



Salvaguardar los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos

Síntesis ejecutiva



Equipo de trabajo en El Salvador

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL

“ENRIQUE ÁLVAREZ CÓRDOVA” (CENTA)

Linden Lissette Arias

Aura Jazmín Morales de Borja

Mario Parada Jaco

JARDÍN BOTÁNICO PLAN DE LA LAGUNA

Pablo Olmedo Galán

Dagoberto Rodríguez del Cid

MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE EL SALVADOR

José Gabriel Cerén López

Jenny E. Menjívar

Equipo de trabajo en Guatemala

CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (CONAP)

César Azurdia

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS (ICTA)

Delmy Sayury Castillo Crisóstomo

María de los Ángeles Mérida Guzmán

Juan Josué Santos Pérez

Equipo de trabajo en Honduras

DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, SECRETARÍA

DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE (DIBIO-MIAMBIENTE)

Marlé Aguilar Ponce

Francisco Aceituno

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE HONDURAS

Lilian Ferruno Acosta

Iris Rodríguez Salgado

Equipo de trabajo en México

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO

Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)

Francisca Acevedo Gasman

Jesús Alarcón Guerrero

Angela P. Cuervo-Robayo

Cuauhtémoc Enríquez García

Emma Gómez Ruiz

Patricia Koleff Osorio

Alicia Mastretta Yanes

Oswaldo Oliveros Galindo

María Andrea Orjuela Restrepo

Daniel Ortiz Santamaría

Wolke Tobón Niedfeldt

Esmeralda Urquiza Haas

Tania Urquiza Haas

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,

AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP)

Aremi Contreras Toledo

Fernando de la Torre Sánchez

Martín Quintana Camargo

Equipo de trabajo en el Reino Unido

UNIVERSIDAD DE BIRMINGHAM

Shelagh Kell

Nigel Maxted

Equipo de trabajo en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Bárbara Goettsch

Pía María Hernández

Megan Jefferson

Richard Jenkins

Adalberto Padilla

Revisores

Daniel Piñero

Lucía Ruiz Bustos

José Sarukhán

Diseño

Rosalba Becerra

Cuidado de la edición

Antonio Bolívar

Ilustraciones de portada

Adriana Iwasaki Otake

Héctor Tobón y Hernández

Agradecimientos

A la Iniciativa Darwin del gobierno del Reino Unido que otorgó los recursos para la realización del proyecto “Safeguarding Mesoamerican Crop Wild Relatives” (número de proyecto 23-007). A todos los especialistas que a lo largo de muchos años han colaborado documentando la biodiversidad de Mesoamérica. En México, nuestro profundo agradecimiento a quienes han colaborado con la CONABIO. A los agricultores tradicionales que mantienen vivos los procesos de domesticación y evolución a partir de la diversidad genética contenida en los parientes silvestres y en las formas cultivadas.

Forma sugerida de citar:

CONABIO, INIFAP, ICTA, CENTA, DIBIO-MIAMBIENTE, Universidad de Birmingham y UICN. 2019. *Salvaguardar los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos: Síntesis ejecutiva*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, México.

Mesoamérica alberga una diversidad cultural y biológica excepcional que incluye a los ancestros o parientes silvestres de cultivos de gran importancia en el mundo, y en particular para la soberanía alimentaria de la región. Se requieren estrategias para su conservación y manejo sustentable, con la participación de actores de diversos sectores y disciplinas, pero especialmente de las comunidades que mantienen los procesos de domesticación y que dependen de manera directa de la agricultura.

Uno de los centros de origen, domesticación y diversidad genética de cultivos de gran importancia global y regional es Mesoamérica.^{*1,2} La alta heterogeneidad ambiental y cultural, y la dedicación humana que en el pasado y el presente han interactuado con las plantas de su entorno para satisfacer necesidades de alimento, vestido y en rituales, dio origen a cultivos de maíces, frijoles, chiles, cacao, vainillas y algodones, entre muchos otros, como resultado de siglos de observación, prácticas de manejo agrícola y adaptación de cientos de plantas a las diversas condiciones ambientales.³

Debido a la importancia estratégica de los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos, se llevó a cabo un proyecto de cooperación** entre diversas instituciones de la región e internacionales que busca contribuir al conocimiento para salvaguardar su diversidad en el medio silvestre, así como en bancos de germoplasma, considerando los siguientes objetivos:

