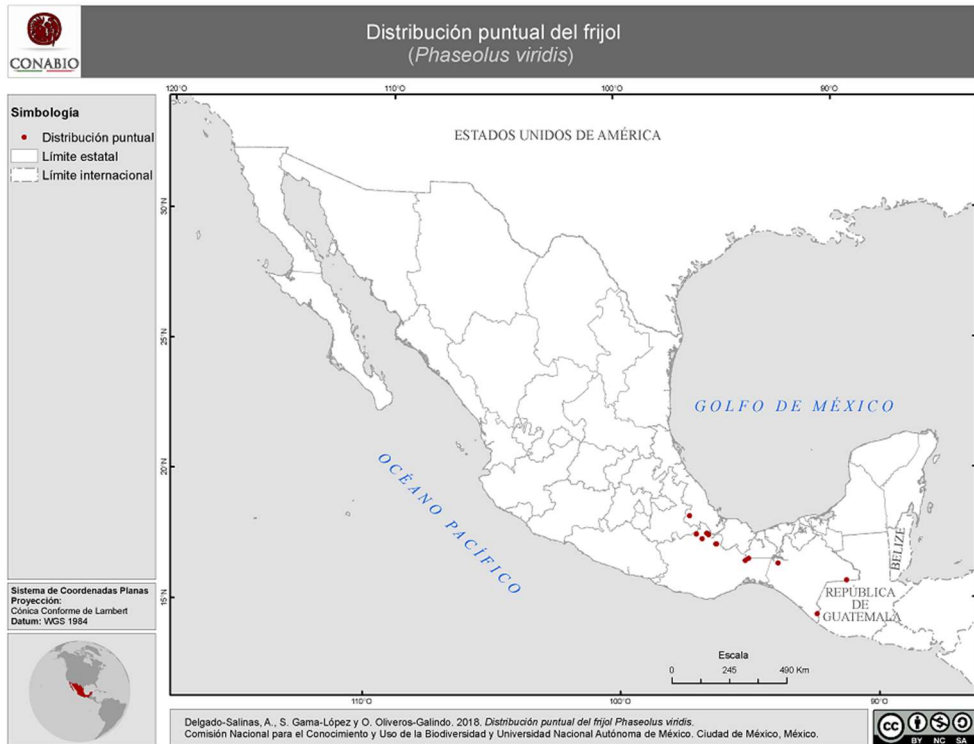


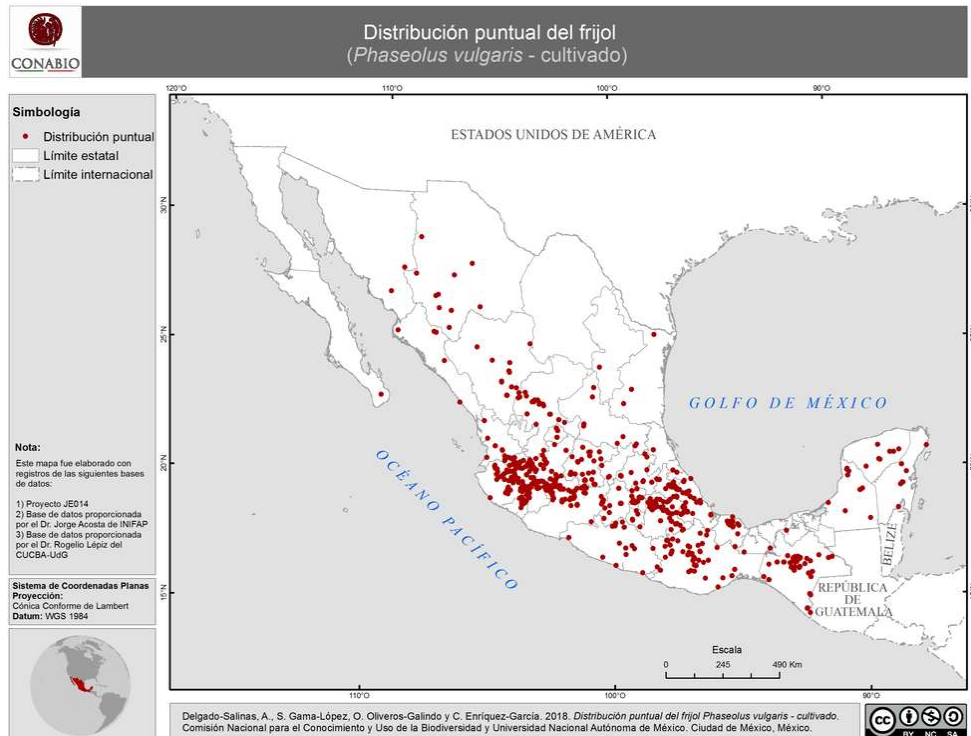
Figura 9.53 *Phaseolus tuerckheimii* Donn. Sm.



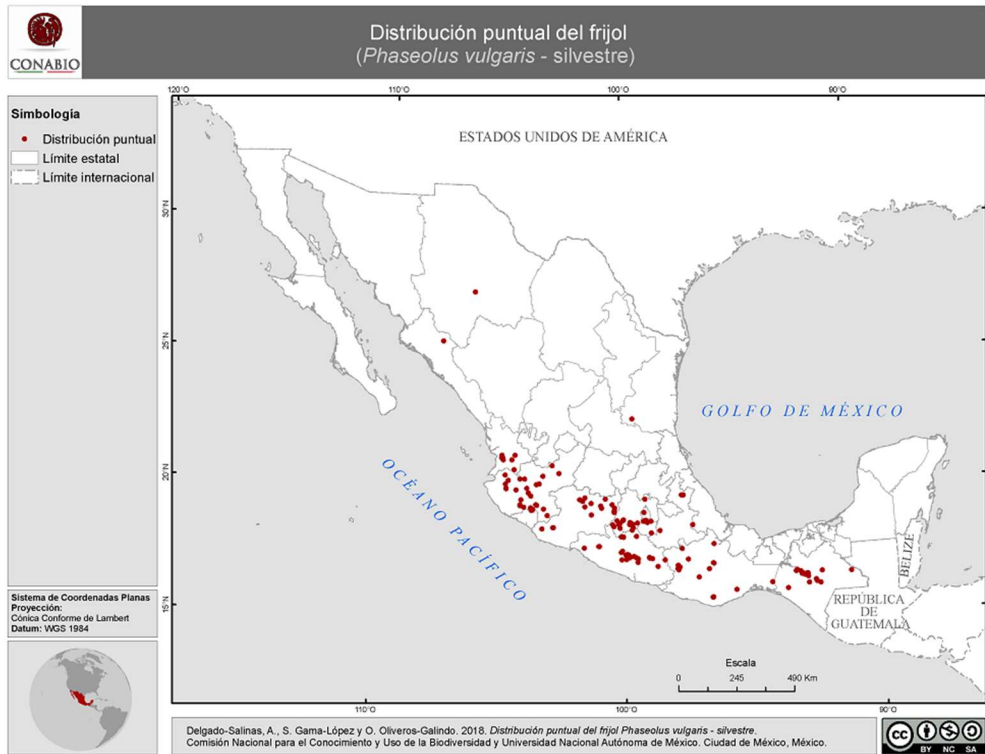
**Figura 9.54** *Phaseolus viridis* Piper



**Figura 9.55** *Phaseolus vulgaris* L. – cultivado



**Figura 9.56** *Phaseolus vulgaris* L. – silvestre



**Figura 9.57** *Phaseolus xanthotrichus* Piper

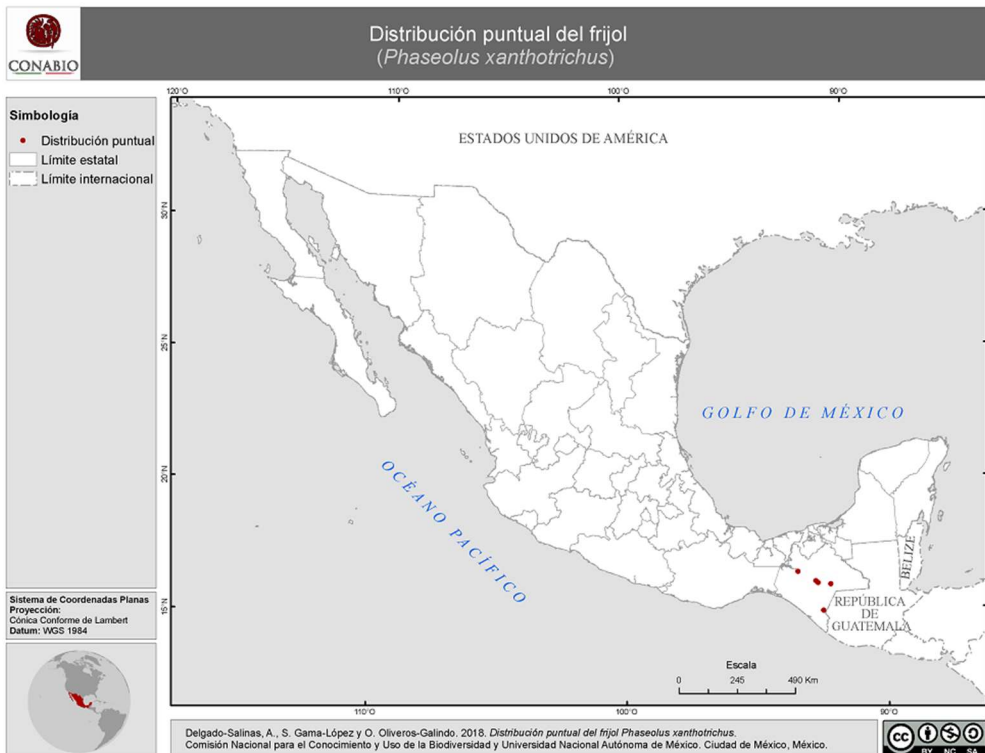


Figura 9.58 *Phaseolus xolocotzii* A. Delgado

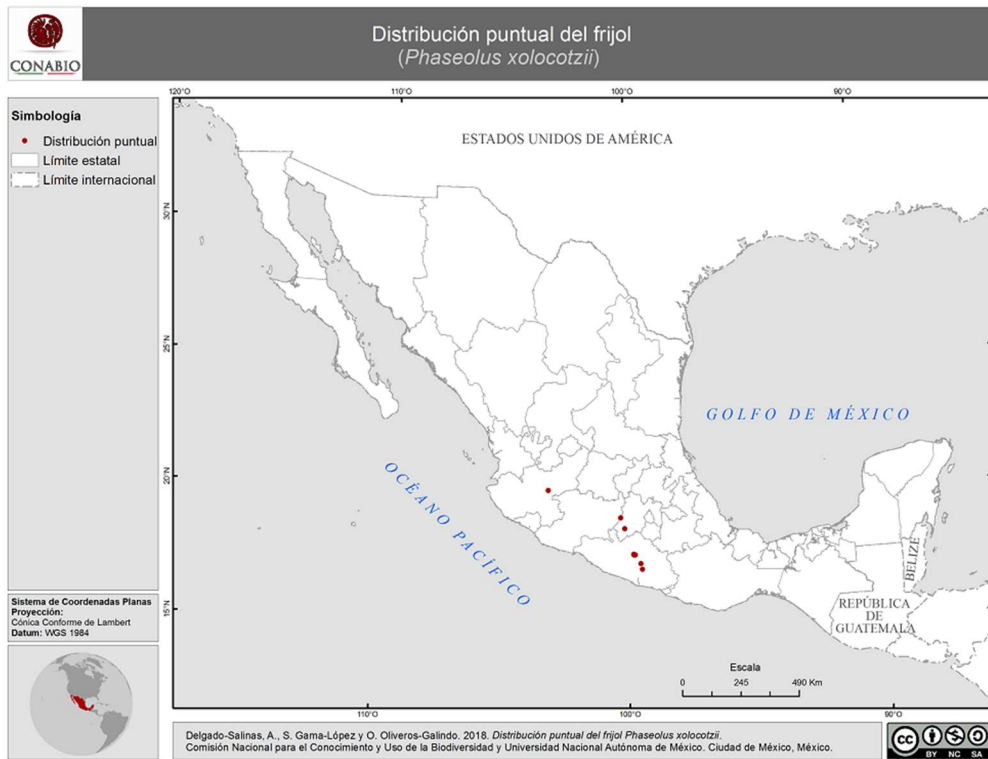


Figura 9.59 *Phaseolus zimapanensis* A. Delgado



Nota: Los mapas de distribución puntual, los shapefiles y los metadatos finales estarán disponibles en el geportal de la CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>





## MODELACIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *Phaseolus*.

### SELECCIÓN DE REGISTROS Y ESPECIES:

Después de los acuerdos establecidos el 17 de abril del presente año con la Dra. Ángela Cuervo, para la entrega de los datos de presencia para la modelación o estudios de nichos ecológicos de las especies de *Phaseolus*, se acordó que se modelarían aquellas especies que mantuvieran más de 20 registros de presencias u ocurrencias diferentes. Por tal motivo, se tuvieron que buscar nuevos ejemplares de herbario que no hubieran aún sido incluidos en la colección del herbario MEXU, es decir ejemplares sin montar. Así mismo, se buscó información en las diferentes colecciones virtuales del género para conseguir esta finalidad. La búsqueda de este material estuvo enfocada principalmente en las especies de *Phaseolus albiflorus*, *P. amblyosepalus*, *P. angustissimus*, *P. esperanzae*, *P. hintonii*, *P. juquilensis*, *P. neglectus*, *P. nelsonii*, *P. oaxacanus*, *P. oligospermus*, *P. tenellus*, *P. tuerckheimii* y *P. viridis* para México. Es importante mencionar que *P. angustissimus* fue la excepción, porque se incluyeron ejemplares colectados en Estados Unidos de Norteamérica

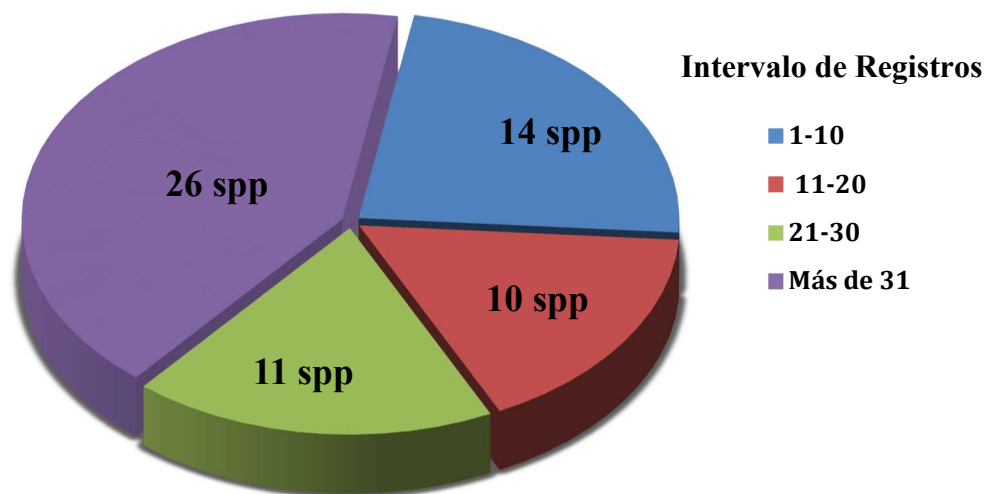
(Arizona, New Mexico y Texas), ya que se contaba con sólo tres registros de colecta para México, siendo su mayor distribución en el sur de los Estados Unidos. Una vez ingresados los nuevos registros a la Base de Datos, para aumentar el número de presencias en aquellas especies de *Phaseolus* que tenían un menor número, se realizó un análisis preliminar del número de registros por especie, para determinar las posibles especies que podrían ser modeladas (Figura 10). De los 60 taxa registrados, considerando a los ejemplares silvestres y cultivados de *P. coccineus* y *P. vulgaris*, como modalidades diferentes, existen 13 especies con hasta 10 registros (*P. anisophyllus*, *P. campanulatus*, *P. carterae*, *P. dasycarpus*, *P. laxiflorus*, *P. leptophyllus*, *P. maculatifolius*, *P. marechalii*, *P. nodosus*, *P. novoleonensis*, *P. plagiocylix*, *P. purpusii* y *P. xanthotrichus*). 9 especies tuvieron entre 11 y 20 registros (*P. albiflorus*, *P. juquilensis*, *P. oaxacanus*, *P. oligospermus*, *P. reticulatus*, *P. rotundatus*, *P. sonorensis*, *P. viridis* y *P. xolocotzii*). En el intervalo de 21 y 30 registros, fueron 11 taxa (*P. amblyosepalus*, *P. angustissimus*, *P. esperanzae*, *P. hintonii*, *P. macvaughii*, *P. neglectus*, *P. nelsonii*, *P. salicifolius*, *P.*



*tenellus*, *P. tuerckheimii* y *P. zimapanensis*). Las especies o categorías infraespecíficas que tuvieron más de 31 registros, fueron 26 (*P. acutifolius* var. *acutifolius*, *P. acutifolius* var. *tenuifolius*, *P. coccineus*-cultivado, *P. coccineus*-silvestre, *P. chiapasanus*, *P. dumosus*, *P. filiformis*, *P. glabellus*, *P. jaliscanus*, *P. leptostachyus*, *P. lunatus* var. *lunatus*, *P. lunatus* var. *silvester*, *P. maculatus*, *P. micranthus*, *P. microcarpus*, *P. parvifolius*, *P. parvulus*, *P. pauciflorus*, *P. pedicellatus*, *P. perplexus*, *P. pluriflorus*,

*P. ritensis*, *P. salicifolius*, *P. scabrellus*, *P. vulgaris*-cultivado y *P. vulgaris*-silvestre). A pesar de los esfuerzos por recopilar nuevos registros que permitieran que el mayor número de especies de *Phaseolus* fueran modeladas, finalmente sólo 26 taxa fueron seleccionados para ser modelados, ya que varias de sus presencias resultaron ser duplicados o puntos de colecta muy cercanos entre ellos. En el Cuadro 5 se presenta la relación de especies que fueron modeladas en este proyecto.

**Figura 10.** Relación de taxa por número de registros



## CUADRO 5. RELACIÓN DE ESPECIES MODELADAS

*P. acutifolius* A. Gray var. *acutifolius*  
*P. acutifolius* A. Gray var. *tenuifolius* A. Gray  
*P. chiapasanus* Piper  
*P. coccineus*-cultivado L.  
*P. coccineus*-silvestre L.  
*P. dumosus* Macfad.  
*P. filiformis* Benth.  
*P. glabellus* Piper  
*P. jaliscanus* Piper  
*P. leptostachyus* Benth.  
*P. lunatus* L. var. *lunatus*  
*P. lunatus* L. var. *silvester* Baudet  
*P. maculatus* Scheele  
*P. micranthus* Hook. & Arn.  
*P. microcarpus* Mart.  
*P. parvifolius* Freytag  
*P. parvulus* Greene  
*P. pauciflorus* Sessé & Mociño ex G. Don  
*P. pedicellatus* Benth.  
*P. perplexus* A. Delgado  
*P. pluriflorus* Maréchal, Mascherpa & Stainier  
*P. ritensis* M.E. Jones  
*P. salicifolius* Piper  
*P. scabrellus* Benth. ex S. Watson  
*P. vulgaris*-cultivado L.  
*P. vulgaris*-silvestre L.

### VALIDACIÓN DEL MODELO:

Un parámetro para evaluar la bondad de estos modelos es el área bajo la curva (AUC), por sus siglas en inglés y que corresponde al área total de la curva ROC, en donde las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic), representan la sensibilidad de los modelos obtenidos en las especies de *Phaseolus*. El área bajo la

curva puede interpretarse también como la probabilidad de que una especie esté presente de acuerdo con las características ambientales idóneas para la especie de *Phaseolus* en cuestión. Las pruebas de validación de los modelos muestran un buen rendimiento de los modelos, ya que los valores de AUC obtenidos en la mayoría de los modelos de *Phaseolus*



fueron aceptables ( $AUC \leq 1$ ), cercanos a uno, por lo que se explica una buena confiabilidad y alta capacidad predictiva en los modelos. En el Cuadro 6, se representan los valores de AUC para calibración y para prueba. También se señalan los registros de presencia totales

de cada especie, así como los utilizados para la calibración (lado izquierdo de la diagonal) y para los de validación (lado derecho de la diagonal), de los modelos para cada una de las especies de *Phaseolus*.

<b>CUADRO 6. VALORES OBTENIDOS DE AUC PRESENCIAS Y DATOS DE CALIBRACIÓN</b>				
<b>TAXA</b>	<b>AUC CALIBRACIÓN</b>	<b>AUC PRUEBA</b>	<b>PRESENCIAS TOTALES</b>	<b>CALIBRACIÓN / VALIDACIÓN</b>
<i>P. acutifolius</i> var. <i>acutifolius</i>	0.899	0.901	49	34 / 15
<i>P. acutifolius</i> var. <i>tenuifolius</i>	0.838	0.78	35	24 / 11
<i>P. chiapasanus</i>	0.871	0.753	33	23 / 10
<i>P. coccineus</i> -cultivado	0.932	0.871	144	100 / 44
<i>P. coccineus</i> -silvestre	0.898	0.871	535	305 / 230
<i>P. dumosus</i>	0.945	0.928	92	64 / 28
<i>P. filiformis</i>	0.918	0.958	126	88 / 38
<i>P. glabellus</i>	0.971	0.936	98	68 / 30
<i>P. jaliscanus</i>	0.63	0.39	50	35 / 15
<i>P. leptostachyus</i>	0.971	0.936	552	386 / 166
<i>P. lunatus</i> var. <i>lunatus</i>	0.752	0.777	62	43 / 19
<i>P. lunatus</i> var. <i>silvester</i>	0.533	0.425	236	165 / 71
<i>P. maculatus</i>	0.874	0.804	44	30 / 14
<i>P. micranthus</i>	0.859	0.894	75	52 / 23
<i>P. microcarpus</i>	0.919	0.854	180	125 / 55
<i>P. parvifolius</i>	0.817	0.874	52	36 / 16
<i>P. parvulus</i>	0.948	0.92	47	32 / 15
<i>P. pauciflorus</i>	0.915	0.906	211	147 / 64
<i>P. pedicellatus</i>	0.943	0.922	132	92 / 40
<i>P. perplexus</i>	0.903	0.859	47	32 / 15
<i>P. pluriflorus</i>	0.945	0.859	83	58 / 25
<i>P. ritensis</i>	0.787	0.825	59	41 / 18
<i>P. salicifolius</i>	0.985	0.96	29	20 / 9
<i>P. scabrellus</i>	0.882	0.826	95	66 / 29
<i>P. vulgaris</i> -cultivado	0.832	0.792	189	132 / 57
<i>P. vulgaris</i> -silvestre	0.947	0.916	163	114 / 49



**ANÁLISIS DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS:**

Las variables que ayudaron a predecir los modelos fueron diferentes para cada una de las especies. En el Cuadro 7, se muestran las variables bioclimáticas,

seleccionadas para cada una de las especies, así como los polígonos de calibración basadas en las ecorregiones terrestres de Olson *et al.* (2001), para cada una de las especies de *Phaseolus* modeladas.