1 Identificar los parientes silvestres de cultivos de importancia nacional, regional y mundial

Con la información reunida durante décadas por numerosos expertos de distintas instituciones, se identificaron cultivos domesticados en Mesoamérica y aquellas especies, subespecies y variedades cercanamente relacionadas con ellos, es decir, sus parientes silvestres. Se estima que hay de 5 000 a 7 000 plantas que son usadas y manejadas en la región;⁴ con base en distintos criterios agroecológicos y otros –como la disponibilidad de recursos financieros–, se seleccionaron para el proyecto los parientes silvestres de nueve cultivos: aguacates, algodones, calabazas, chiles, frijoles, maíces, papas, tomates verdes y vainillas.

*Son los territorios de pueblos y culturas prehispánicas, con límites que no están claramente definidos, pero que muchos autores consideran que abarca la mitad sureña de México y parte de Centroamérica.

2 Evaluar el riesgo de extinción

Los parientes silvestres de cultivos enfrentan diversas presiones que ponen en riesgo su permanencia: principalmente la degradación y pérdida de hábitats por la intensificación de la agricultura y la pérdida de sistemas agrícolas tradicionales, el avance de la frontera agropecuaria y la expansión de obras de infraestructura y urbanización, así como la introducción de cultivos genéticamente modificados y de especies exóticas invasoras, y el cambio climático. De 225 especies, subespecies y variedades evaluadas conforme a las categorías y los criterios de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza,⁵ 34% están en riesgo de extinción. Esta información es esencial para tener una línea base que permita identificar prioridades en conservación, atender los vacíos de información y medir cambios en el estado de riesgo en el tiempo.

3 Identificar elementos estratégicos para la conservación de los parientes silvestres de cultivos

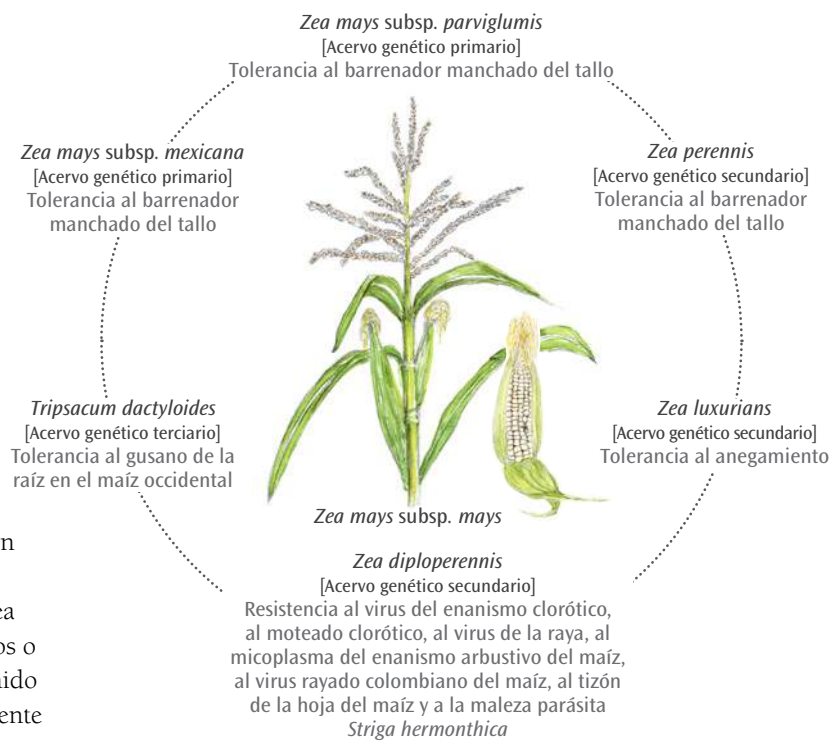
Con el fin de apoyar la implementación de acciones de conservación *in situ* se identificaron áreas de importancia para que, de manera eficiente, se puedan guiar acciones para salvaguardar la diversidad genética de los parientes silvestres de los cultivos seleccionados, con base en un novedoso enfoque de planeación sistemática para la conservación. En estas áreas se concentra un elevado número de especies y subespecies que están emparentadas con los cultivos –en particular aquellas que están en riesgo de extinción– y están representadas distintas poblaciones que han evolucionado en diversos ambientes en los que se distribuyen de manera natural. Contar con esta guía es fundamental en la gestión territorial, ya que integra los análisis de grandes volúmenes de información de forma clara, que ayuda a orientar recursos para realizar acciones de conservación, recuperación y manejo sustentable.

Para fortalecer la conservación *ex situ* de los parientes silvestres de cultivos se establecieron rutas de recolecta para aquellos seleccionados en el proyecto. Se recolectaron 241 muestras (ejemplares de herbario y accesiones de semillas) durante la temporada de fructificación de las plantas, en regiones que fueron identificadas por la mayor concentración de especies.

Entre los elementos para el diseño de estrategias de conservación para los parientes silvestres de cultivos, este proyecto destaca la necesidad de continuar fortaleciendo las capacidades de los países de Mesoamérica para reducir los vacíos de conocimiento, y que este sea la base para diseñar acciones de manejo sustentable y conservación, con la participación de actores de diversos sectores y disciplinas, pero especialmente de las comunidades que mantienen los procesos de domesticación.

** En el proyecto “Safeguarding Mesoamerican Crop Wild Relatives” participaron El Salvador, Guatemala, Honduras (solo en la primera etapa), México y el Reino Unido, y se llevó a cabo entre agosto de 2016 y julio de 2019.

Hace más de 9 000 años los pobladores de Mesoamérica ya usaban las calabazas, y desde hace 6 000 años cultivaban el maíz. Además, diversas plantas, como algunos chiles, se han mantenido en condiciones silvestres y de cultivo. Al conjunto de plantas en las que la selección humana o su domesticación ha alterado sus características biológicas, abundancia y distribución, se le conoce como biodiversidad humanizada.



Rasgos adaptativos de algunos parientes silvestres del maíz para su uso potencial para el mejoramiento.¹⁰

Los procesos de domesticación de las plantas se iniciaron hace miles de años, con la selección o preferencia de las poblaciones humanas de unas plantas sobre otras —ya sea porque eran más digeribles, de mejor sabor o daban frutos o semillas más grandes, más dulces o con un mayor contenido de energía— las cuales fueron recolectando y posteriormente sembrando para cosecharlas. Este proceso de selección produjo en las plantas cultivadas cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos respecto a sus ancestros silvestres.⁶ Los procesos de domesticación no sólo ocurrieron en el pasado, sino que continúan sucediendo en la actualidad en áreas en las que las poblaciones humanas y sus cultivos interactúan con otras especies de plantas, algunas de las cuales toleran, promueven o eliminan. Esta interacción genera un paisaje en el que las plantas muestran un “gradiente de domesticación”, es decir, un gradiente continuo entre especies domesticadas y silvestres recolectadas,⁷ en tanto que la cultura y el manejo agrícola campesino han sido los principales motores de la diversidad genética de los cultivos en este proceso.⁸

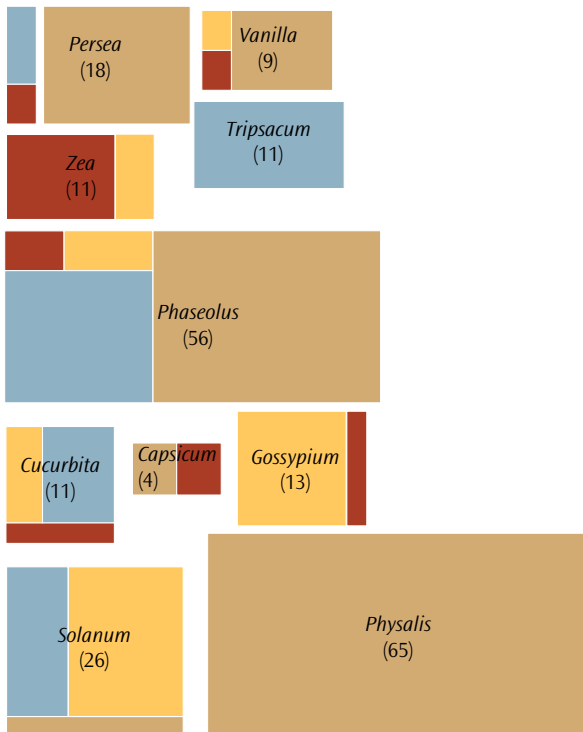
Dado que las plantas que viven en condiciones naturales continúan evolucionando para adaptarse a sus entornos, la diversidad genética de los parientes silvestres les confiere características que las hacen resistentes a los climas extremos, a suelos pobres en nutrientes o altos en sales, y a diferentes enfermedades, parásitos y plagas, entre otros. Estas características pueden transferirse a los cultivos, por lo que son una pieza clave para mejorar la agricultura del futuro. Entre los cultivos que con mayor frecuencia han sido mejorados por la transferencia de rasgos adaptativos de sus parientes silvestres están los siguientes: girasol, trigo, maíz, papa, cacahuete, manzana, arroz, avena, chícharos o arvejas, pera y jitomate. Los principales atributos adaptativos que han sido usados para el mejoramiento de variedades comerciales de cultivos incluyen la resistencia a diversos tipos de estrés, bióticos y abióticos, el mejoramiento de algún rasgo agronómico (p. ej., tamaño de la semilla, rendimiento), de calidad (p. ej., contenido nutricional), o de ciertos rasgos morfológicos y fenológicos.⁹ Por ejemplo, *Solanum demissum* —un pariente silvestre de la papa que se