<b>CUADRO 7. VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y POLÍGONOS</b>		
<b>TAXA</b>	<b>VARIABLES BIOCLIMÁTICAS (BIO's)</b>	<b>POLÍGONOS DE CALIBRACIÓN</b>
<i>P. acutifolius</i> var. <i>acutifolius</i>	01, 02, 03, 05, 12,14, 15, 18 y 19	Bajío dry forests, Chihuahuan desert, Jalisco dry forests, Meseta Central matorral, Sierra de la Laguna dry forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloa dry forests, Sonoran-Sinaloa transition subtropical dry forest, Sonoran desert y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. acutifolius</i> var. <i>tenuifolius</i>	01, 02, 03, 05, 07, 12, 14 y 15	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central Mexican matorral, Chihuahuan desert, Meseta Central matorral, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloa dry forests, Sonoran-Sinaloa transition subtropical dry forest, Sonoran desert y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. chiapasanus</i>	01, 02, 03, 07, 12 y 14	Central American pine-oak forests, Chiapas montane forests, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre de Chiapas moist forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests y Southern Pacific dry forests.
<i>P. coccineus</i> -cultivado	01, 02, 03, 04, 12 y 15	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas montane forests, Chimalapas montane forests, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre de Chiapas moist forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Southern Pacific dry forests, Tehuacán Valley matorral, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests.
<i>P. coccineus</i> -silvestre	01, 02, 03, 05, 12, 14, 15, 18 y 19	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas montane forests, Chimalapas montane forests, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre de Chiapas moist forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Southern Pacific dry forests, Tehuacán Valley matorral, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests.
<i>P. dumosus</i>	01, 02, 03, 07, 12, 14 y 15	Central American pine-oak forests, Chiapas montane forests, Chimalapas montane forests, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra de los Tuxtlas, Sierra Madre de Chiapas moist forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Trans-Mexican Volcanic Belt



**CUADRO 7. VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y POLÍGONOS**

TAXA	VARIABLES BIOCLIMÁTICAS (BIO's)	POLÍGONOS DE CALIBRACIÓN
<i>P. filiformis</i>	01, 02, 03, 05, 06, 08, 12, 14, 15 y 19	pine-oak forests, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests. Baja California Desert, California coastal sage and chaparral, Chihuahuan desert, Gulf of California xeric scrub, Meseta Central matorral, Northern Mesoamerican Pacific mangroves, San Lucan xeric scrub, Sierra de la Laguna dry forests, Sierra de la Laguna pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Sonoran-Sinaloan transition subtropical dry forest y Sonoran desert.
<i>P. glabellus</i>	01, 02, 03, 06, 07, 12, 15 y 18	Central American pine-oak forests, Chiapas montane forests, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests.
<i>P. jaliscanus</i>	01, 02, 03, 04, 12, 18 y 19	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Jalisco dry forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak.
<i>P. leptostachyus</i>	01, 02, 03, 05, 12, 14, 15, 18 y 19	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas Depression dry forests, Chiapas montane forests, Chihuahuan desert, Chimalapas montane forests, Jalisco dry forests, Meseta Central matorral, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Southern Pacific dry forests, Tamaulipan matorral, Tehuacán Valley matorral, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz dry forests, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests.
<i>P. lunatus</i> <i>var. lunatus</i>	01, 02, 03, 07, 12, 14, 15 y 18	Central American dry forests, Central American pine-oak forests, Jalisco dry forests, Mesoamerican Gulf-Caribbean mangroves, Petén-Veracruz moist forests, Sierra de los Tuxtlas, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Southern Pacific dry forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz moist forests, Yucatán dry forests y Yucatán moist forests.
<i>P. lunatus</i> <i>var. silvester</i>	01, 02, 03, 04, 05, 06, 12, 14 y 18	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American dry forests, Central American pine-oak forests, Chiapas Depression dry forests, Islas Revillagigedo dry forests, Jalisco dry forests, Mesoamerican Gulf-Caribbean mangroves, Northern Mesoamerican Pacific mangroves, Oaxacan montane forests, Pantanos de Centla, Petén-Veracruz moist forests, Sierra de los Tuxtlas, Sierra Madre de Chiapas moist forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Sonoran-Sinaloan transition subtropical dry forest, Southern Pacific dry forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz dry forests, Veracruz moist forests, Yucatán dry forests y Yucatán moist forests.
<i>P. maculatus</i>	01, 02, 03, 05, 06, 09, 12, 14, 15 y 19	Bajío dry forests, Central Mexican matorral, Chihuahuan desert, Meseta Central matorral, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Tehuacán Valley matorral y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests
<i>P. micranthus</i>	01, 02, 03, 12, 14 y 18	Balsas dry forests, Central American pine-oak forests, Chimalapas montane forests, Jalisco dry forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental



**CUADRO 7. VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y POLÍGONOS**

TAXA	VARIABLES BIOCLIMÁTICAS (BIO's)	POLÍGONOS DE CALIBRACIÓN
<i>P. microcarpus</i>	01, 02, 03, 05, 12, 14, 15, 18 y 19	pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Sonoran-Sinaloan transition subtropical dry forest, Southern Pacific dry forests y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests. Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas Depression dry forests, Chimalapas montane forests, Jalisco dry forests, Meseta Central matorral, Northern Mesoamerican Pacific mangroves, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Southern Pacific dry forests, Tehuacán Valley matorral y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. parvifolius</i>	01, 02, 03, 05, 12, 14, 15 y 18	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Chiapas Depression dry forests, Oaxacan montane forests, San Lucan xeric scrub, Sierra de la Laguna pine-oak forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Sonoran-Sinaloan transition subtropical dry forest, Southern Pacific dry forests y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. parvulus</i>	01, 02, 03, 05, 12, 14 y 15	Chihuahuan desert, Meseta Central matorral y Sierra Madre Occidental pine-oak forests.
<i>P. pauciflorus</i>	01, 02, 03, 05, 12, 14, 15, 18 y 19	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central Mexican matorral, Chihuahuan desert, Jalisco dry forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. pedicellatus</i>	01, 02, 03, 12, 14, 15, 18 y 19	Central Mexican matorral, Meseta Central matorral, Oaxacan montane forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz moist forests y Veracruz montane forests.
<i>P. perplexus</i>	01, 02, 03, 06, 12, 14, 15, 18 y 19	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Jalisco dry forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Southern Pacific dry forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. pluriflorus</i>	01, 02, 03, 06, 12, 14, 15 y 18	Bajío dry forests, Central Mexican matorral, Oaxacan montane forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests,
<i>P. ritensis</i>	01, 02, 03, 12, 14 y 19	Bajío dry forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Sonoran-Sinaloan transition subtropical dry forest y Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests.
<i>P. salicifolius</i>	01, 02, 03, 12, 14, 18 y 19	Sierra Madre Occidental pine-oak forests y Sinaloan dry forests.
<i>P. scabrellus</i>	01, 02, 03, 05, 07, 09, 12 14, y 15	Central Mexican matorral, Chihuahuan desert, Meseta Central matorral, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Tamaulipan matorral, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests y Veracruz moist forests.
<i>P. vulgaris</i> -cultivado	01, 02, 03, 04, 12, 15, y 18	Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas Depression dry forests, Chiapas montane forests, Jalisco dry forests, Meseta Central matorral, Mesoamerican Gulf-Caribbean mangroves, Oaxacan montane forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra de los Tuxtlas, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak



CUADRO 7. VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y POLÍGONOS		
TAXA	VARIABLES BIOCLIMÁTICAS (BIO's)	POLÍGONOS DE CALIBRACIÓN
<i>P. vulgaris</i> -silvestre	01, 02, 03, 12, 14,15 y 18	forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Southern Pacific dry forests, Tamaulipan mezquital, Tehuacán Valley matorral, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests, Veracruz dry forests, Veracruz moist forests, Veracruz montane forests, Yucatán dry forests y Yucatán moist forests. Bajío dry forests, Balsas dry forests, Central American pine-oak forests, Central Mexican matorral, Chiapas Depression dry forests, Chihuahuan desert, Chimalapas montane forests, Jalisco dry forests, Petén-Veracruz moist forests, Sierra Madre de Oaxaca pine-oak forests, Sierra Madre del Sur pine-oak forests, Sierra Madre Occidental pine-oak forests, Sierra Madre Oriental pine-oak forests, Sinaloan dry forests, Southern Pacific dry forests, Trans-Mexican Volcanic Belt pine-oak forests y Veracruz montane forests.

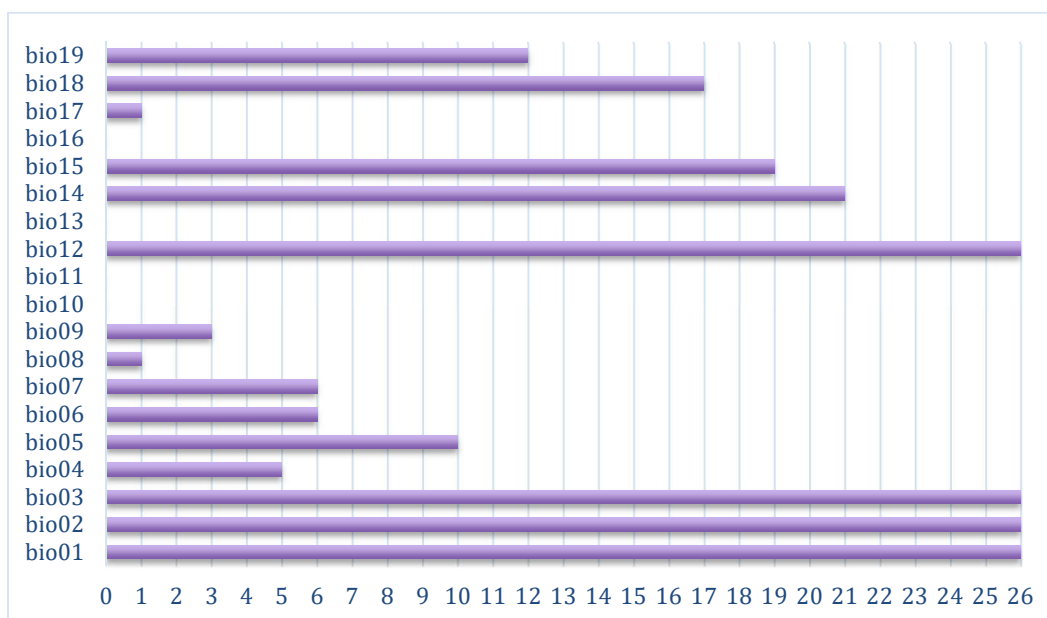
Analizando las variables bioclimáticas, se puede observar que las variables que aportaron más a los modelos en todas las especies fueron la Bio 01(temperatura media anual), Bio 02 (intervalo del promedio de temperatura diurna), Bio 03 (isoterma) y Bio 12 (precipitación anual). Como se puede observar en la Figura 11, se muestran las 19 variables bioclimáticas que contribuyeron o delimitaron la distribución de las 26 especies modeladas de *Phaseolus*. Las variables que no participaron en la predicción de los modelos para ninguna especie fueron la Bio 08 (temperatura promedio del trimestre más húmedo), Bio 10 (temperatura promedio del trimestre más

cálido), Bio 11 (temperatura promedio del trimestre más frío), Bio 13 (precipitación del mes más húmedo) y Bio 16 (precipitación del trimestre más húmedo). Mientras que las variables, Bio 04 (estacionalidad de la temperatura), estuvo presente en cuatro especies (*P. coccineus*-cultivado, *P. jaliscanus*, *P. leptostachyus* y *P. lunatus* var. *silvester*) y la Bio 09 (temperatura promedio del trimestre más seco), en tres especies (*P. lunatus* var. *silvester*, *P. maculatus* y *P. scabrellus*). En tanto, las variables Bio 08 (Media de la temperatura del trimestre más húmedo) y la Bio 17 (precipitación del trimestre más seco), estuvieron presentes cada una en las especies *P. filiformis* y *P. jaliscanus*, respectivamente.





**Figura 11.** Relación de las 19 variables bioclimáticas en los taxa analizados



En este gráfico se muestra la aportación que tiene cada una de las variables en las especies de *Phaseolus*. En el eje Y se representan cada una de las variables bioclimáticas utilizadas en el modelo (ver texto) y en el eje de X, se indica el número de especies que fueron favorecidas por cada variable en el modelo.

#### **PROYECCIONES PARA LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.**

Las proyecciones obtenidas a partir de los algoritmos utilizados en este proyecto permitieron evaluar los impactos potenciales derivados del cambio climático en la distribución de las especies analizadas de *Phaseolus* para México, así como la identificación de nuevas áreas adecuadas para el establecimiento de sus poblaciones. Estas proyecciones se representan en cuatro mapas por especie, en donde cada proyección constituye a los horizontes futuros (2015-2039 y 2075-

2099) y a los dos forzamientos radiativos: escenario moderado de emisiones (RCP 4.5) y un escenario extremo (RCP 8.5). En las Figuras 12.1 a la 12.24, se muestran modelos obtenidos para las especies analizadas, en donde cada figura contiene una proyección para cada escenario y que se denotan como: a) RCP 45 futuro cercano o RCP45fc; b) RCP 45 futuro lejano o RCP45fl; c) RCP 85 futuro cercano o RCP85fc y d) RCP 85 futuro lejano o RCP85fl. Cada mapa identifica las áreas de distribución potencial estables (en verde), de cambio o ganancia (en azul) y



de pérdida (en rojo). Estas áreas de distribución potencial se representan en la gráfica del subíndice (e), así como en las Figuras 13a y 13b, en donde el área (dada en píxeles), se logra comparar visualmente por el tamaño de las barras que simbolizan una distribución estable (en verde), de cambio o ganancia (azul) y de pérdida (rojo), para cada escenario de cambio climático y al mismo tiempo se puede confrontar con el área de distribución potencial actual o presente (en amarillo).

De acuerdo con las proyecciones obtenidas, las condiciones seguirán siendo favorables para las especies de *Phaseolus acutifolius* var. *acutifolius* y *P. acutifolius* var. *tenuifolius* (Figuras 12.1a-d - 12.2a-d, respectivamente), en donde habrá una mínima a nula pérdida entre sus poblaciones para cada uno de los escenarios de cambio climático y al parecer en el escenario RCP85 futuro lejano, sus poblaciones se mantendrán estables a la actual (Figuras 12.1e - 12.2e). En este sentido, otra especie igualmente importante que no va a presentar grandes pérdidas en el área de distribución durante los diferentes escenarios de cambio climático es *P. filiformis* (Figuras 12.6a-e), en donde el escenario optimista será RCP85 futuro cercano, porque habrá una ganancia en su área de distribución.

Una de las especies que mantendrá su área de distribución potencial, sin efectos de pérdida durante los cuatro escenarios de emisión es *P. jaliscanus* y tendrá ligeras ganancias en los escenarios RCP45 futuro lejano y RCP85 futuro lejano (Figuras 12.7a-e). Una situación similar la presentará *P. lunatus* var. *lunatus*, porque conservará casi su área de distribución potencial en cada uno de los escenarios de cambio climático, presentará una ligera pérdida de su distribución en el occidente de México, durante la emisión RCP45 de los horizontes lejano y cercano, pero ganancias en el sur y sureste de México, durante RCP45 futuro lejano y RCP85 futuro lejano (Figuras 12.9a-e). En el caso de *P. lunatus* var. *silvester*, habrá pérdidas de su área de distribución, principalmente en RCP45 futuro lejano de casi del 10% y otra en RCP85 futuro lejano del 23%, ambas en el sureste y noroeste de México, por tanto, su distribución no permanecerá en su totalidad en el escenario RCP85 futuro lejano (Figuras 12.10a-e).

Las consecuencias más drásticas de cambio climático que señalan los modelos están dirigidas para las especies de *P. pedicellatus* (Figuras 12.17a-e), *P. salicifolius* (Figuras 12.21a-e) y *P. scabrellus* (Figuras 12.22a-e), en donde la



distribución potencial de estas especies sufrirá reducciones casi totales en el escenario RCP85 futuro lejano. Mientras que en los casos de *P. perplexus* (Figuras 12.18a-e) y *P. pluriflorus* (Figuras 12.19a-e), habrá una reducción considerable en sus áreas de distribución hacia los escenarios RCP85 futuro lejano, pero tendrán nuevas áreas adecuadas en el futuro. En el caso de *P. perplexus*, se presentará una nueva área entre los límites de los estados de Sinaloa y Durango durante el escenario RCP85 futuro lejano y para *P. pluriflorus*, esta nueva área se exhibirá en el centro del país, durante el RCP85 futuro cercano.

Otro grupo de especies que se verán afectadas con una disminución gradual de su distribución hacia los escenarios RCP45 y 85 de los horizontes lejanos, serán *P. chiapasanus* (Figuras 12.3a-e), *P. coccineus* – cultivado (Figuras 12.4a-e) y *P. coccineus* – silvestre (Figuras 12.5a-e). Además, un segundo efecto negativo que tendrán estas especies será el de no contar con nuevas áreas de distribución en RCP85 futuro lejano.

En los casos de *P. leptostachyus* (Figuras 12.8a-e), *P. micranthus* (Figuras 12.12a-e), *P. microcarpus* (Figuras 12.13a-e), y *P. pauciflorus* (Figuras 12.16a-e), sufrirán paulatinas

disminuciones en los tres primeros escenarios, pero en el escenario final (RCP85 futuro lejano), será decisiva su reducción.

No obstante, existen otras especies que mantendrán su área de distribución potencial en los tres escenarios para finalizar en RCP85 futuro lejano, con una pérdida considerable de su área, pero lo que las distingue es que en cada uno de los escenarios mostrarán áreas de ganancia. Estas especies son *P. maculatus* (Figuras 12.11a-e), *P. parvifolius* (Figuras 12.14a-e) y *P. parvulus* (Figuras 12.15a-e). Algo similar sucede en *P. ritensis* (Figuras 12.20a-e), pero con la diferencia que las nuevas áreas de distribución serán mínimas durante cada escenario.

Otro par de especies por analizar son *P. vulgaris* – cultivado (Figuras 12.23a-e), que mantendrá su área de distribución potencial en los emisores RCP45 y 85 de los horizontes cercanos, pero manifestará pérdidas considerables (cerca del 84% de su área inicial), en las regiones del sureste, occidente y este de México durante los escenarios RCP 45 y 85 de los horizontes lejanos. Mientras que *P. vulgaris* – silvestre (Figuras 12.24a-e), que cuenta con un área de distribución potencial menor a la de *P. vulgaris* – cultivado, tendrá una pérdida cerca del



64% de su área inicial para el escenario RCP85 futuro lejano y tendrán una permanencia mínima sus poblaciones en este último escenario.

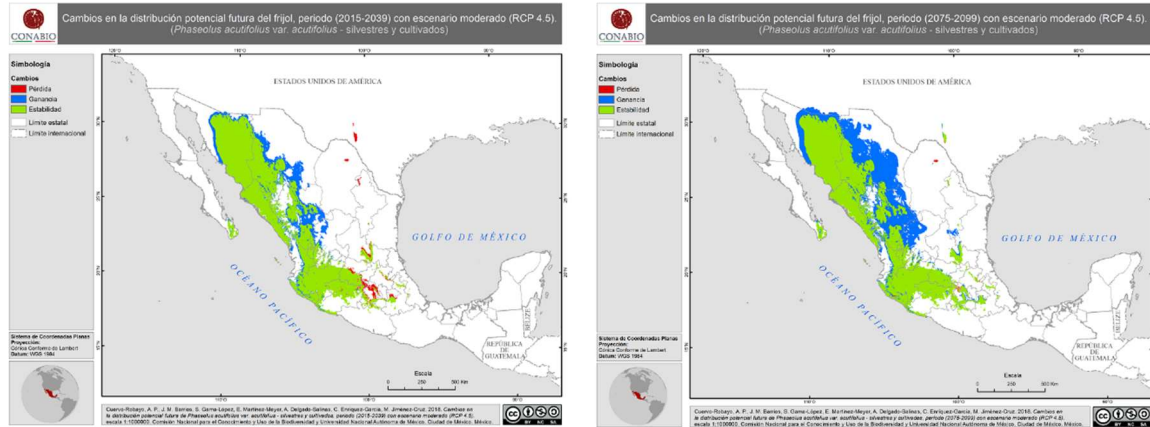
En resumen, las especies que presentarán nuevas áreas adecuadas de distribución y permanencia de su distribución potencial durante los cuatro escenarios de cambio climático serán *P. acutifolius* var. *acutifolius* (Figuras 12.1a-e), *P. acutifolius* var. *tenuifolius* (Figuras 12.2a-e) y *P. filiformis* (Figuras 12.6a-e). Mientras que las especies *P. maculatus* (Figuras 12.11a-e), *P. parvifolius* (Figuras 12.14a-e) y *P. parvulus* (Figuras 12.15a-e), tendrán una ligera ganancia sus áreas de distribución potencial y una singular permanencia de sus áreas durante cada escenario de cambio climático. Los escenarios pesimistas se presentaron en las especies de *P. dumosus* y *P. glabellus*, ya que no se pudieron obtener modelos predictivos para los distintos escenarios de cambio climático. Se logró cuantificar las áreas de distribución potencial para cada uno de los escenarios y compararlos con el área de distribución actual (Figuras 12.25 y 12.26). Estos gráficos permitieron

detectar que cerca del 86% y 87% respectivamente, la distribución actual se perderá en el escenario RCP85 futuro lejano para estas especies.