distribuye desde el norte de México hasta Guatemala— se usó para conferir resistencia al tizón tardío,^{11,12,13} una enfermedad de la papa que causó una hambruna severa en Irlanda en la década de 1840 y el incremento de la agitación social en toda Europa.¹⁴ Cuatro especies de calabazas (*Cucurbita*), tres de algodones (*Gossypium*), una de aguacate (*Persea*), seis de frijoles (*Phaseolus*), trece de papas (*Solanum*), tres de vainillas (*Vanilla*) y tres de maíces (*Zea*) consideradas en este proyecto, ya se han usado —o tienen el potencial de usarse— en el mejoramiento de sus contrapartes cultivadas para conferirles resistencia a diversas plagas y enfermedades, y tolerancia a climas extremos.¹⁵

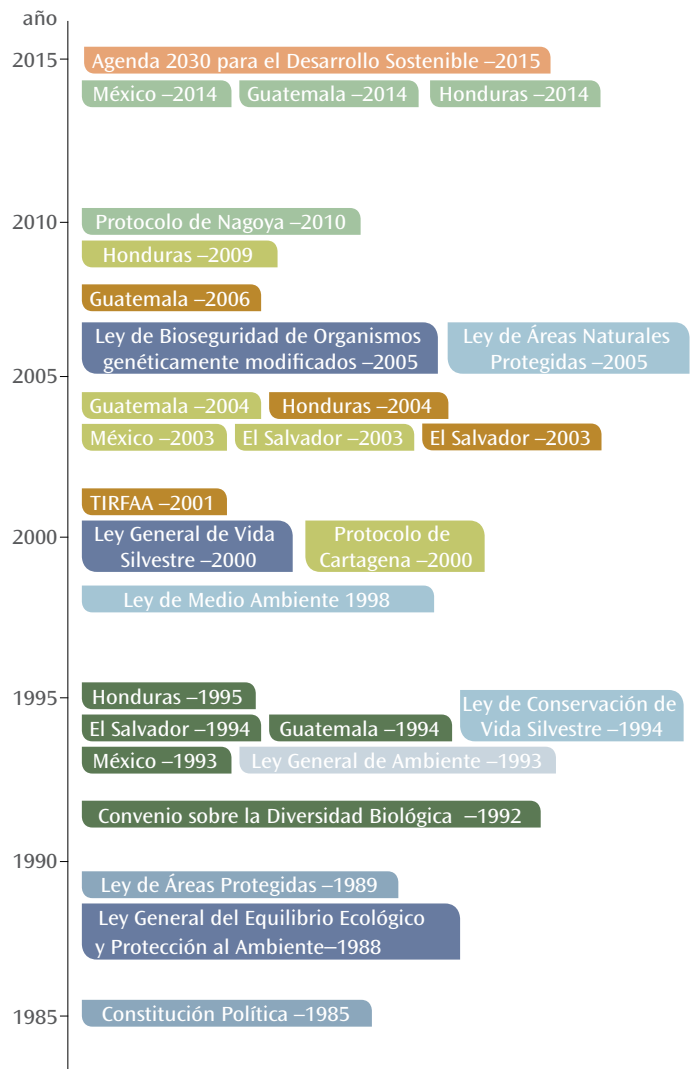
Los parientes silvestres incluyen tanto las especies a partir de las cuales se domesticaron nuestros cultivos actuales, como las que tienen algún grado de relación genética con ellos. En 1971 Harlan y de Wet¹⁶ propusieron un sistema para clasificar los parientes silvestres de los cultivos en función de la facilidad con la que estos pueden intercambiar genes con sus parientes cultivados. El acervo genético primario incluye organismos de la misma especie pero que permanecen en estado silvestre, con las cuales pueden entrecruzarse y producir descendencia fértil. El acervo genético secundario de una especie incluye aquellas otras especies cercanamente emparentadas y que pueden en ocasiones entrecruzarse naturalmente, pero no producen una descendencia fértil estable a menos que haya intervención humana. El acervo genético terciario

Los parientes silvestres representan un acervo o fuente de genes para los cultivos de los cuales dependemos en nuestra vida diaria, ya que son plantas que tienen una relación genética cercana con dichos cultivos. El acervo genético de una especie es una reserva de diversidad que pueden aprovechar los organismos para adaptarse al entorno cambiante.

incluye especies más distantes que no pueden entrecruzarse naturalmente y cuyas características son sólo posibles de introducir por medio de técnicas modernas de reproducción asistida, entre otras. Existen aún muchos vacíos de información; en particular, los datos sobre los acervos no están disponibles para el género *Physalis* (tomates verdes), son incompletos para la mayoría de los parientes silvestres de *Vanilla* (vainillas), *Persea* (aguacates) y *Phaseolus* (frijoles), así como para cerca de la mitad de las especies y subespecies de *Capsicum* (chiles). En ausencia de esta información, se ha propuesto usar el concepto de grupo taxonómico para estimar el grado de parentesco y la posibilidad de entrecruzamiento.¹⁷



Porcentaje de especies y subespecies con información sobre su acervo genético.



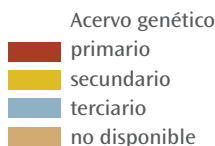
Convenios internacionales

- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)
- Protocolo de Cartagena
- Protocolo de Nagoya
- Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA)
- Organización de las Naciones Unidas

Legislación nacional

- El Salvador
- Guatemala
- Honduras
- México

Algunos de los principales convenios internacionales y legislación nacional relacionados con los parientes silvestres de cultivos.