Desde otro punto de vista, se podría pensar que las especies de *Phaseolus* con una amplia distribución, serían menos propensas a los efectos negativos en el cambio climático, pero de acuerdo con los resultados obtenidos, se logró determinar que dentro de esta expectativa predictiva las especies que no mostraron reducciones importantes fueron *P. acutifolius* var. *acutifolius* y *P. acutifolius* var. *tenuifolius*. No obstante, esto no sucedió en *P. coccineus sensu lato*, *P. leptostachyus* y *P. vulgaris sensu lato*. Esto probablemente se deba a la vulnerabilidad de sus áreas de distribución. Otro aspecto interesante de remarcar en estos resultados es que en los casos de *P. filiformis* y *P. jaliscanus*, sus proyecciones mostraron las mejores áreas de distribución, esto debido probablemente a su adaptación a climas árido-secos, como lo podrían sugerir las variables bioclimáticas que aportaron a los modelos de estas especies (Bio 08 y Bio 17).

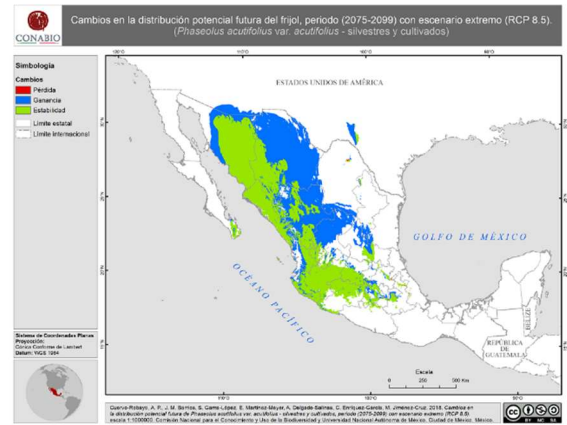
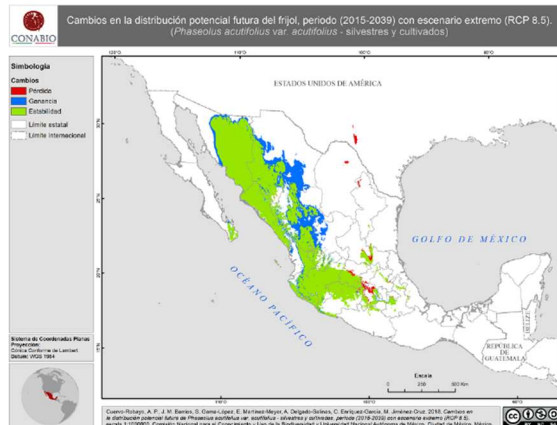


**Figura 12.1** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *acutifolius*; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde de la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

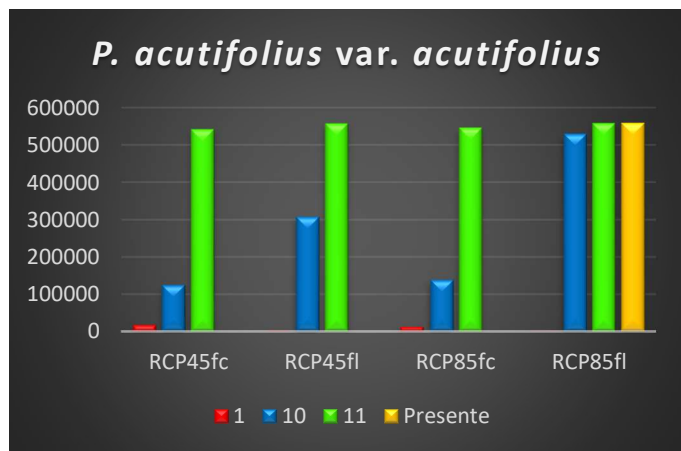
b) RCP 45 futuro lejano



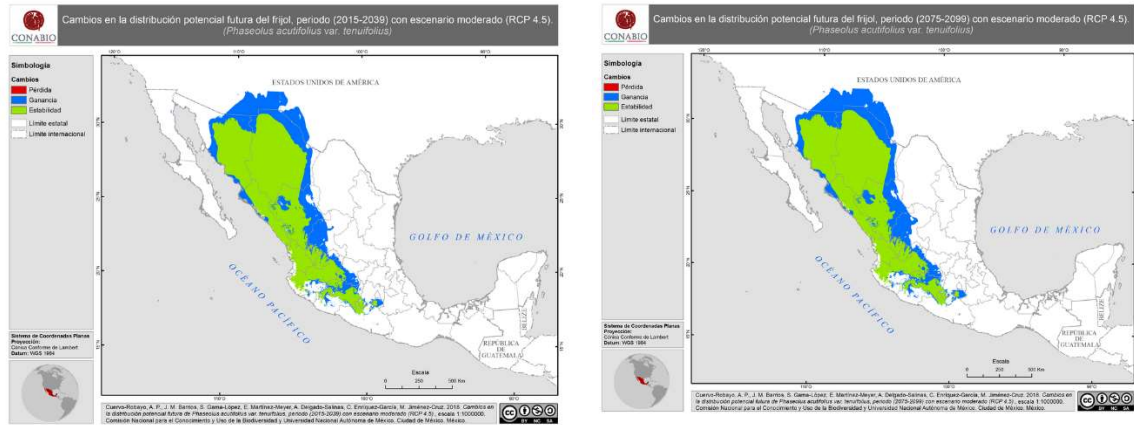
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. acutifolius* var. *acutifolius*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

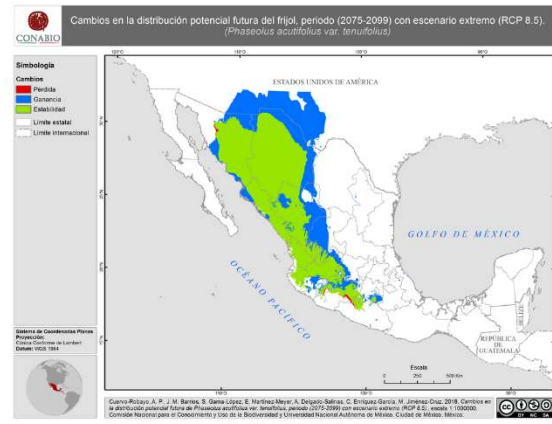
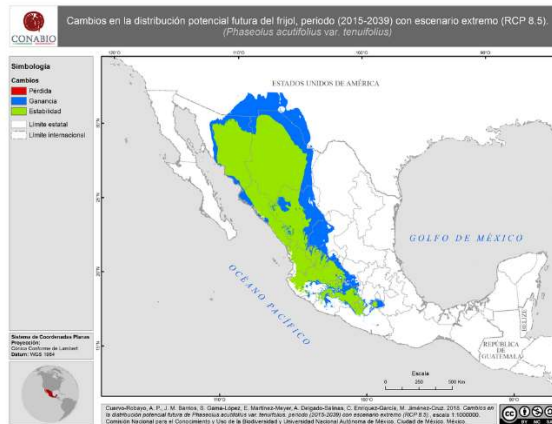


**Figura 12.2** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *tenuifolius* A. Gray; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

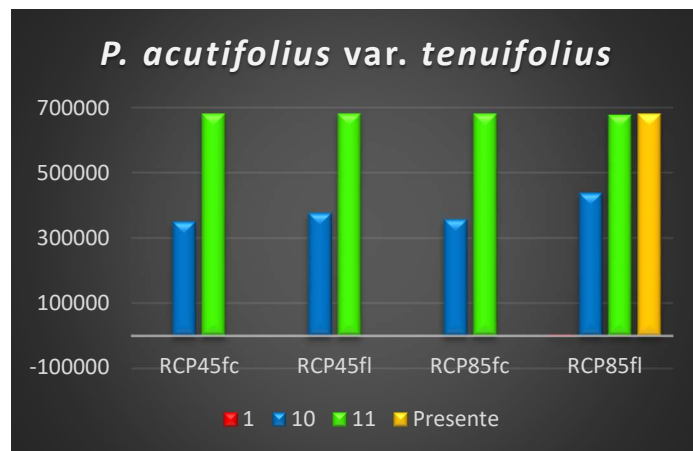
b) RCP 45 futuro lejano



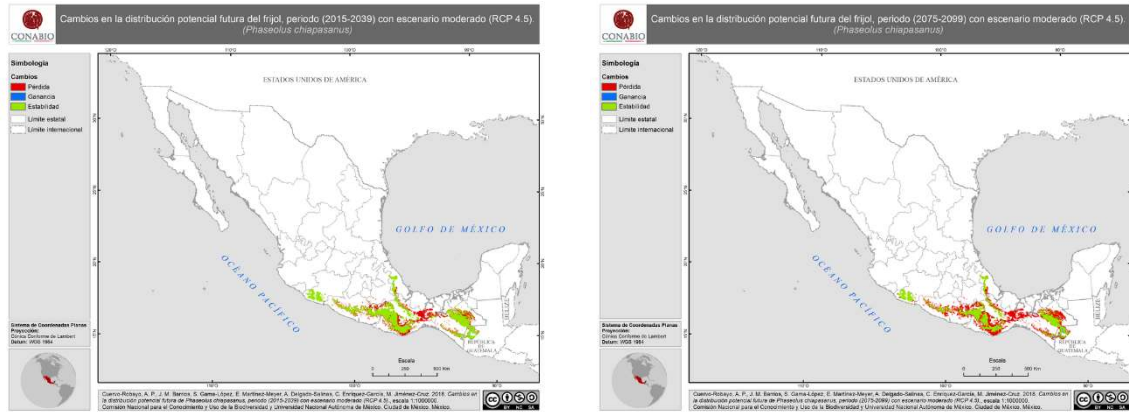
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. acutifolius* var. *tenuifolius*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

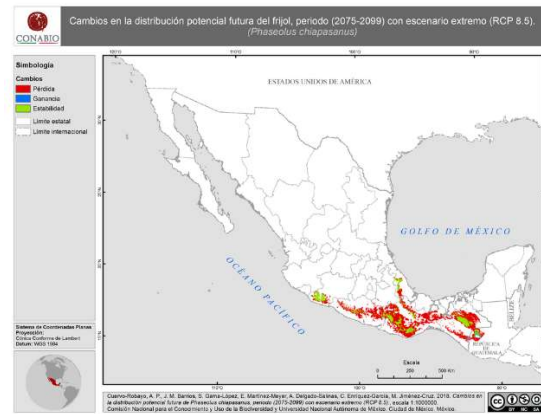
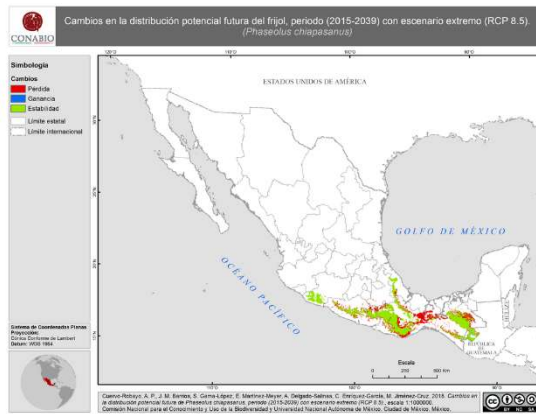


**Figura 12.3** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus chiapasanus* Piper; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

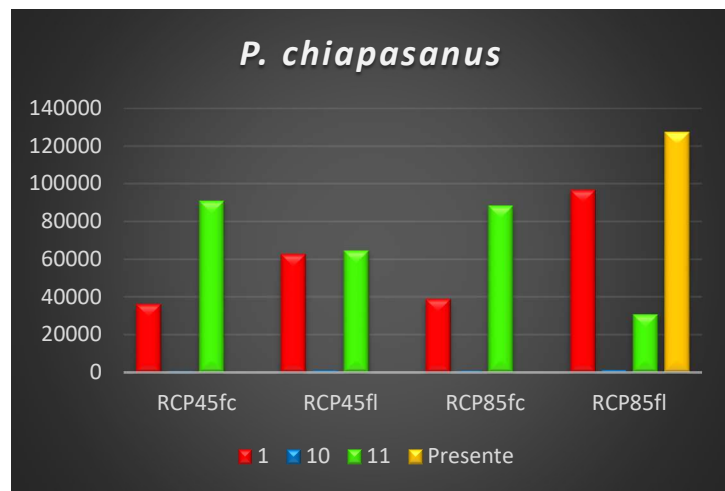
b) RCP 45 futuro lejano



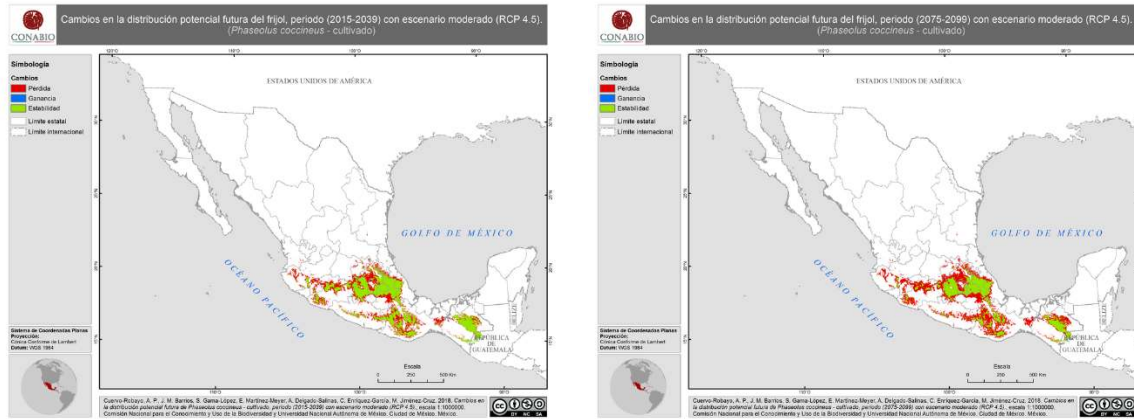
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. chiapasanus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

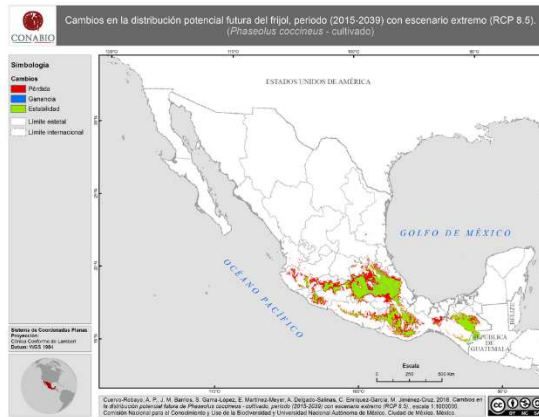


**Figura 12.4** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus coccineus* L. – cultivado; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.

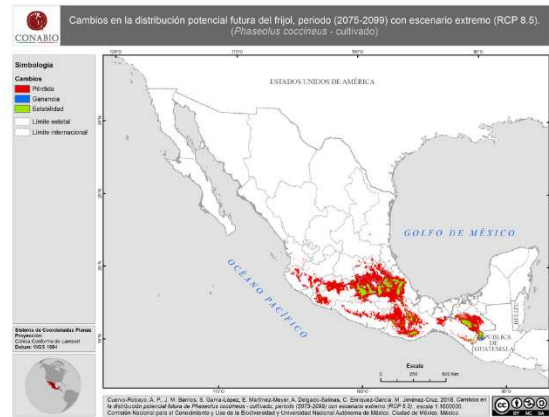


a) RCP 45 futuro cercano

b) RCP 45 futuro lejano

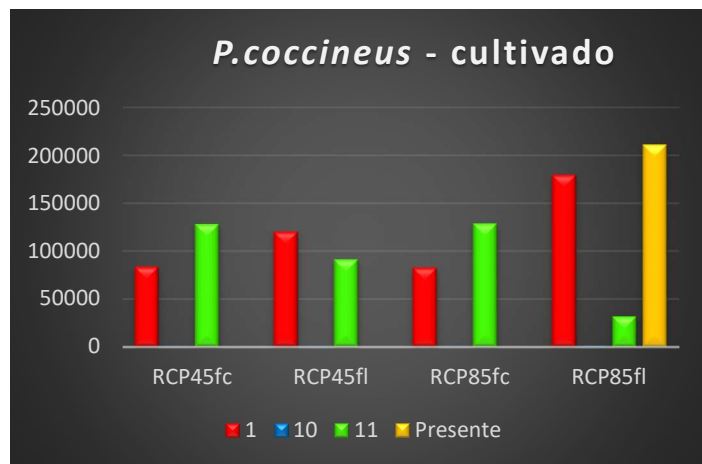


c) RCP 85 futuro cercano



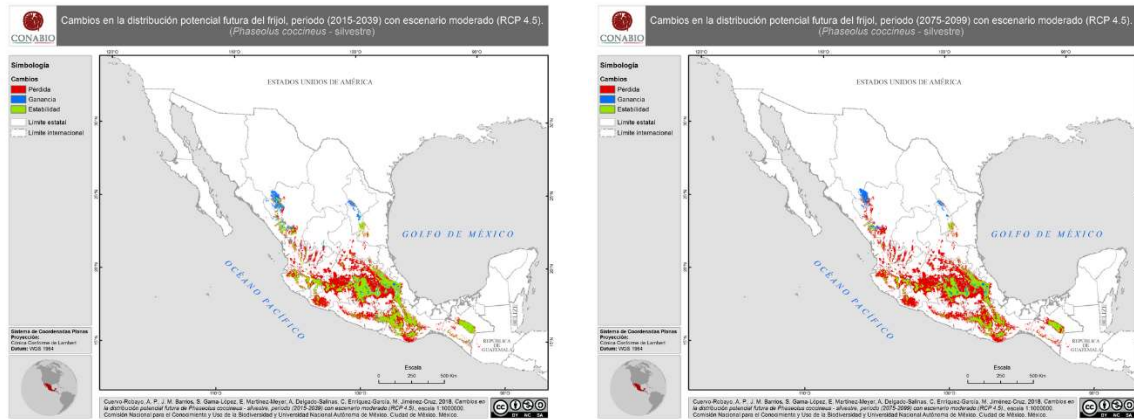
d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. coccineus* - cultivado, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



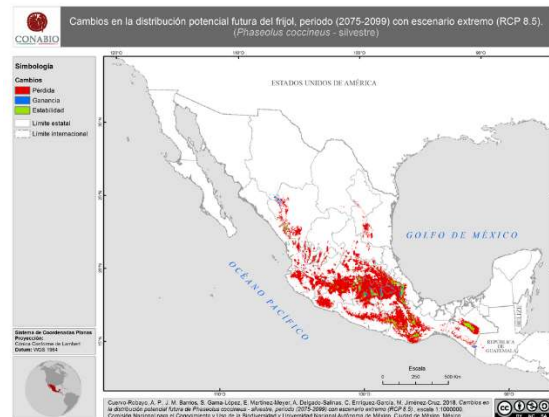
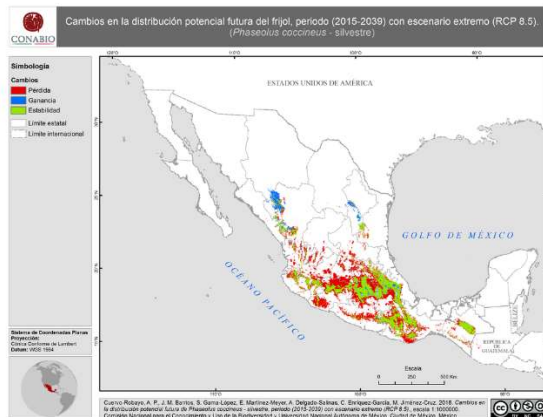


**Figura 12.5** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus coccineus* L. – silvestre; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

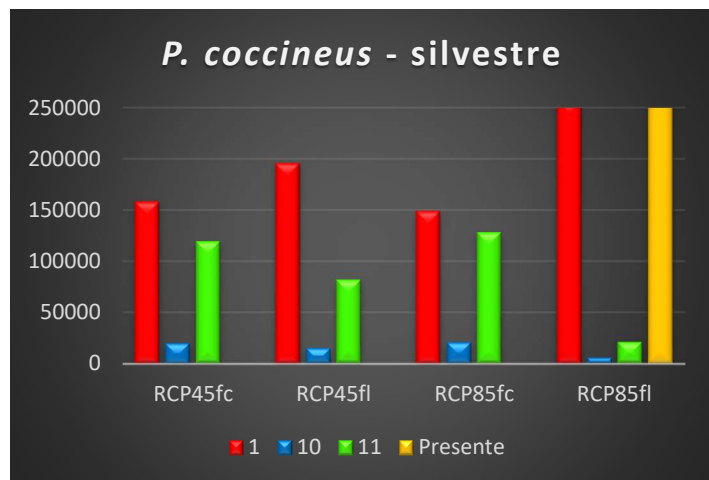
b) RCP 45 futuro lejano



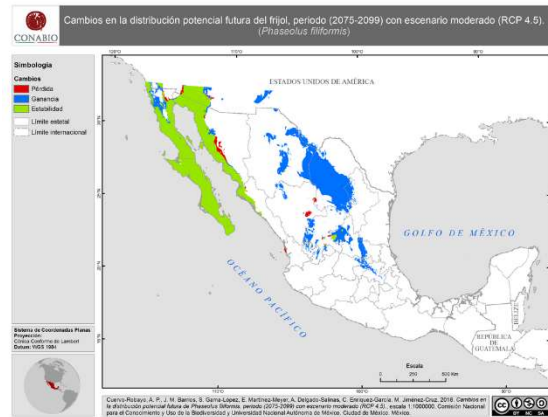
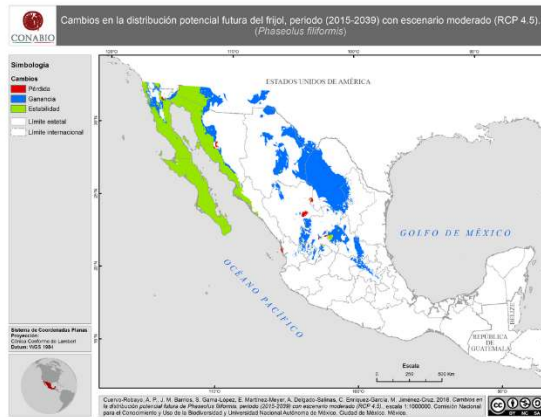
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. coccineus* - silvestre, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

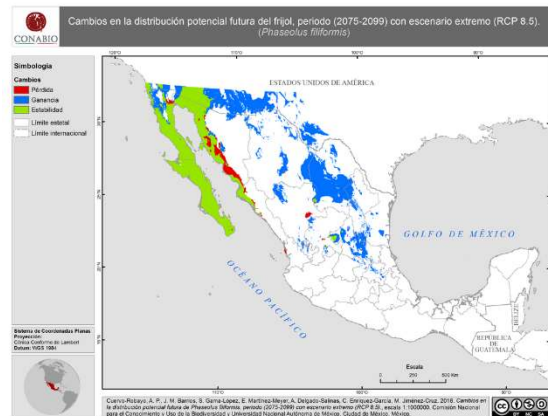
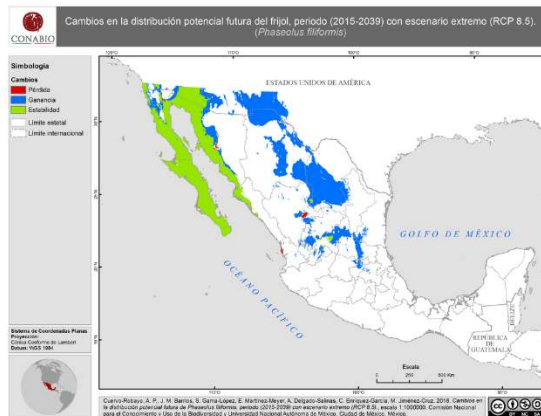


**Figura 12.6** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus filiformis* Benth.; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

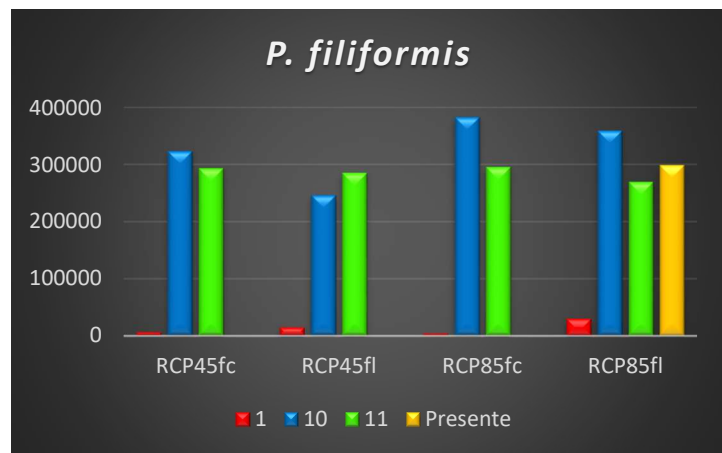
b) RCP 45 futuro lejano



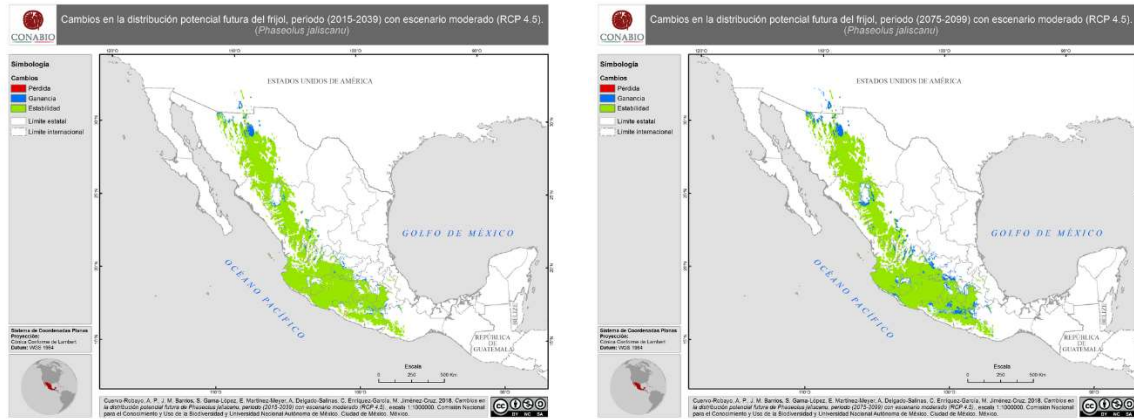
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del tamaño del nicho ecológico de *P. filiformis*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

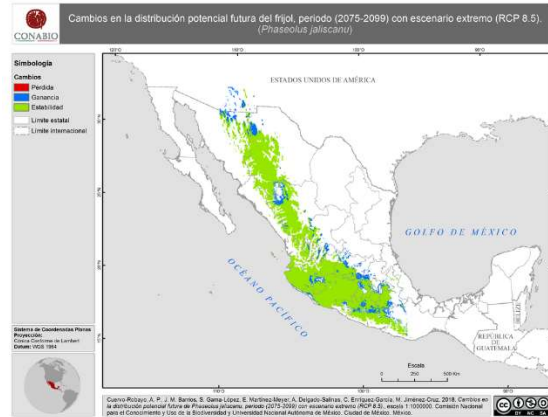
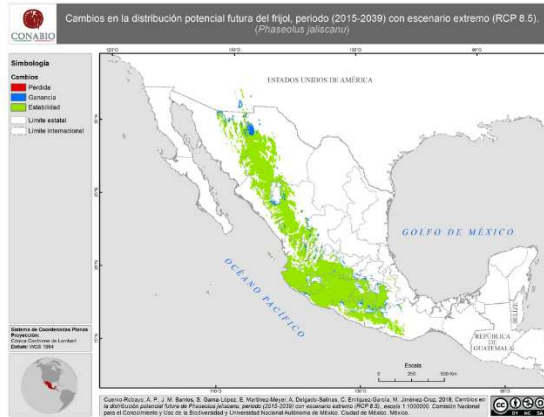


**Figura 12.7** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus jaliscanus* Piper; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

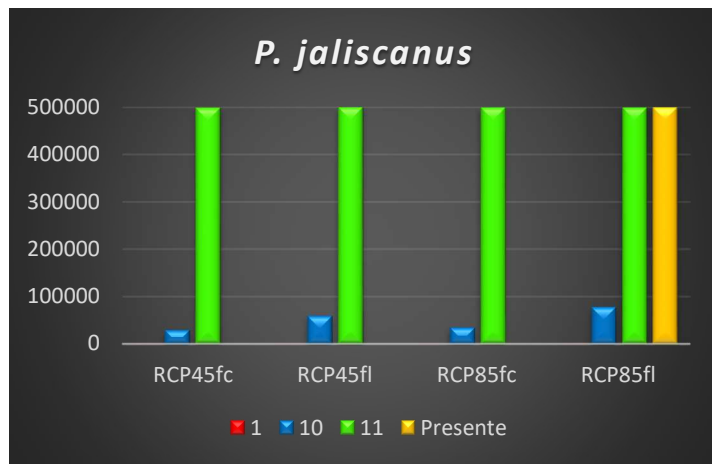
b) RCP 45 futuro lejano



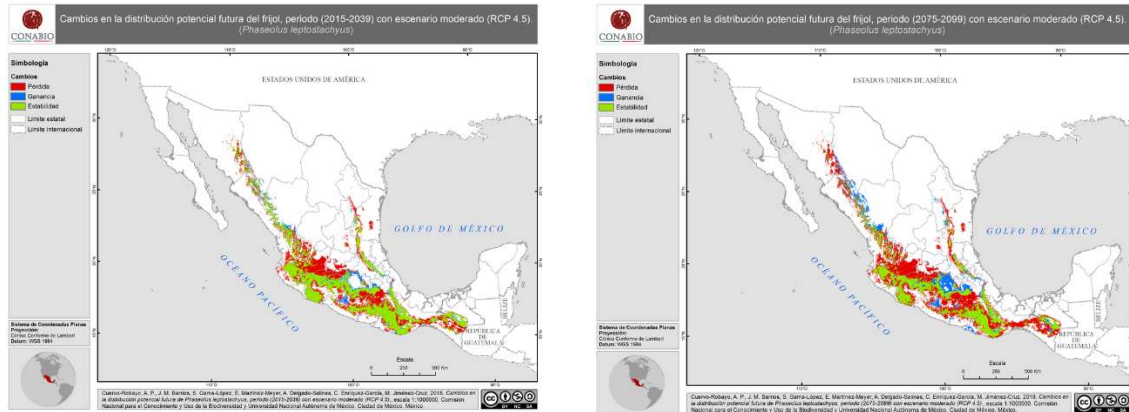
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. jaliscanus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en píxeles.

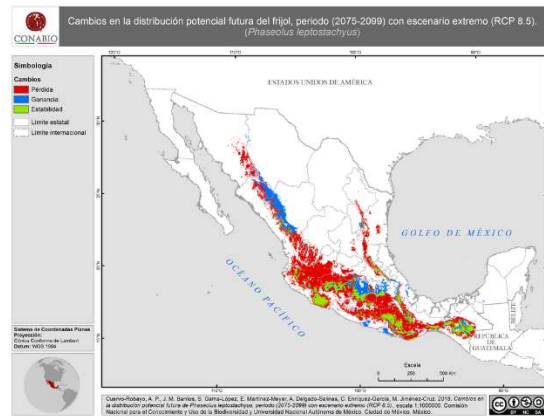
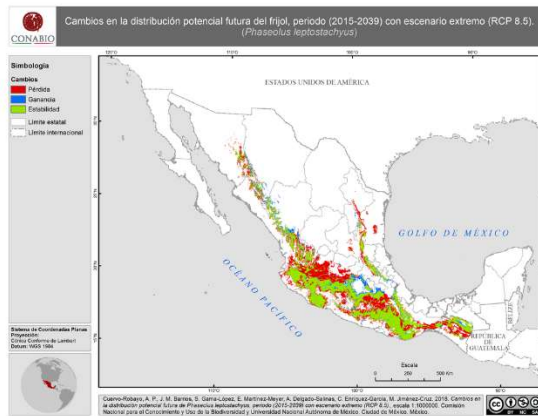


**Figura 12.8** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus leptostachyus* Benth.; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

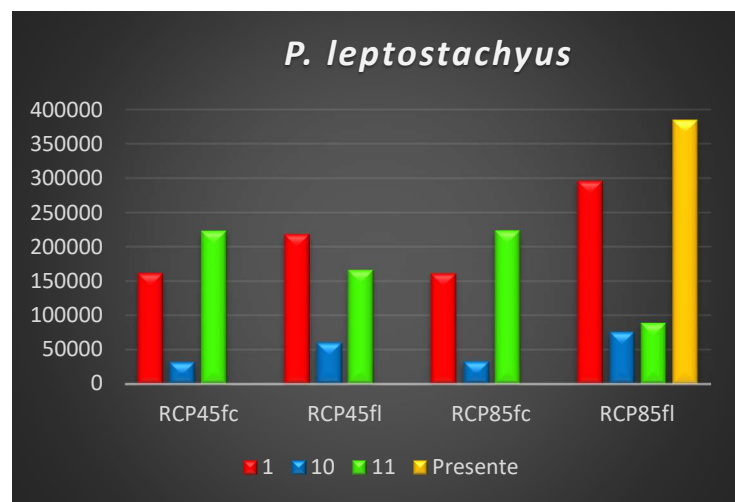
b) RCP 45 futuro lejano



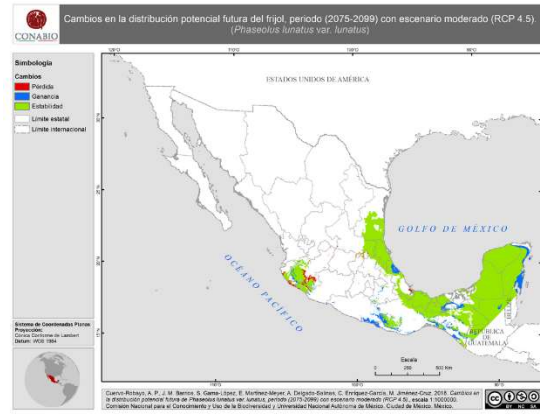
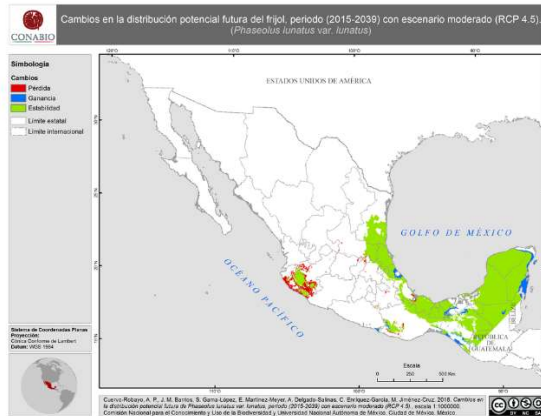
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. leptostachyus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

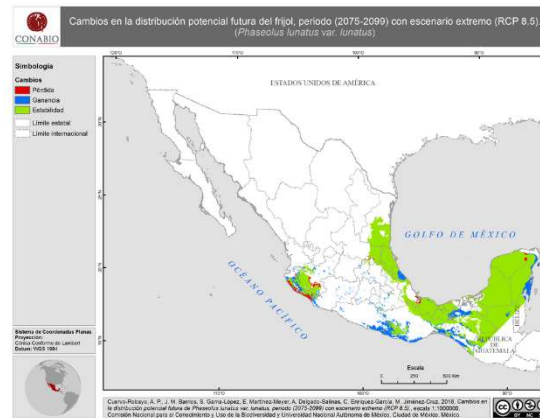
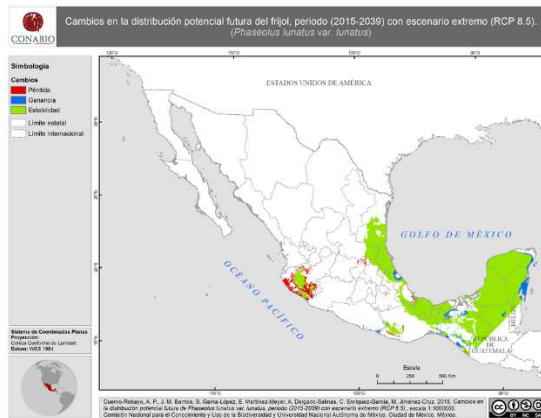


**Figura 12.9** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

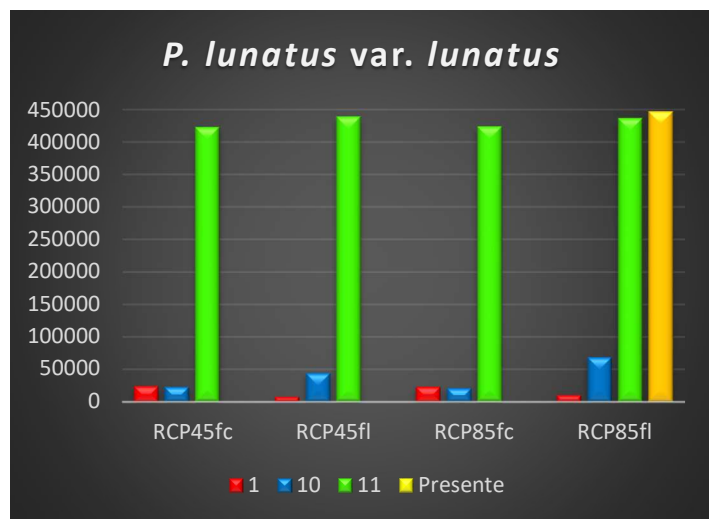
b) RCP 45 futuro lejano



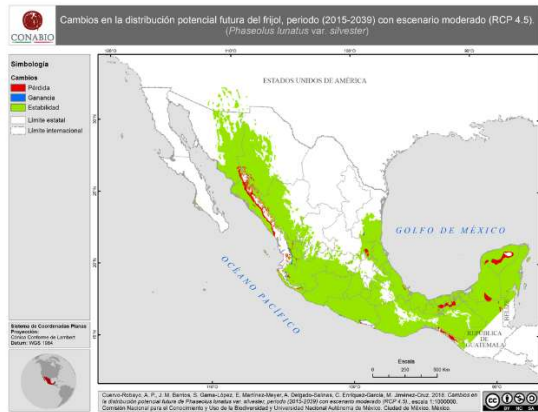
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

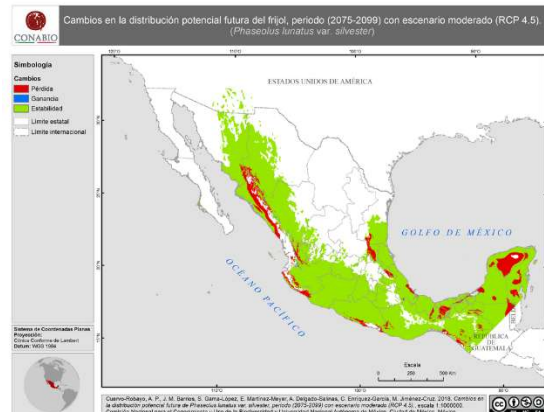
e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. lunatus* var. *lunatus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



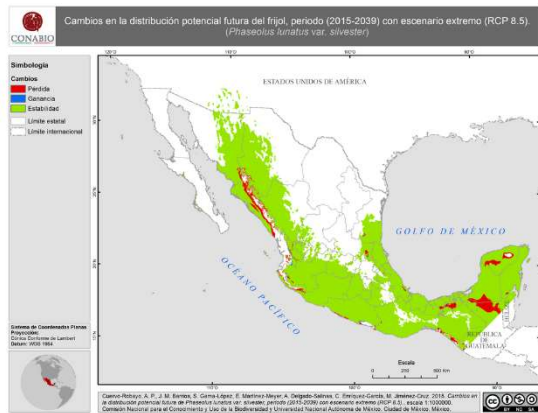
**Figura 12.10** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus lunatus* L. var. *silvester* Baudet; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde de la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



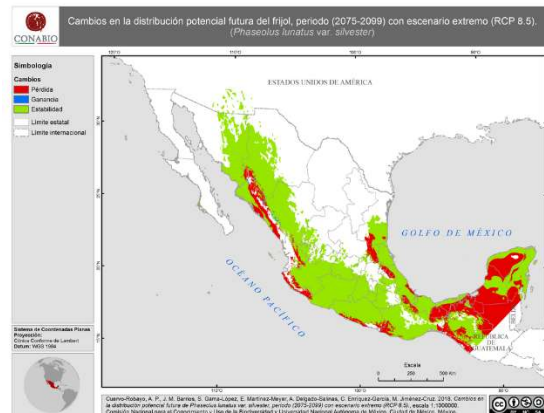
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

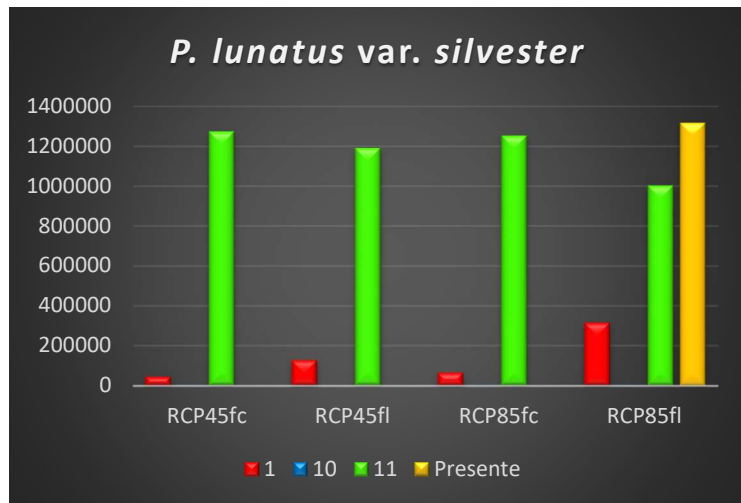


c) RCP 85 futuro cercano

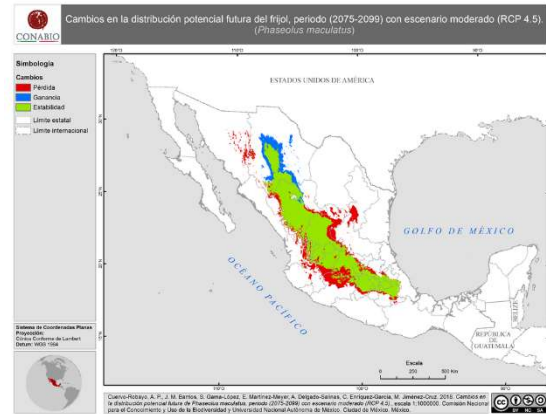
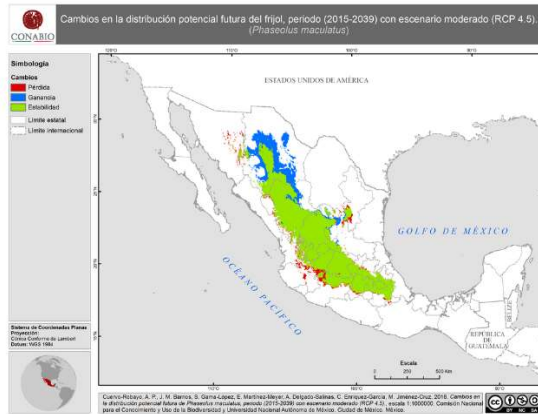


d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. lunatus* var. *silvester*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

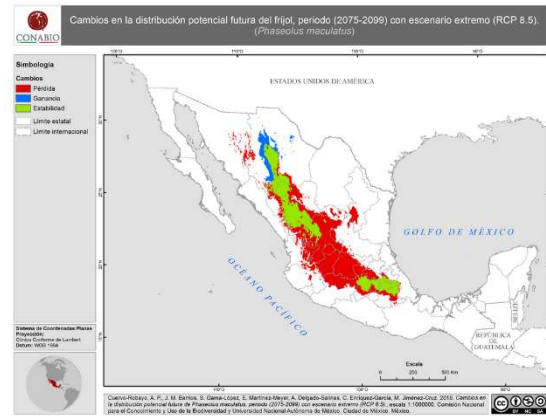
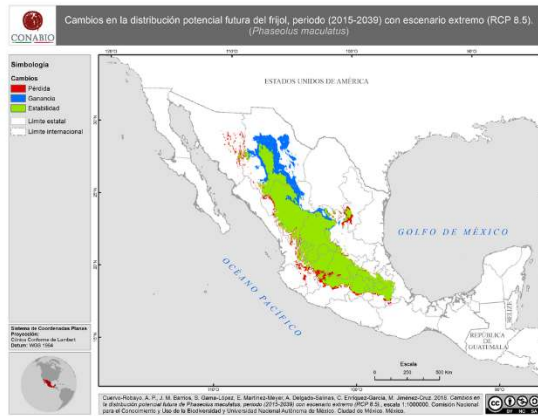


**Figura 12.11** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus maculatus* Scheele; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

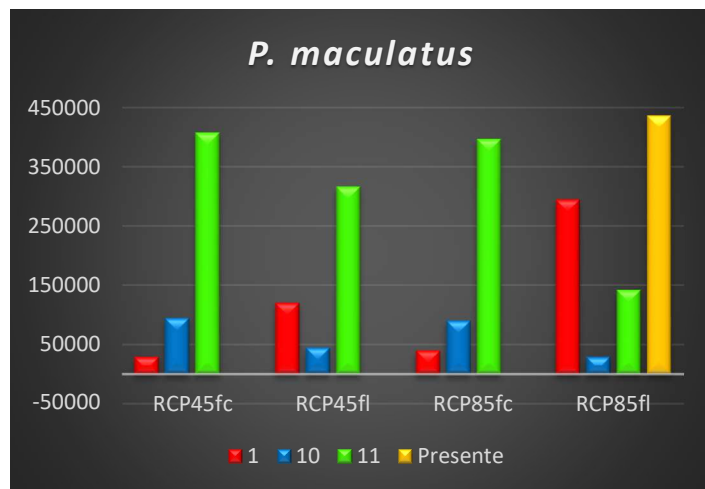
b) RCP 45 futuro lejano



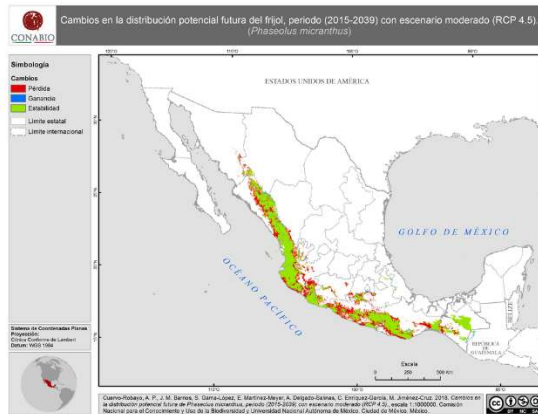
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

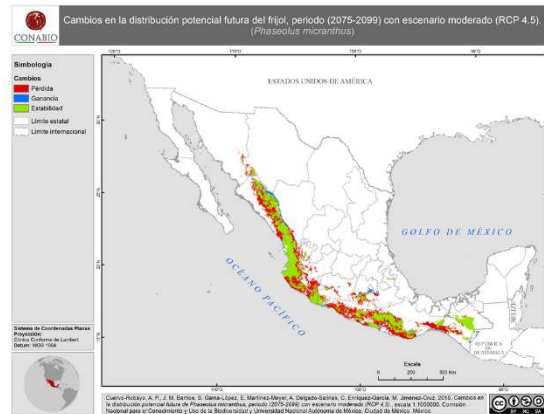
e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. maculatus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



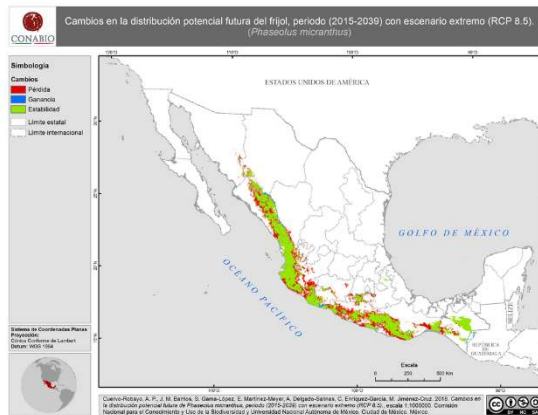
**Figura 12.12** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus micranthus* Hook. & Arn.; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



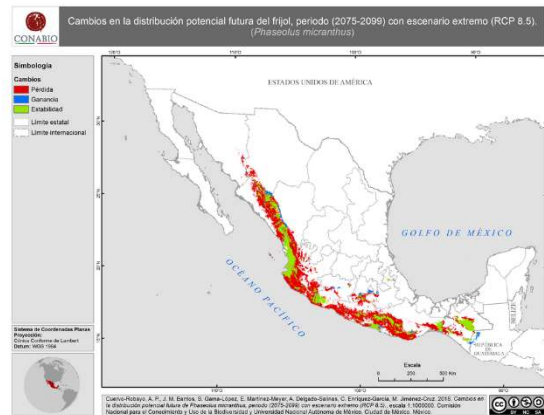
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

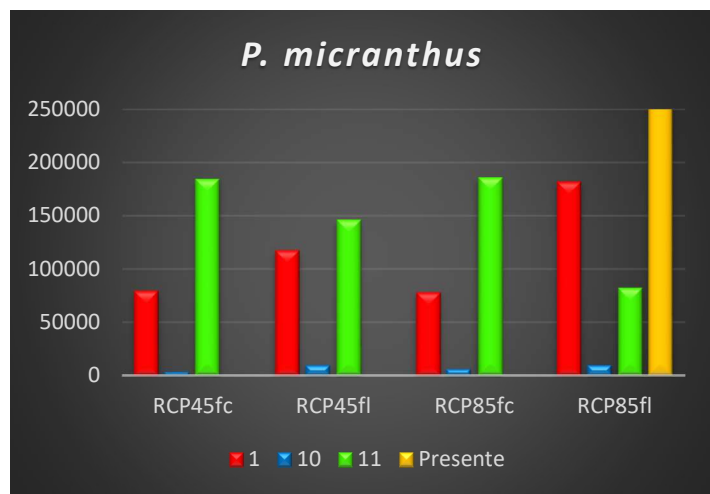


c) RCP 85 futuro cercano



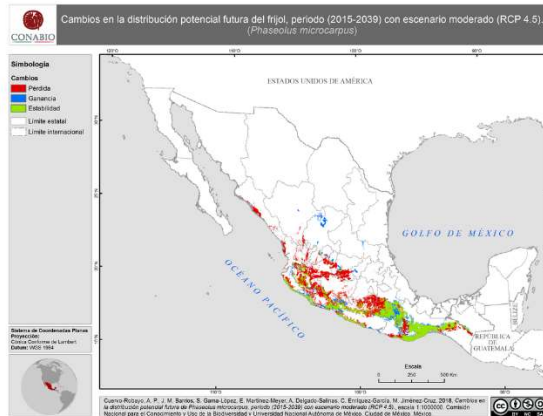
d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. micranthus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

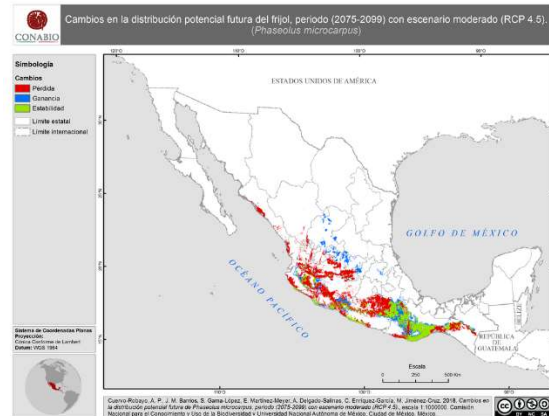




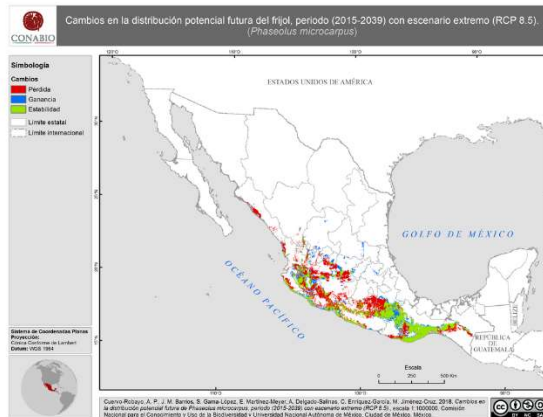
**Figura 12.13** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus microcarpus* Mart.; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



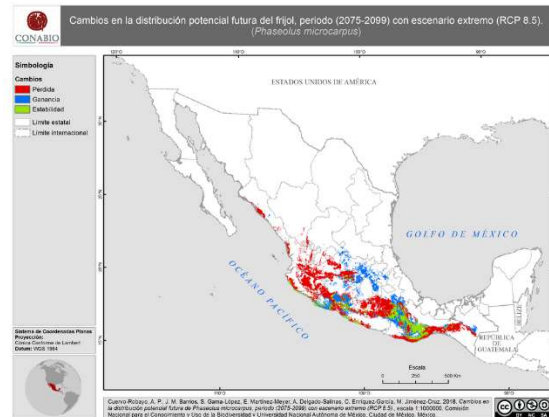
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

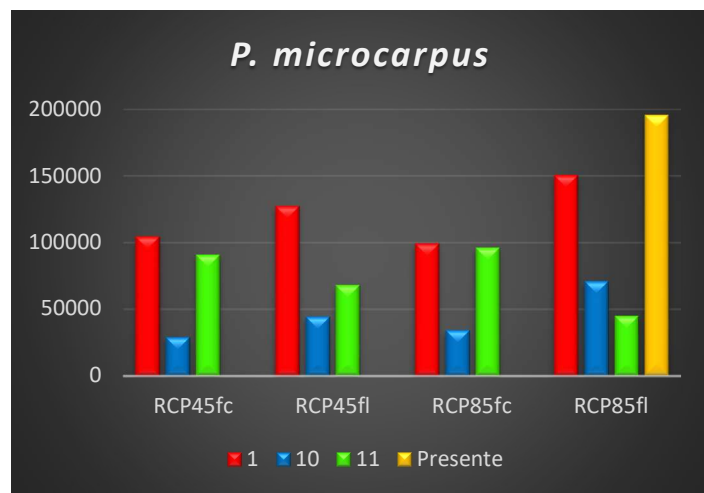


c) RCP 85 futuro cercano

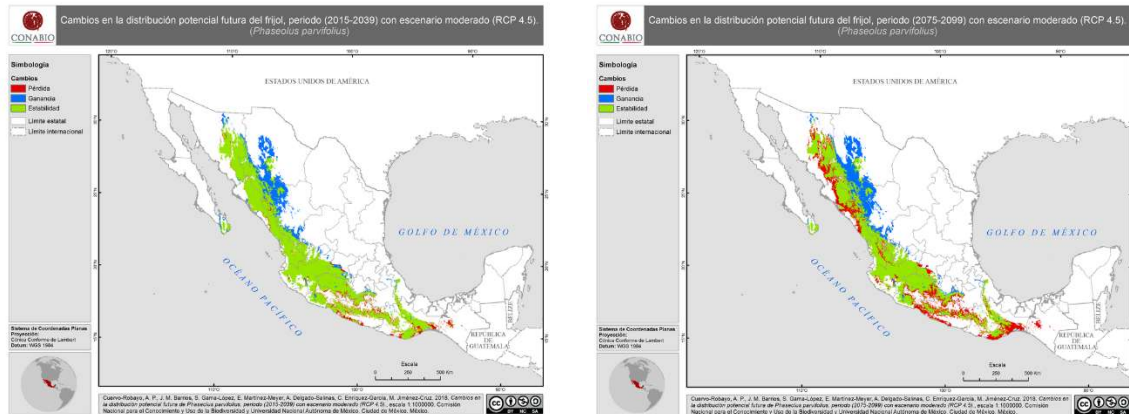


d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. microcarpus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

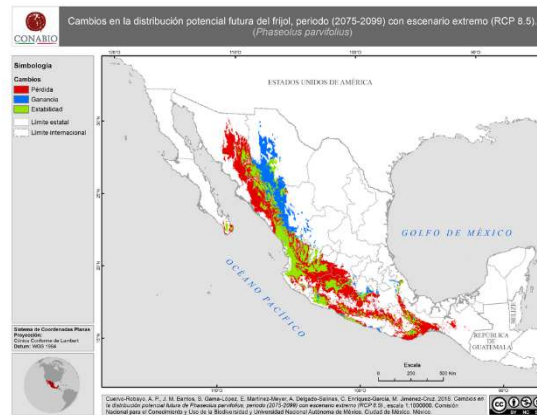
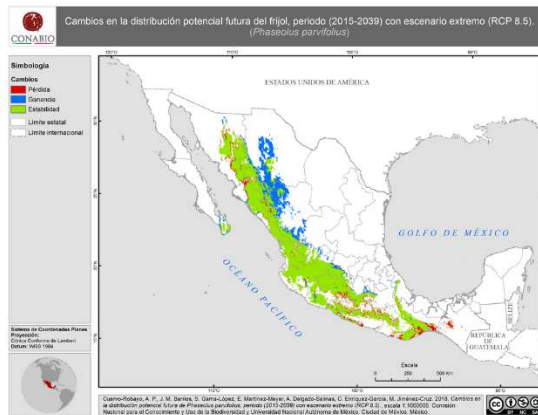


**Figura 12.14** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus parvifolius* Freytag; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

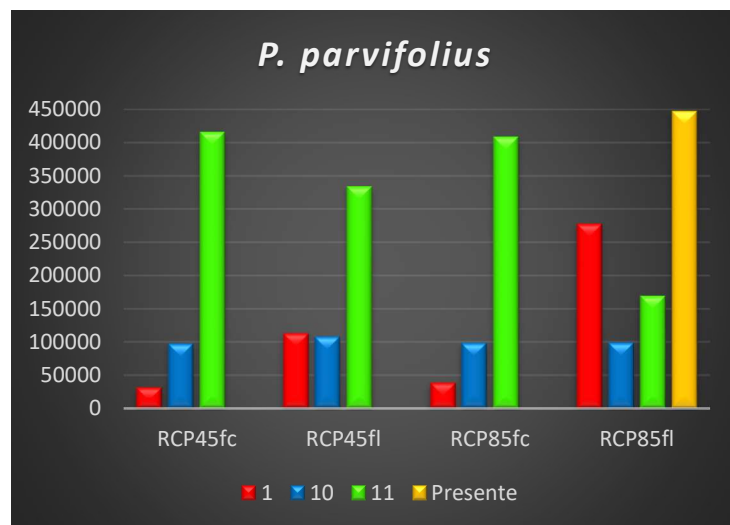
b) RCP 45 futuro lejano



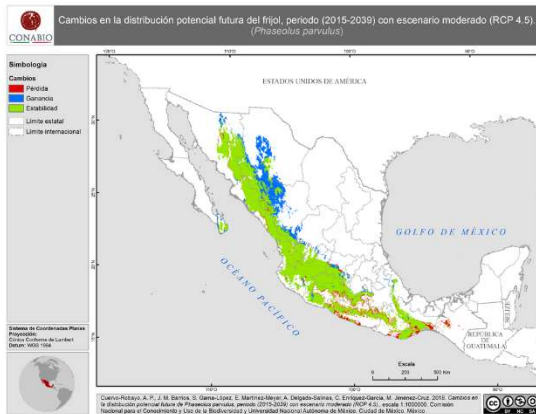
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

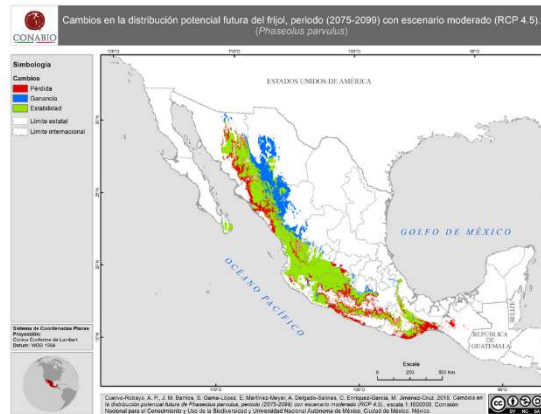
e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. parvifolius*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



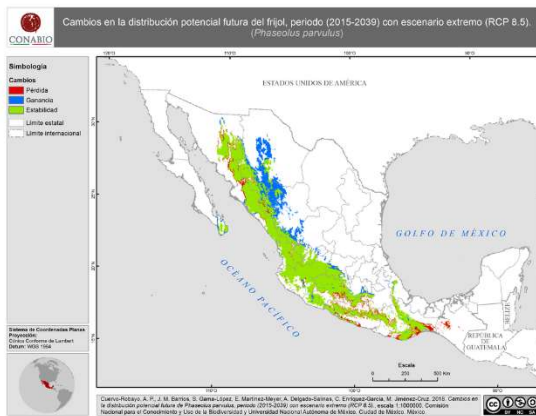
**Figura 12.15** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus parvulus* Greene; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



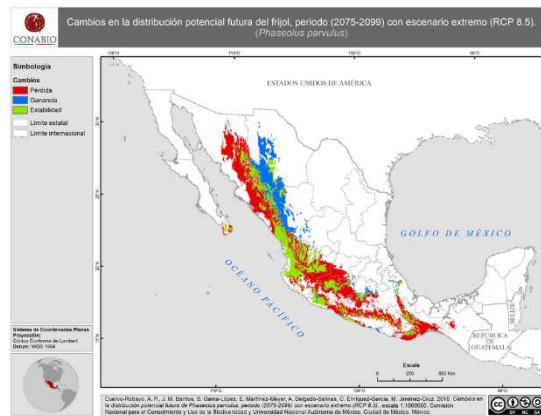
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

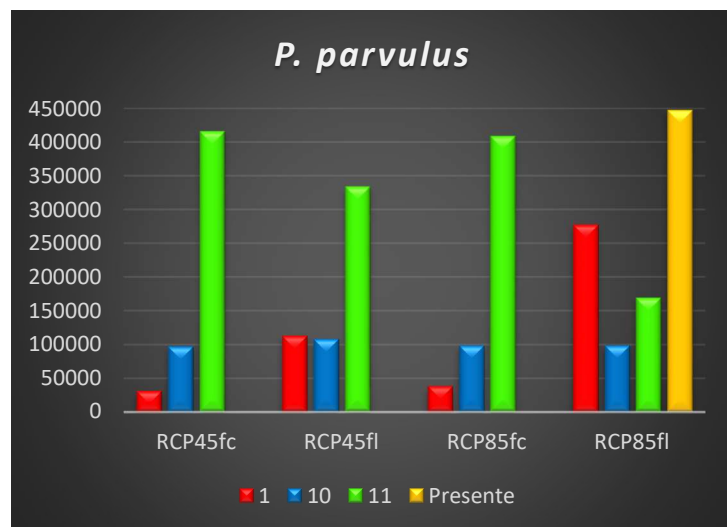


c) RCP 85 futuro cercano

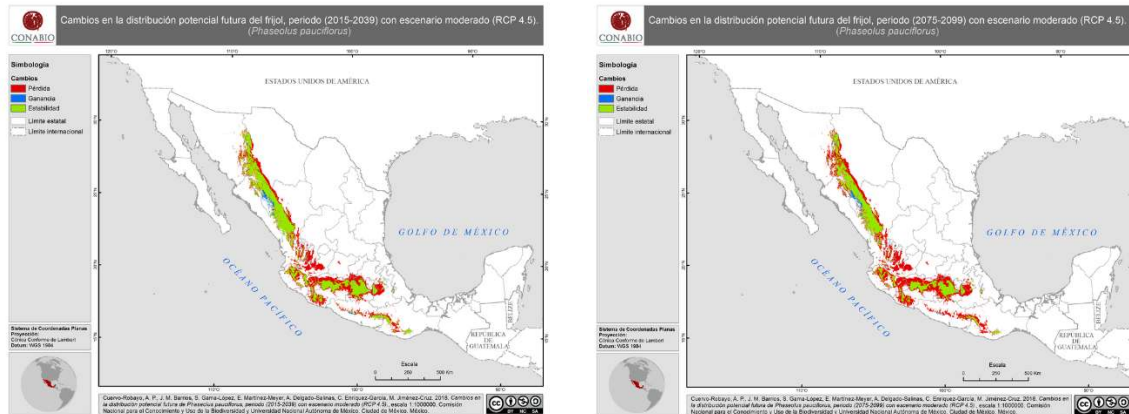


d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. parvulus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

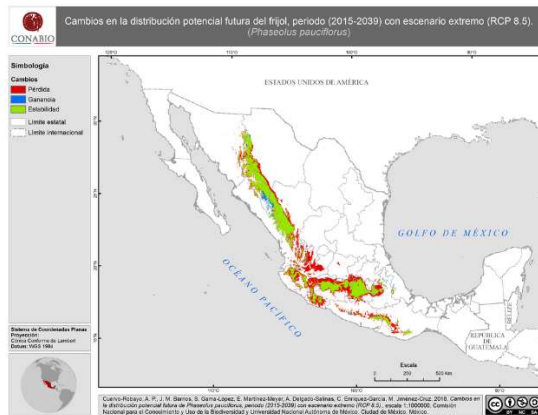


**Figura 12.16** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus pauciflorus* Sessé & Mociño ex G. Don; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde de la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

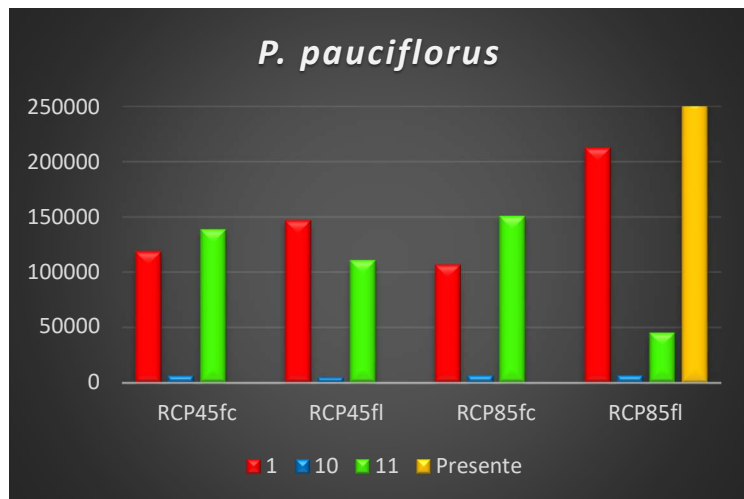
b) RCP 45 futuro lejano



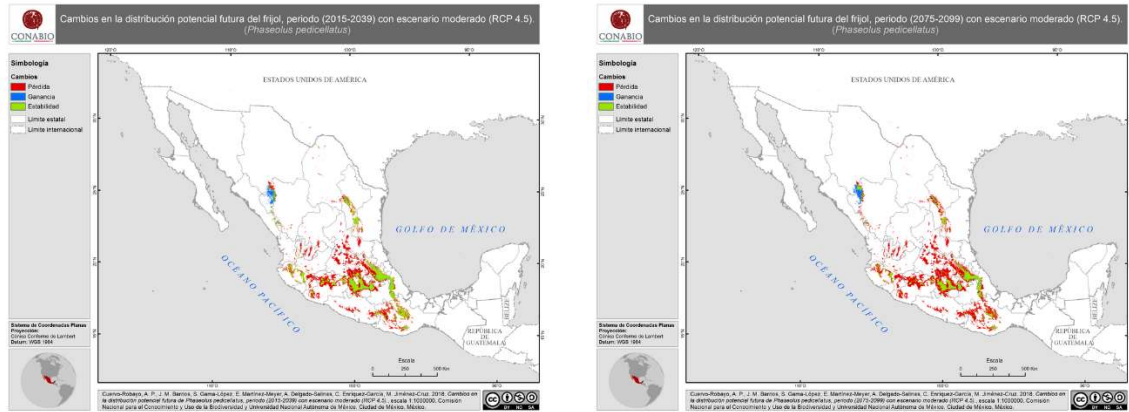
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. pauciflorus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

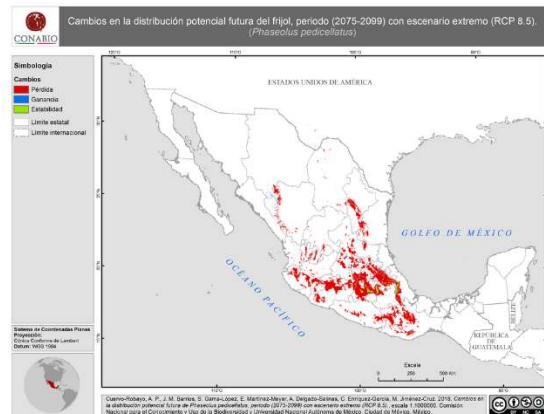
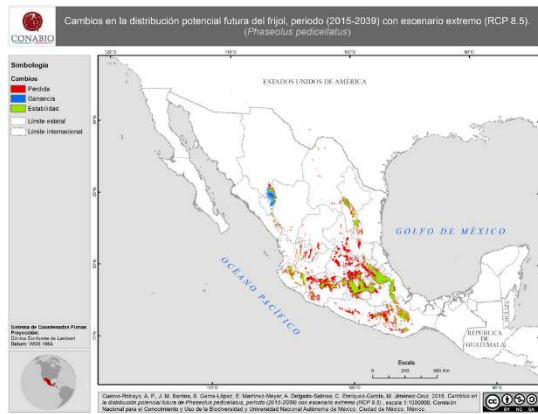


**Figura 12.17** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus pedicellatus* Benth.; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

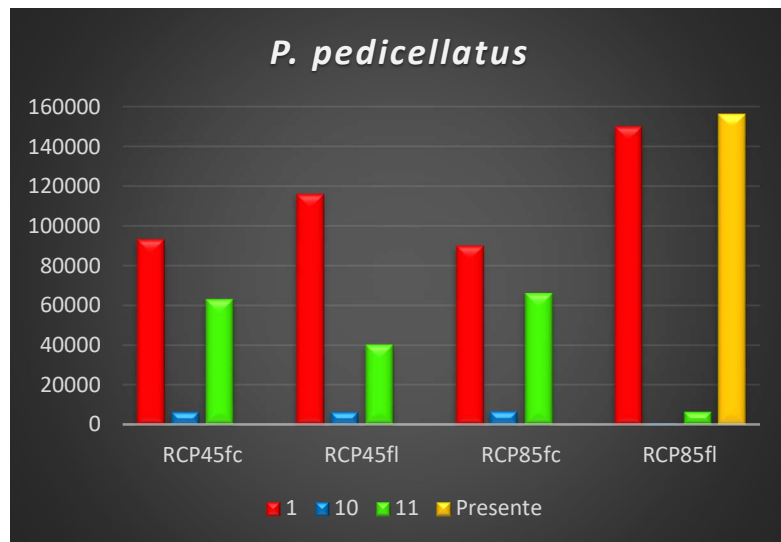
b) RCP 45 futuro lejano



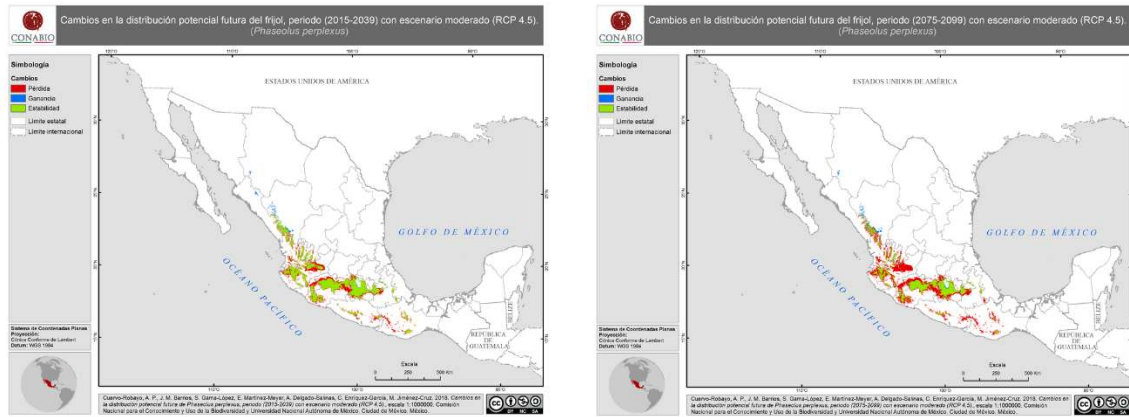
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. pedicellatus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

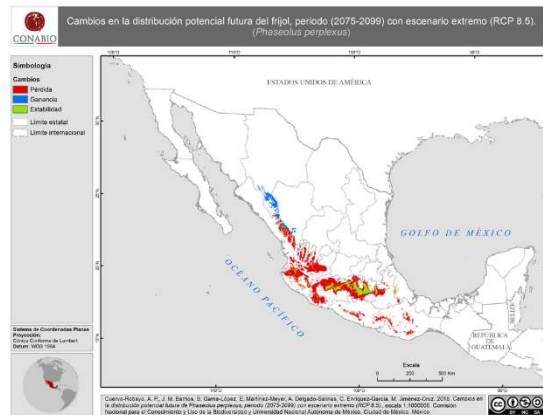
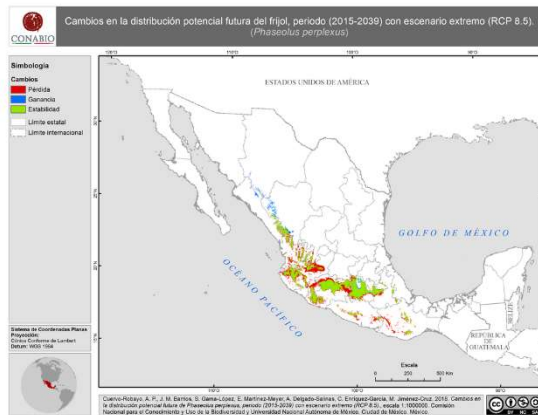


**Figura 12.18** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus perplexus* A. Delgado; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

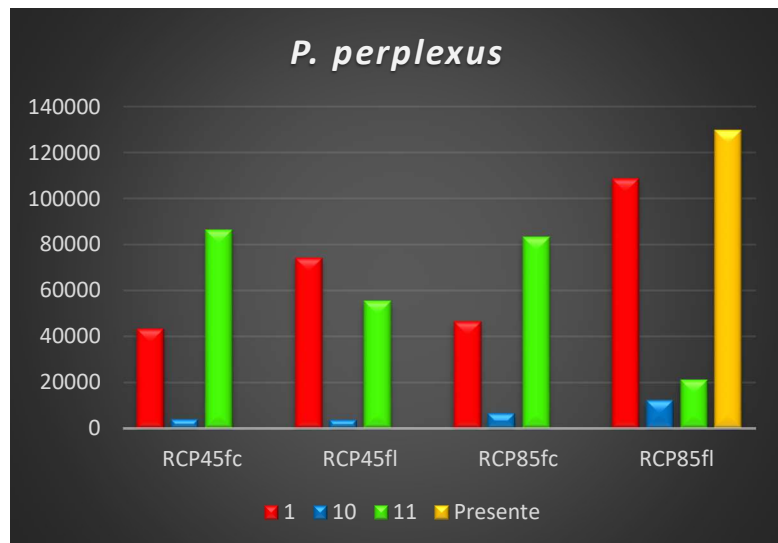
b) RCP 45 futuro lejano



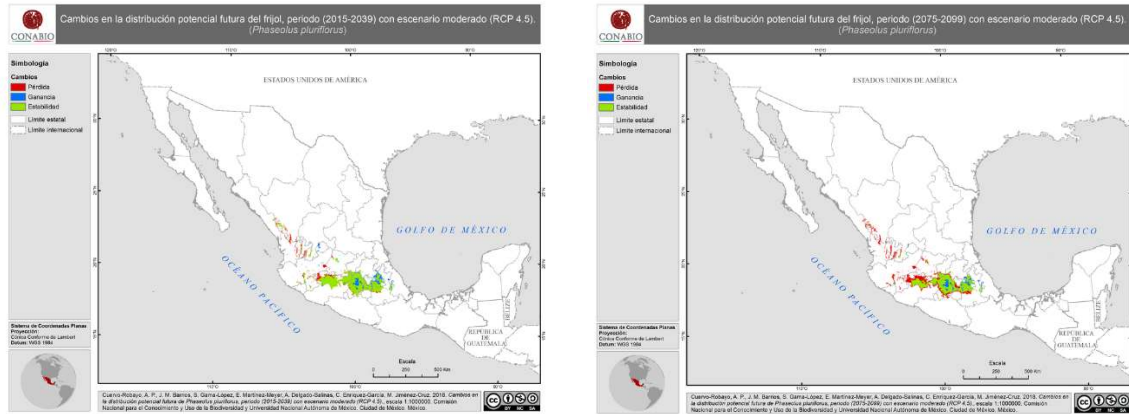
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. perplexus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

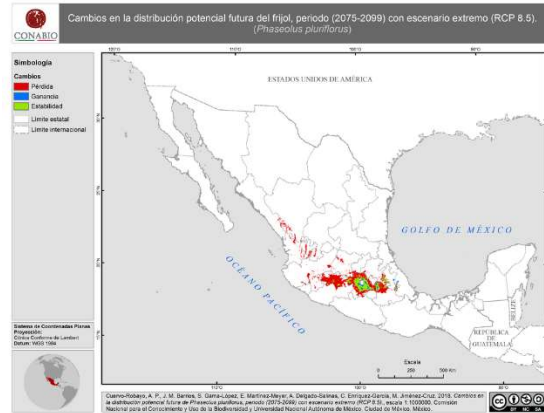
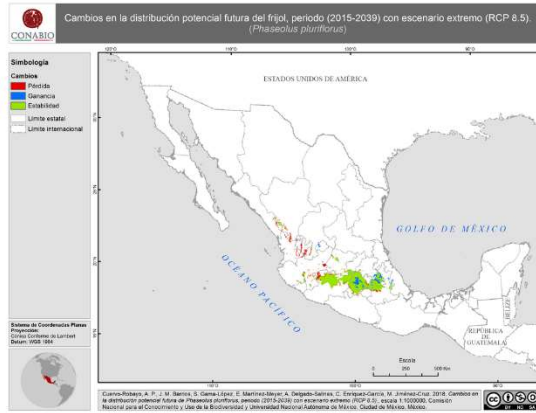


**Figura 12.19** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus pluriflorus* Maréchal, Mascherpa & Stainier; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

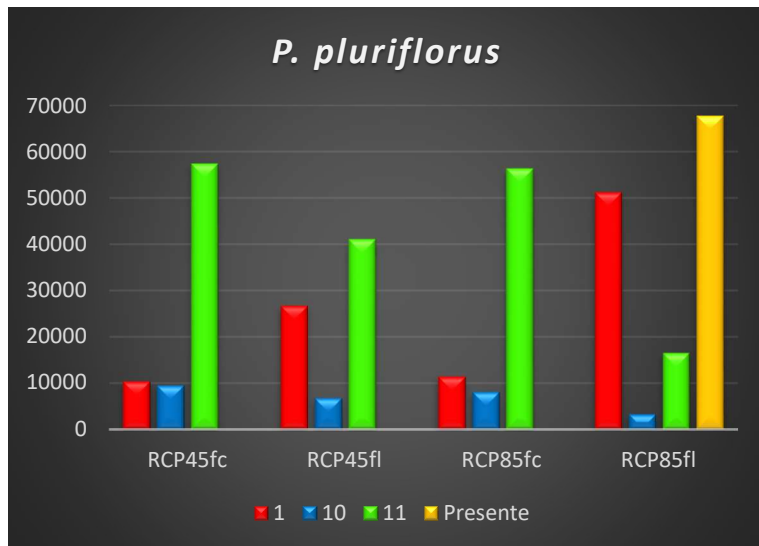
b) RCP 45 futuro lejano



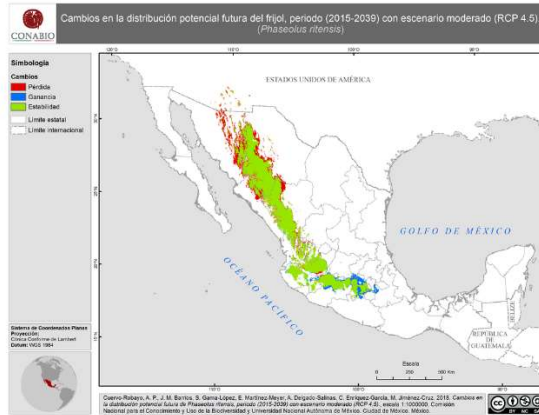
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

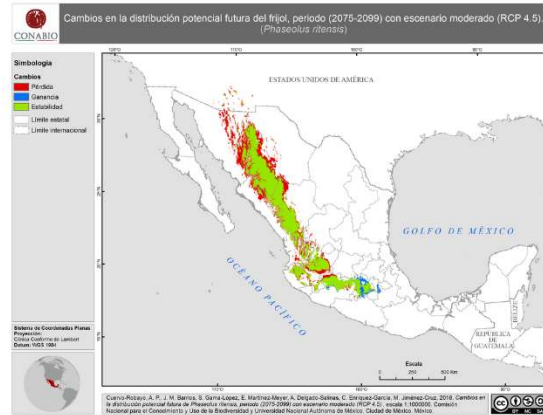
e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. pluriflorus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



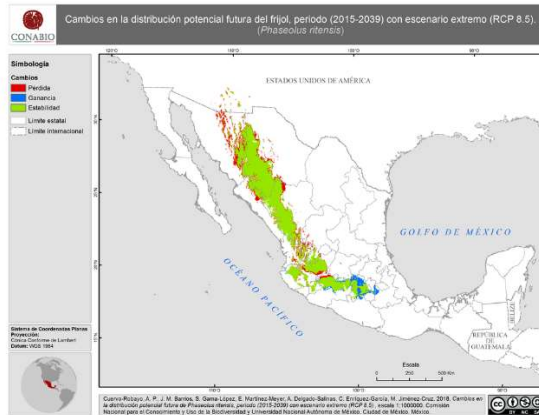
**Figura 12.20** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus ritensis* M.E. Jones; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



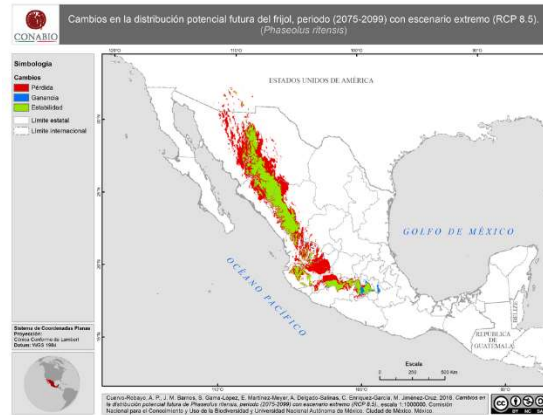
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

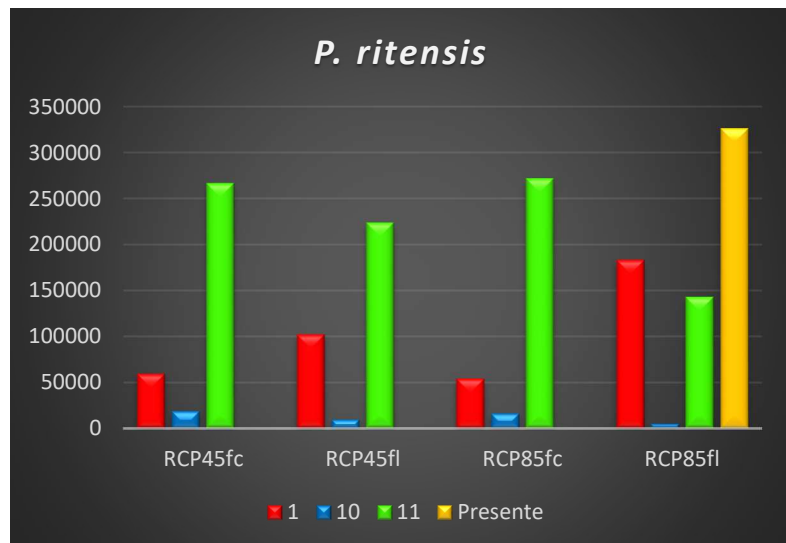


c) RCP 85 futuro cercano



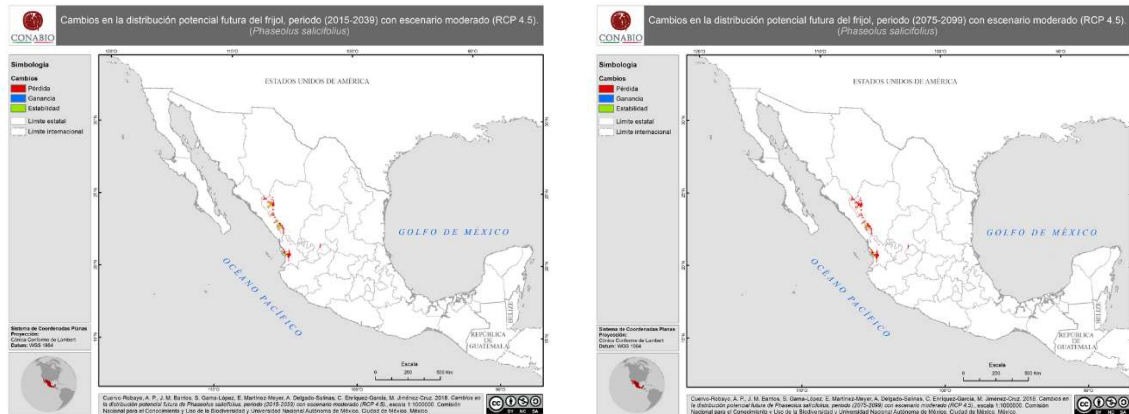
d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. ritensis*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



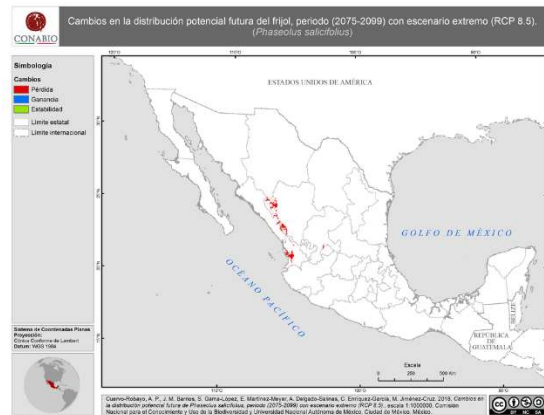
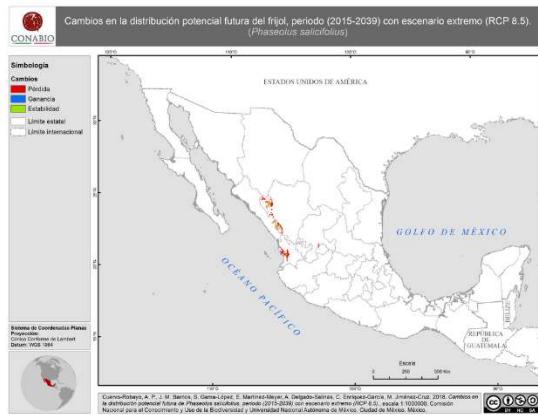


**Figura 12.21** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus salicifolius* Piper; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

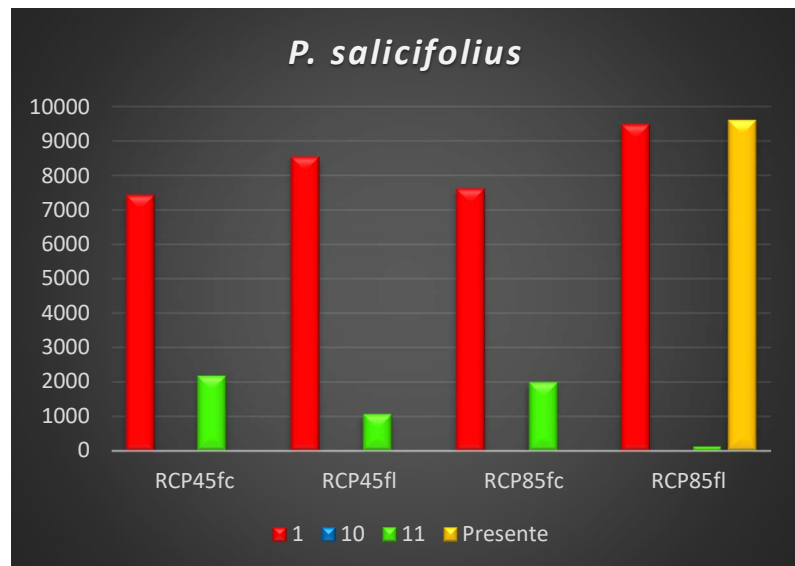
b) RCP 45 futuro lejano



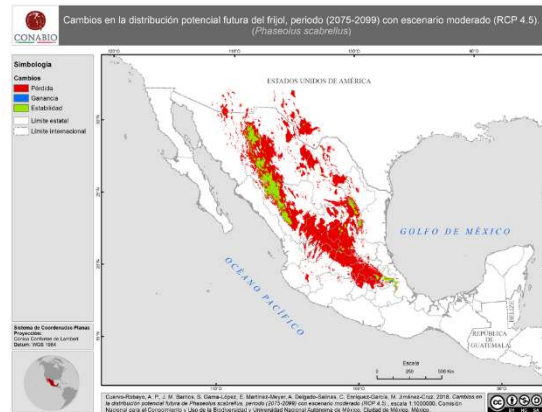
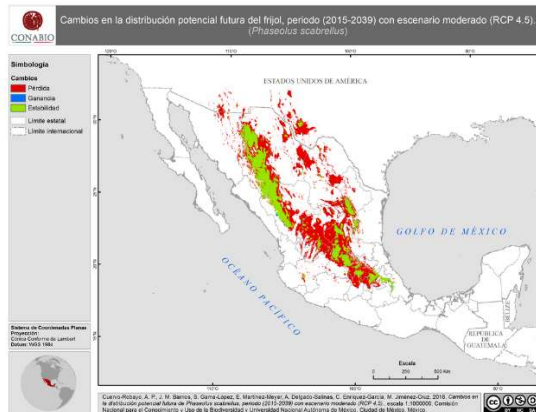
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. salicifolius*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

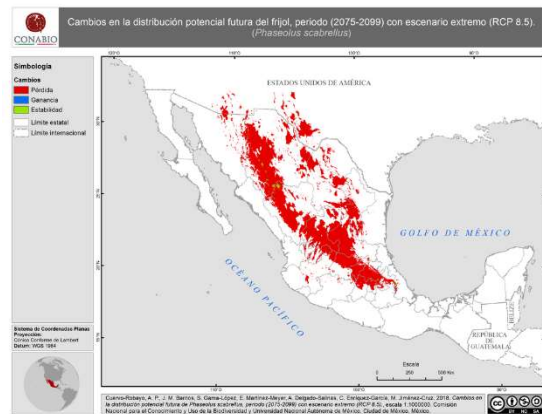
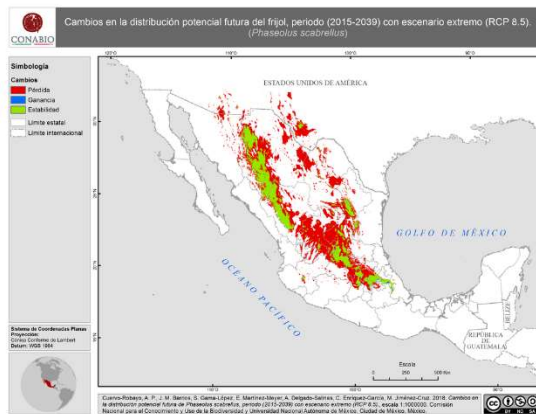


**Figura 12.22** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus scabrellus* Benth. ex S. Watson; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde de la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

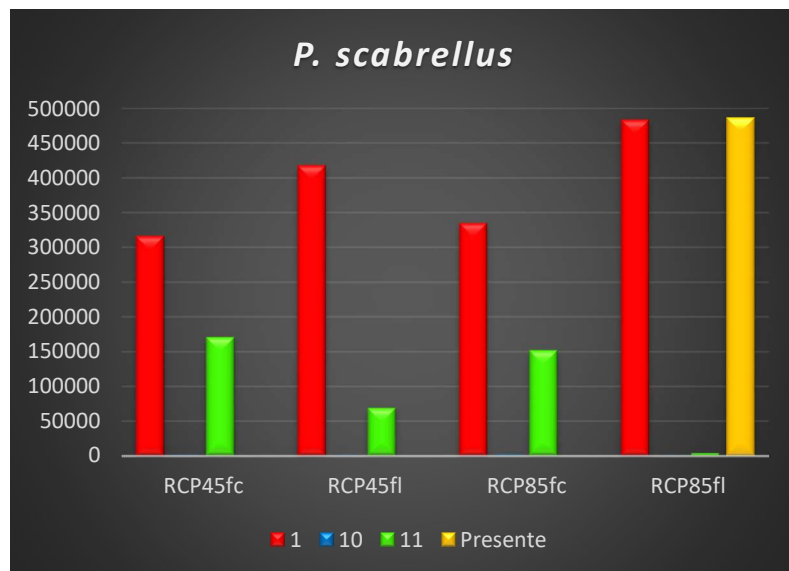
b) RCP 45 futuro lejano



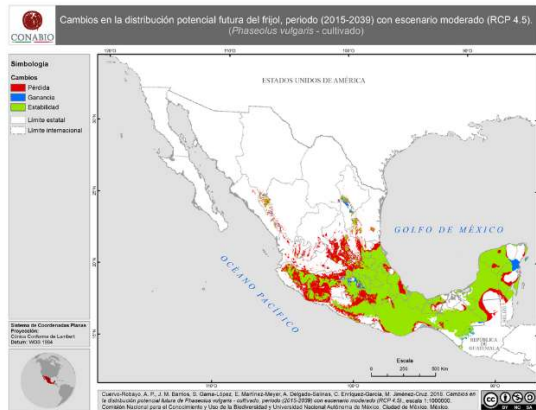
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

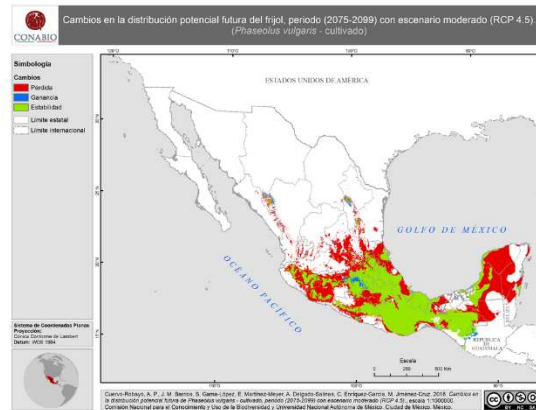
e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. scabrellus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



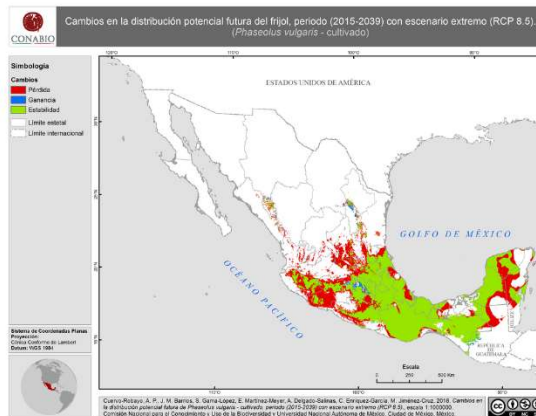
**Figura 12.23** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus vulgaris* L. – cultivado; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



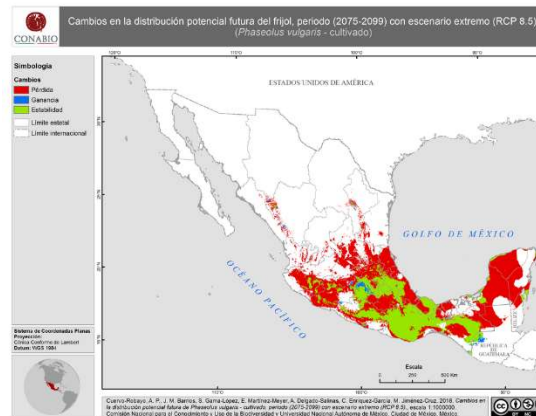
a) RCP 45 futuro cercano



b) RCP 45 futuro lejano

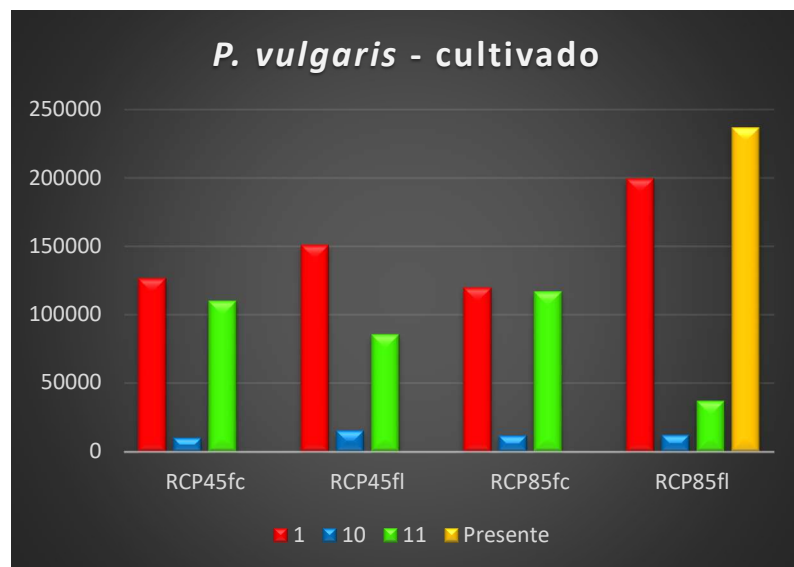


c) RCP 85 futuro cercano

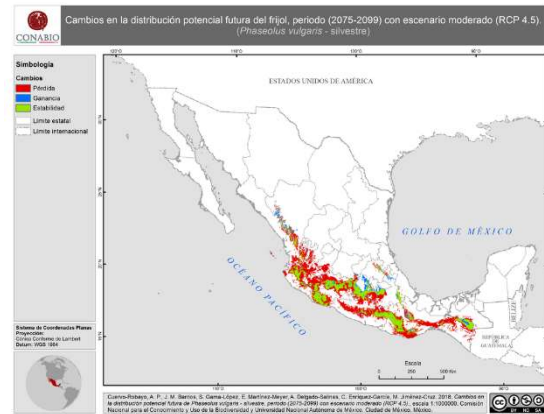
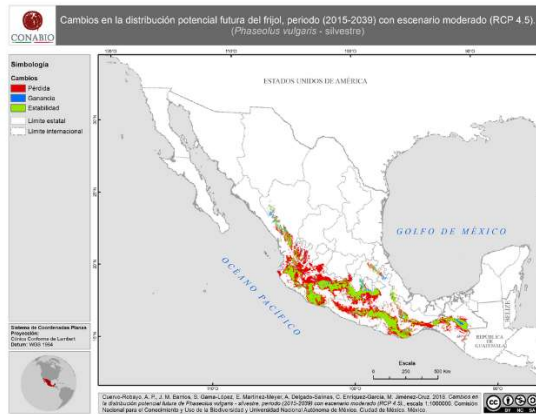


d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. vulgaris* - cultivado, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

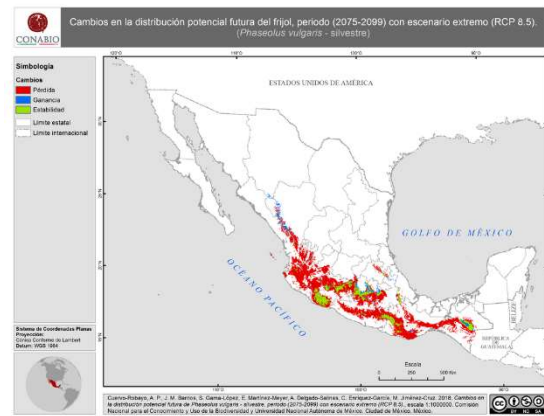
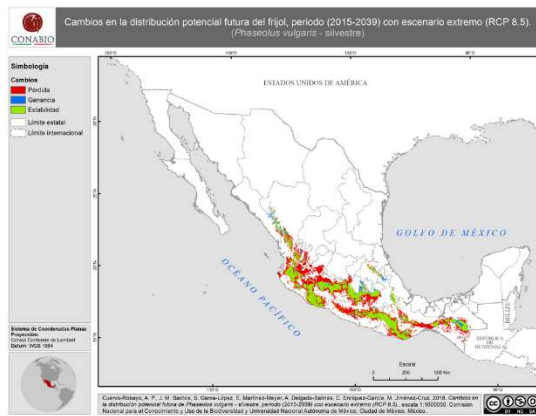


**Figura 12.24** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus vulgaris* L. – silvestre; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

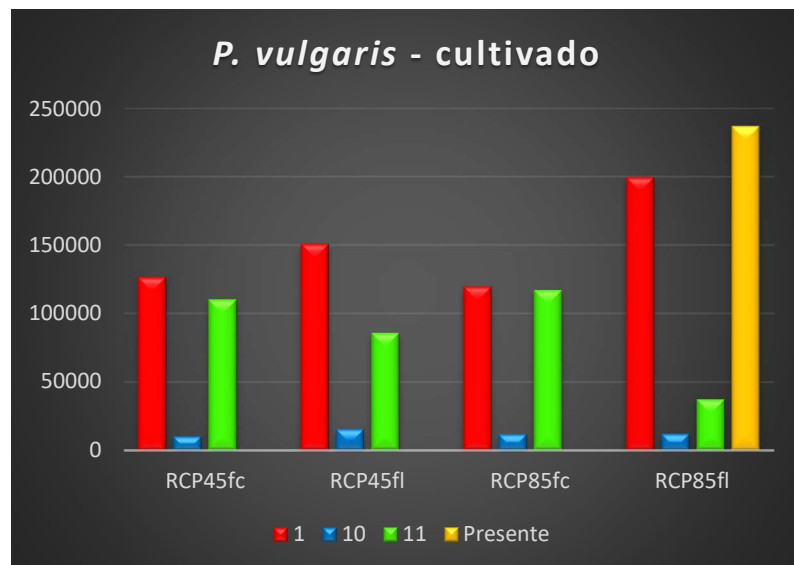
b) RCP 45 futuro lejano



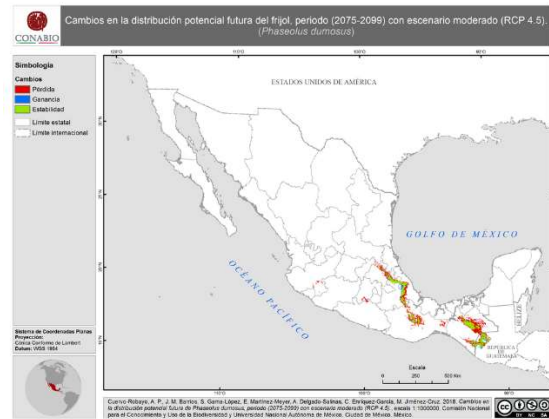
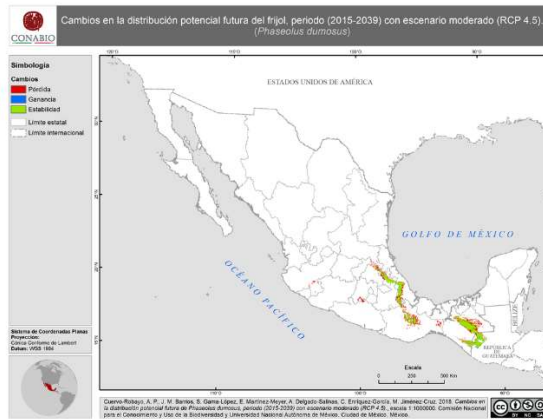
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. vulgaris* - silvestre, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.

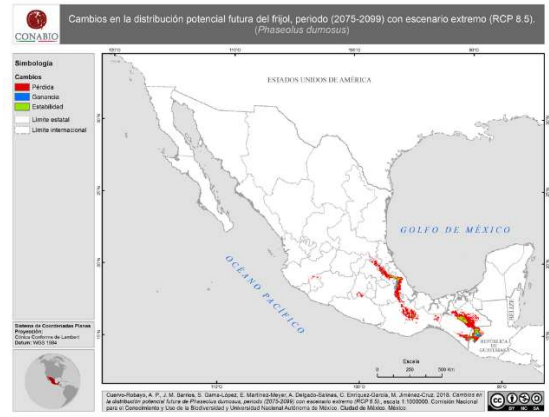
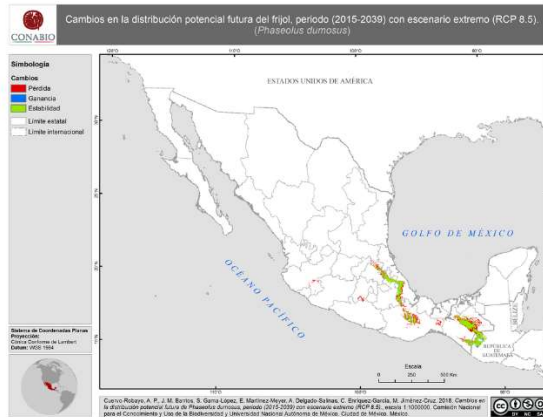


**Figura 12.25** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus dumosus* Macfad; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.



a) RCP 45 futuro cercano

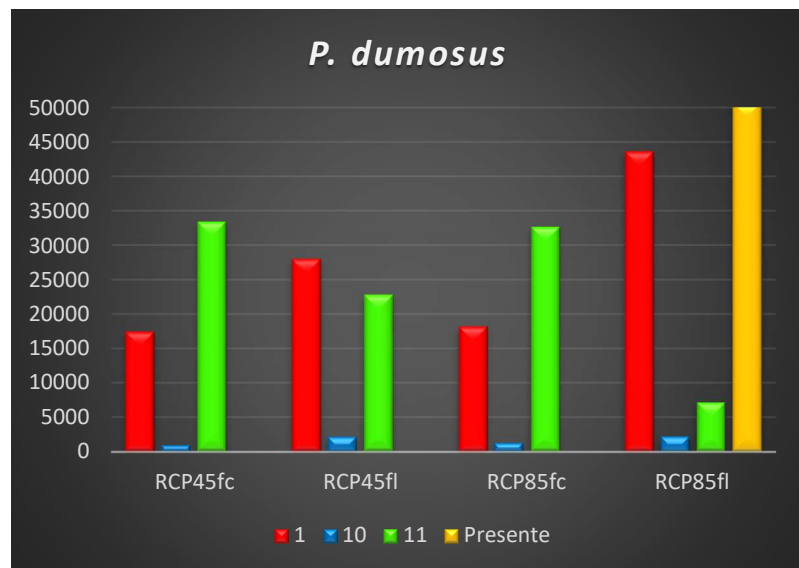
b) RCP 45 futuro lejano



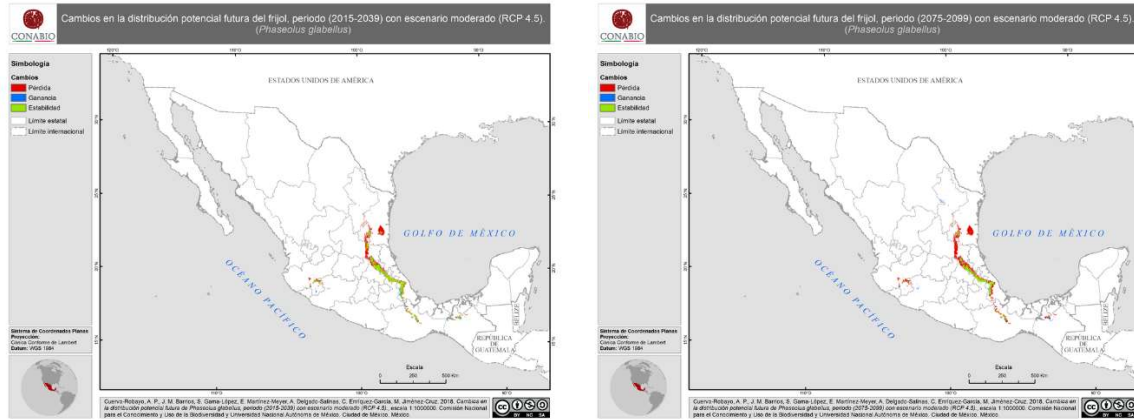
c) RCP 85 futuro cercano

d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. dumosus*, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



**Figura 12.26** Modelación de nicho ecológico de *Phaseolus glabellus* Piper; comparación de los modelos de nicho ecológico para cada uno de los escenarios de cambio climático. El color rojo representa la pérdida de la distribución, el azul indica la ganancia y el verde la permanencia de la especie. Las líneas transversas muestran las áreas de incertidumbre del modelo.

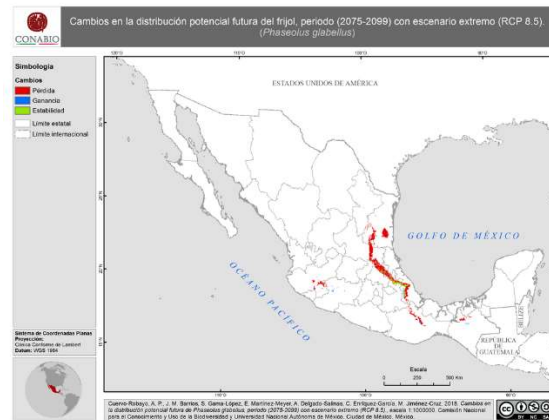


a) RCP 45 futuro cercano

b) RCP 45 futuro lejano

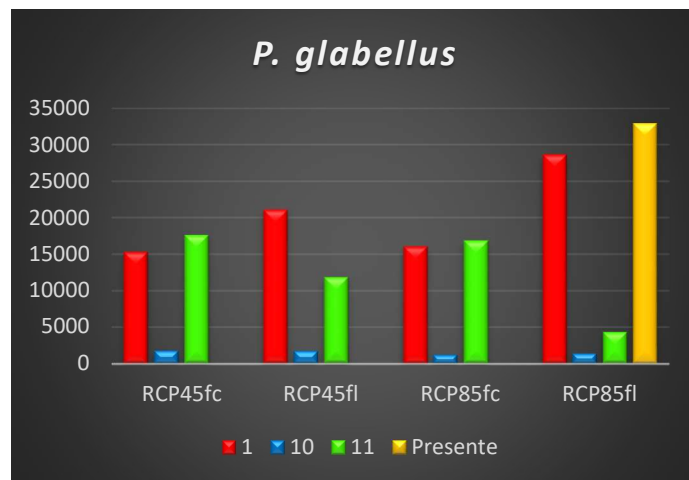


c) RCP 85 futuro cercano



d) RCP 85 futuro lejano

e) Representación gráfica del área de distribución potencial de *P. glabellus* Piper, que compara el presente (barra en color amarillo), con las predicciones futuras para los cuatro escenarios RCP45fc, RCP45fl, RCP85fc y RCP85fl; en donde fc significa futuro cercano y fl, futuro lejano. En el eje de las X, se representan los cuatro escenarios con sus respectivos valores; en donde 1, indica la pérdida (marcado en rojo). El 10, la ganancia (marcado en azul) y 11 permanencia (marcado en verde). El eje de la Y, representa el área en pixeles.



Nota: Los mapas de distribución puntual, los shapefiles y los metadatos finales estarán disponibles en el geoportail de la CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>



## CONCLUSIONES.

Recientemente se ha dado gran importancia a las colecciones de Herbario, donde se puede recabar la información geográfica de los ejemplares para realizar estudios sobre la distribución de las especies, modelación de nicho ecológico para determinar áreas de conservación, así como establecer cuáles especies son de distribución restringida o vulnerable. Este Proyecto cumple con esta expectativa, ya que cada uno de los ejemplares capturados fue validado por el especialista, con la seguridad de que al realizar el estudio de nicho ecológico para las especies mexicanas de *Phaseolus*, no se esté proporcionando información errónea al trabajar con nombres inválidos, sinónimos o mal identificados. Principalmente, este trabajo se apoya en el criterio taxonómico del especialista para circunscribir a las especies de *Phaseolus* de México en base acorde con el Código de Nomenclatura Botánico.

La evaluación y validación de las coordenadas geográficas de todos los registros capturados en la base de datos por las distintas instancias de la CONABIO, jugó un papel importante en este proyecto,

ya que con esta revisión se evitó otra dificultad que es común en los estudios de la modelación de nicho ecológico y la cual está relacionada con el sesgo geográfico provocado por la incorrecta asignación de coordenadas geográficas.

El uso de la información generada hasta ahora en este Proyecto fue de gran utilidad en la aplicación de algoritmos de modelación geográfica, que permitirán responder preguntas relacionadas con la conservación de las especies vulnerables de *Phaseolus* o en peligro de extinción, determinar las áreas prioritarias para la conservación y conocer las regiones de mayor biodiversidad. Los modelos obtenidos, permitirán descubrir nuevas áreas de distribución de las especies, así como discernir las poblaciones que se podrían ver afectadas ante un eminente cambio climático.

Finalmente, este estudio de nicho ecológico es una primera aproximación para valorar y conocer la vulnerabilidad de la distribución de las especies mexicanas de *Phaseolus* ante la inminente influencia del cambio climático, así como identificar las nuevas áreas de distribución que mostrarán algunas de ellas. Con esta



información, se pueden establecer recomendaciones de manejo, monitoreo y de conservación *in situ* y/o *ex situ* de las especies vulnerables, así como la protección formal de las áreas de gran diversidad genética de las especies mexicanas de *Phaseolus*.





#### ACTIVIDADES ALTERNAS.

Se publicó un artículo de divulgación en la **Revista Digital Universitaria (RDU)**, publicada por la Universidad Nacional Autónoma de México, con el artículo titulado: “Diversidad y distribución de los Frijoles silvestres en México”, publicado el 1 de febrero del 2015, Vol. 16, No. 2, ISSN 1607 - 6079. (Apéndice II).

Se participó en el XX Congreso Mexicano de Botánica, con el trabajo denominado:

**“Taxonomía y distribución del género *Phaseolus* en México”**, en la modalidad de Cartel, el cual fue expuesto el 8 de septiembre de 2016, en el Palacio de Minería de la Ciudad de México. (Apéndices III y IV).

Es importante señalar que en ambos trabajos se le otorgaron los créditos correspondientes a la CONABIO.



## LITERATURA CITADA:

- Barbosa, A. M. 2015. fuzzySim: applying fuzzy logic to binary similarity indices in ecology. *Methods in Ecology and Evolution* 6.7: 853-858.
- Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. De Grau, R. Prieto González, A. C. Conde Álvarez, A. Quintanar Isaías, J. S. Santana Sepúlveda, R. Romero Centeno, M. E. Maya Magaña, J. G. Rosario De La Cruz, M. R. Ayala Enríquez, H. Carrillo Tlazazanatza, O. Santiesteban & M. E. Bravo. 2013. Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Informe Final del proyecto al INECC. 150 pp.
- Cuervo-Robayo, A. P. 2015. Superficies climáticas en alta resolución: periodo base 1961-2000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Delgado-Salinas, A. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. Ph. D. Thesis, Univ. of Texas-Austin, Texas, USA.
- Delgado-Salinas, A. 1988. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In: P. Gepts (Ed.). Genetic Resources of *Phaseolus* Beans. Kluwer Academic Publishers. Pp. 441-463.
- Delgado-Salinas, A., T. Turley, A. Richman & M. Lavin. 1999. Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae). *Systematic Botany* 24: 438-460.
- Delgado-Salinas, A., R. Bibler & M. Lavin. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany* 31(4): 779-791.
- Delgado-Salinas, A., M. Thulin, R. Pasquet, N. Weedon & M. Lavin. 2011. *Vigna* (Leguminosae) *sensu lato*: The Names and Identities of the American segregate genera. *American Journal of Botany* 98(10): 1-22.



- Delgado Salinas, A. & S. Gama López. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 1 de febrero de 2015, Vol. 16, No. 2 [Consultada:]. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/index.html>> ISSN: 1607-6079.
- Freytag, G. F. & D. G. Debouck. 2002. Taxonomy, Distribution, and Ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae – Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. *Sida, Botanical Miscellany* 23:1-300.
- Gómez-Mendoza, L. & L. Arriaga. 2007. Modelling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology* 21(6): 1545-1555.
- ILDIS International Legume Database and Information Service. 2008. Y. R. Roskov, F.A. Bisby, J.L. Zarucchi, B. D. Schrire & R. J. White (eds). <http://www.ildis.org/>.
- IPNI International Plant Names Index. 2020. Published on the internet <http://www.ipni.org>. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens.
- JSTOR Global Plants database. 2020. ITHAKA Organization. <http://jstorplants.org/>.
- Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species potential distributions. *Biodiversity Informatics* 2:42-55.
- Muscarella, R., P. J. Galante, M. Soley-Guardia, R.A. Boria, J. M. Kass, M. Uriarte & R.P. Anderson. 2014. ENMeval: an R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution* 5(11): 1198-1205. (versión 3.3.3 k).
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao & K. R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for



- conserving biodiversity. *BioScience* 51(11):933-938.
- Perales, H. R. & J. R. Aguirre. 2008. Biodiversidad humanizada. En: Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp. 565-603.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rojas-Soto, O. R.; V. Sosa & J. F. Ornelas. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity Conservation* 21: 2671-2690.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial 1:4000 000. IV.8.2. Atlas Nacional de México [en línea]. vol. II. México: Instituto de Geografía, UNAM. Disponible en Internet: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Schrire, B. D. 2005. Tribe Phaseoleae. 393-430. In: G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder, y M. Lock (eds.). *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew. UK.
- SIG de Google Earth (7.1.2.2041, mayo 2015 a 7.1.8.3036, enero 2017.
- Sousa-Peña, M., Wong-León, A. y A. Delgado-Salinas. 1996. "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. Part 8. p. 75-81. ISBN 1900347083.
- TROPICOS Databases. Tropicos Organization. Missouri Botanical Garden. 2020 <http://www.tropicos.org/>
- Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., Knapp, S., Kusber, W.-H., Li, D.-Z., Marhold, K., May, T. W., McNeill, J., Monro, A. M., Prado, J., Price, M. J. & Smith, G. F. (eds.) 2018: International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. DOI <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Verberk, W. C.E.P., G. Van Der Velde & H. Esselink. 2010. Explaining abundance-occupancy relationships



in specialists and generalists: a case study on aquatic macro invertebrates in standing waters. *Journal of Animal Ecology* 79: 589-601.

Villers-Ruiz, L. & I. Trejo-Vázquez. 2000. El cambio climático y la vegetación en México”. En: C. G. García (ed.). Una visión hacia el siglo XXI. *El cambio*

*climático en México*. México Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. Pp. 239-254.



APÉNDICE I

TAXA	ACRÓNIMO	CARACTERÍSTICA
<i>P. acutifolius</i> A. Gray var. <i>acutifolius</i>	PACUACU	Silvestre y Cultivado
<i>P. acutifolius</i> A. Gray var. <i>tenuifolius</i> A. Gray	PACUTEN	Cultivado
<i>P. albescens</i> McVaugh ex Ramírez & A. Delgado	PALBE	Silvestre
<i>P. albiflorus</i> Freytag & Debouck	PALBI	Silvestre
<i>P. amblyosepalus</i> (Piper) C.V. Morton	PAMB	Silvestre
<i>P. angustissimus</i> A. Gray	PANG	Silvestre
<i>P. anisophyllus</i> (Piper) Freytag & Debouck	PANI	Silvestre
<i>P. campanulatus</i> Freytag & Debouck	PCAM	Silvestre
<i>P. carterae</i> Freytag & Debouck	PCAR	Silvestre
<i>P. coccineus</i> L. -cultivado	PCOCCUL	Cultivado
<i>P. coccineus</i> L. -silvestre	PCOCSIL	Silvestre
<i>P. chiapasanus</i> Piper	PCHI	Silvestre
<i>P. dasycarpus</i> Freytag & Debouck	PDAS	Silvestre
<i>P. dumosus</i> Macfad.	PDUM	Cultivado*
<i>P. esperanzae</i> Seaton	PESP	Silvestre
<i>P. filiformis</i> Benth.	PFIL	Silvestre
<i>P. glabellus</i> Piper	PGLA	Silvestre
<i>P. hintonii</i> A. Delgado	PHIN	Silvestre
<i>P. jaliscanus</i> Piper	PJAL	Silvestre
<i>P. juquilensis</i> A. Delgado	PJUQ	Silvestre
<i>P. laxiflorus</i> Piper	PLAX	Silvestre
<i>P. leptophyllus</i> G. Don	PLEP	Silvestre
<i>P. leptostachyus</i> Benth.	PLUS	Silvestre
<i>P. lunatus</i> L. var. <i>lunatus</i>	PLUNLUN	Cultivado
<i>P. lunatus</i> L. var. <i>silvester</i> Baudet	PLUNSIL	Silvestre
<i>P. maculatifolius</i> Freytag & Debouck	PMFO	Silvestre
<i>P. maculatus</i> Scheele	PMLA	Silvestre
<i>P. macvaughii</i> A. Delgado	PMAC	Silvestre
<i>P. marechalii</i> A. Delgado	PMAR	Silvestre
<i>P. micranthus</i> Hook. & Arn.	PMIC	Silvestre
<i>P. microcarpus</i> Mart.	PMUS	Silvestre
<i>P. neglectus</i> F.J. Herm.	PNEG	Silvestre
<i>P. nelsonii</i> Maréchal, Mascherpa & Stainier	PNEL	Silvestre
<i>P. nodosus</i> Freytag & Debouck	PNOD	Silvestre
<i>P. novoleonensis</i> Debouck	PNOV	Silvestre
<i>P. oaxacanus</i> Rose	POAX	Silvestre
<i>P. oligospermus</i> Piper	POLI	Silvestre
<i>P. parvifolius</i> Freytag	PPAR	Silvestre
<i>P. parvulus</i> Greene	PPUL	Silvestre
<i>P. pauciflorus</i> Sessé & Mociño ex G. Don	PPAU	Silvestre



TAXA	ACRÓNIMO	CARACTERÍSTICA
<i>P. pedicellatus</i> Benth.	PPED	Silvestre
<i>P. perplexus</i> A. Delgado	PPER	Silvestre
<i>P. plagiocylis</i> Harms	PPLA	Silvestre
<i>P. pluriflorus</i> Maréchal, Mascherpa & Stainier	PPLU	Silvestre
<i>P. purpusii</i> Brandegee	PPUR	Silvestre
<i>P. ritensis</i> M.E. Jones	PRIT	Silvestre
<i>P. reticulatus</i> Freytag & Debouck	PRET	Silvestre
<i>P. rotundatus</i> Freytag & Debouck	PROT	Silvestre
<i>P. salicifolius</i> Piper	PSAL	Silvestre
<i>P. scabrellus</i> Benth. ex S. Watson	PSCA	Silvestre
<i>P. sonorensis</i> Standl.	PSON	Silvestre
<i>P. tenellus</i> Piper	PTEN	Silvestre
<i>P. tuerckheimii</i> Donn. Sm.	PTUE	Silvestre
<i>P. viridis</i> Piper	PVIR	Silvestre
<i>P. vulgaris</i> L. -cultivado	PVULCUL	Cultivado
<i>P. vulgaris</i> L. -silvestre	PVULSIL	Silvestre
<i>P. xanthotrichus</i> Piper	PXAN	Silvestre
<i>P. xolocotzii</i> A. Delgado	PXOL	Silvestre
<i>P. zimapanensis</i> A. Delgado	PZIM	Silvestre

\* Solamente un registro es silvestre (IdEjemplar 329).





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)*

Dirección General de Computo y de Tecnologías de Información y Comunicación - UNAM  
Departamento de Acervo Digital





# APÉNDICE III




**Instituto de Biología UNAM**

## Taxonomía y distribución del género *Phaseolus* en México

Delgado Salinas, Alfonso<sup>1</sup>, Gama López, Susana<sup>1</sup>, Martínez Meyer, Enrique<sup>2</sup> y Acosta Gallegos, Jorge A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, C. P. 04510, Ciudad de México, México.  
<sup>2</sup> Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, C. P. 04510, Ciudad de México.  
<sup>3</sup> Campo Experimental Baldo (Oaxaca), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. P. 32110, Oaxaca, Oaxaca, México.



**CONABIO**  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

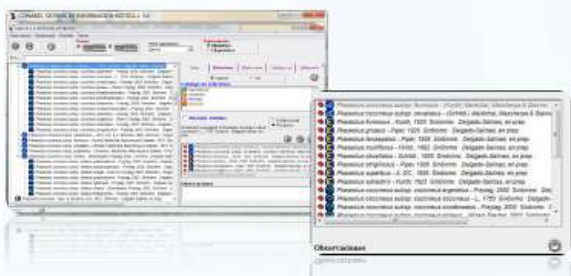
---

### INTRODUCCIÓN

Los estudios recientes sobre taxonomía y filogenia del género *Phaseolus* (Delgado-Salinas, 1985; Delgado-Salinas et al., 2006; Freytag y Debortoli, 2002), han provocado incertidumbres y desacuerdos en el número total de especies. La falta de claridad sobre la delimitación taxonómica y áreas de distribución geográfica, permitió establecer un Convenio con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), para la elaboración de un Nomenclátor del género *Phaseolus*, de la cual se sabe la distribución geográfica, así como las áreas potenciales de conservación de las especies de *Phaseolus* ante el cambio climático.

Debido al impacto que tendrán los bosques nublados (bosques de coníferas y eucalipto) y linderos (porque mesófilo de montaña), con el cambio climático; éstos tendrán a desaparecer al incrementar la temperatura (Vill e-Ritz y Tejeda-Vázquez, 2000), y por ende cerca de 34 especies de *Phaseolus* se verán afectadas por la disminución de sus poblaciones. Por esta razón, este trabajo se ve como una contribución al conocimiento y actualización de los nombres válidos de las especies de género *Phaseolus* para México, con la creación de un Nomenclátor, conforme a las estándares morfológicas, ecológicas, filogenéticas y en el marco establecido por el Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas. Asimismo, contribuye con el levantamiento de las especies del género *Phaseolus* para México, con el uso de colecciones nacionales e internacionales. La evaluación y el análisis de la información recabada, permitió conocer la distribución de cada una de las especies y predictores ambientales de las mismas, la distribución potencial de las especies de *Phaseolus*, así como conocer su distribución en los bosques nublados.

Figura 1. Base de datos construida en Excel 2003, con los nombres científicos del género *Phaseolus*, ejemplo de nombres de *P. coccineus* L., según Delgado-Salinas (en redacción).



---

### METODOLOGÍA

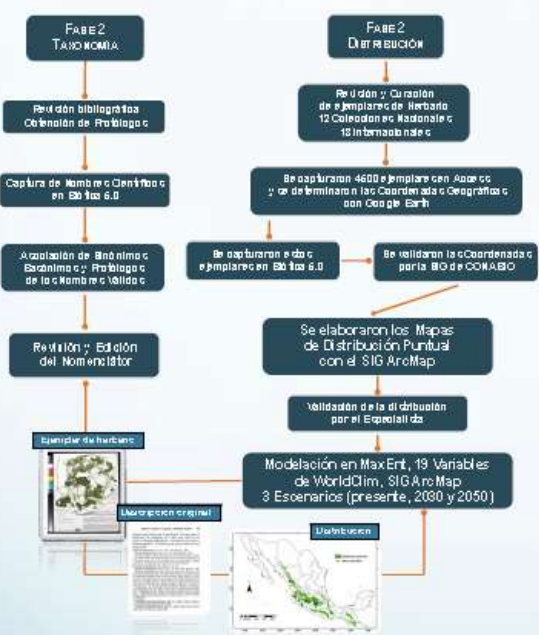


Figura 2. Ejemplo de mapas de ocurrencia de *Phaseolus* para su validación.

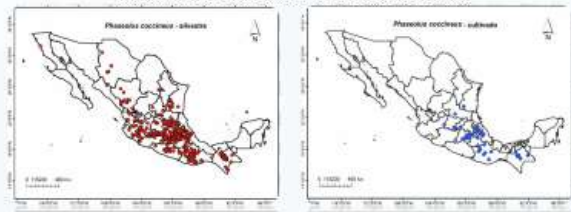


Figura 3. Distribución de las especies de *Phaseolus* en México.




Figura 4. Número de especies de *Phaseolus* en diferentes tipos de uso de suelo.

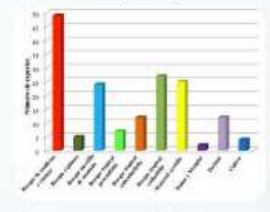


Figura 5. Publicación en la Red Digital Universitaria.


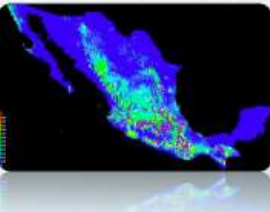


Figura 6. Modelo de *Phaseolus coccineus*.



---

### RESULTADOS

Se han recabado para el Nomenclátor 251 nombres diferentes de *Phaseolus*, de los cuales, 54 son válidos, 161 sinónimos y 16 *Nomen. nov.* Se creó una clave taxonómica de 52 taxa mexicanas del género *Phaseolus*, en donde 31 de éstas son endémicas (Figura 1). Respecto a las 25 colecciones recabadas, se obtuvieron un total de 4,500 registros, los cuales fueron georeferenciados para la elaboración de mapas de distribución puntual. Se realizaron 60 mapas de ocurrencia para validar la distribución de las especies silvestres y cultivadas (Figura 2).

Al analizar la distribución de las especies, se obtuvo que el mayor número de las especies del género *Phaseolus* se distribuye en el Occidente de México, siendo Orizaba, Jaqué y Coahuila, los estados con mayor diversidad. Los estados con menor número de especies son aquellos de la Península de Yucatán, Tabasco y Tlaxcala (Figura 3). La mayoría de las especies (49 de ellas), crece en ambientes templados a fríos, así como a semibújidos y 10 de éstas, son exófitas de los desmontados en conjunto como bosques de coníferas y eucalipto. En los bosques mesófilos de montaña, habitan 24 especies de árboles silvestres. En los bosques tropicales caducifolios crecen 27 especies y 25 en ambientes xerófitos (Figura 4 y 5).

De los datos de presencia se de campo y validación del modelo de nicho ecológico de las ocho especies cultivadas. Por lo pronto se evaluó el modelo de nicho ecológico de los registros silvestres de *Phaseolus coccineus* en la donde se utilizó 168 registros como datos de entrenamiento y 56 para la validación (25%). Para los cultivos 66 datos de entrenamiento y 22 para validarlo. Se obtuvieron valores de AUC de 0.88 y 0.86, respectivamente (Figura 6).

### CONCLUSIONES

El Nomenclátor del género *Phaseolus*, creado con la ayuda de nombres válidos (54) con sus sinónimos (161), correspondientes. El Nomenclátor está en proceso de revisión para su publicación. Los resultados obtenidos, de forma preliminar sobre la distribución de las especies del género *Phaseolus*, permitieron obtener la distribución de cada especie, sus limitaciones altitudinales y tipos de vegetación. Los modelos ahora obtenidos para *Phaseolus coccineus* se espera que permitan conocer las condiciones de Baja California. Los resultados hasta ahora mostrados, indican que el mayor número de especies crece en los bosques de coníferas y eucalipto, seguido del bosque tropical caducifolios.

---

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Delgado-Salinas, A. 1985. *Synonymy of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North and Central America*. Ph. D. Thesis. UNAM, Ciudad de México, México, 120 p.

Delgado-Salinas, A., J. Gama-López, E. Martínez Meyer, J. Acosta Gallegos. 2002. *Inventory, distribution, and biology of the genus Phaseolus (Leguminosae) in Mexico*. Ph.D. Thesis. UNAM, Ciudad de México, México, 250 p.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Delgado-Salinas, A. 1985. *Synonymy of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North and Central America*. Ph. D. Thesis. UNAM, Ciudad de México, México, 120 p.

Delgado-Salinas, A., J. Gama-López, E. Martínez Meyer, J. Acosta Gallegos. 2002. *Inventory, distribution, and biology of the genus Phaseolus (Leguminosae) in Mexico*. Ph.D. Thesis. UNAM, Ciudad de México, México, 250 p.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.

Marshall, L., J. Freytag, E. Debortoli. 2002. *Phylogeny and biogeography of the genus Phaseolus (Leguminosae) in North America, Mexico and Central America*. Syst. Bot. 51: 25-34.





**XX CONGRESO  
Mexicano de Botánica  
1941-2016  
4-9 de Septiembre 2016**



Ciudad de México, a 13 de Septiembre de 2016

*A quien corresponda:*

Por este medio hago constar que el trabajo de Alfonso Delgado Salinas, Susana Gama López, Enrique Martínez Meyer y Jorge A. Acosta Gallegos titulado "Taxonomía y distribución del género *Phaseolus* en México", fue presentado en la modalidad de Cartel dentro del marco del XX Congreso Mexicano de Botánico, celebrado del 4-9 de septiembre de 2016, en la Ciudad de México, México.

*Atentamente*

*Dr. Guillermo Ibarra Manríquez*

*Presidente de la Sociedad Botánica de México*

*Dra. Hilda Flores Olvera*

*Presidente del XX Congreso Mexicano de Botánica*

**CELEBRANDO LOS 75 AÑOS DE LA SOCIEDAD BOTÁNICA DE MÉXICO**