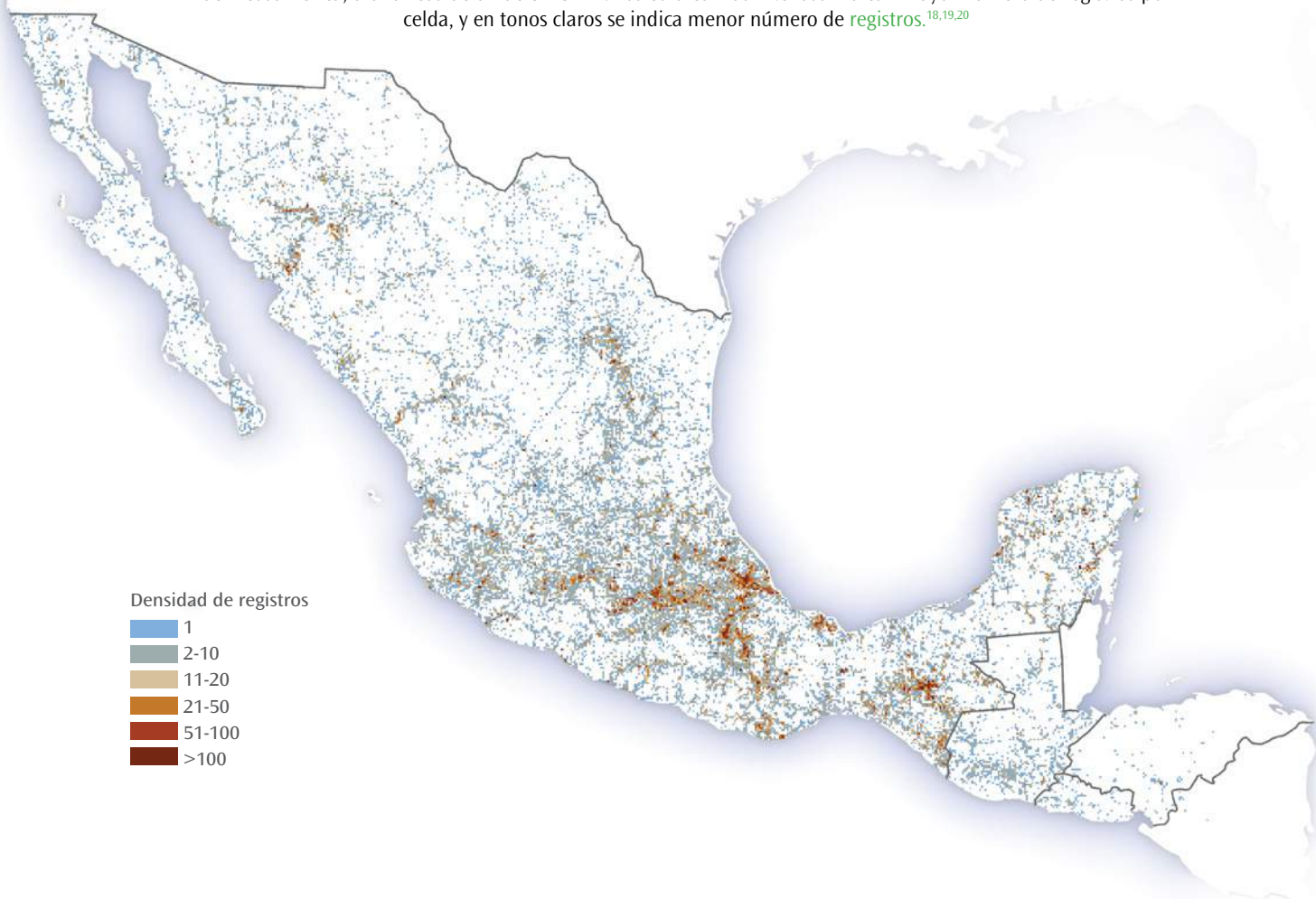
El conocimiento sobre los parientes silvestres de los cultivos mesoamericanos es aún incompleto en diversos aspectos; no obstante, se cuenta con una base sólida de información, producto del esfuerzo de numerosas instituciones, herbarios y especialistas en la región, que permite avanzar en las evaluaciones necesarias para atender los vacíos, no postergar su conservación y difundir el conocimiento con el que se cuenta.

Un paso clave en el desarrollo del proyecto fue la recopilación de datos biológicos sobre los parientes silvestres de cultivos. Con base en la lista inicial de 92 géneros se compiló una base de datos que integra cerca de 200 000 registros de presencia de casi 3 000 especies y subespecies, que nos permite conocer los patrones de su registro y distribución.

Las áreas con mayor riqueza de especies coinciden con las de mayor número de registros, y se localizan en la parte central de México: cuenca de México, alrededores de Jalapa, región de Los Tuxtlas, Veracruz, y valle de Tehuacán-Cuicatlán, así como alrededor de San Cristóbal de Las Casas en Chiapas, al sur del país. En contraste, existen grandes vacíos de conocimiento en los cuatro países, que son más evidentes en varias regiones, por ejemplo, el norte de México, el norte Guatemala, así como en El Salvador y Honduras. A partir de las recolectas realizadas se integraron 241 registros nuevos.

Los datos georreferenciados de los registros de presencia de las especies y subespecies son los insumos principales para desarrollar modelos de distribución potencial. Para este proyecto se elaboraron 119 modelos de los parientes silvestres de cultivos de los 10 géneros seleccionados, que contaban con un mínimo de 20 puntos georreferenciados y los cuales fueron revisados por los expertos con el fin de elegir los que representarían mejor su presencia en cada país. Los modelos se utilizaron para proponer escenarios de conservación *in situ* y para guiar los sitios probables de recolecta.

Registros georreferenciados de 92 géneros de 45 familias en los que se incluyen los parientes silvestres de cultivos de Mesoamérica, a una resolución de 5×5 km. Los colores más intensos indican mayor número de registros por celda, y en tonos claros se indica menor número de registros.^{18,19,20}

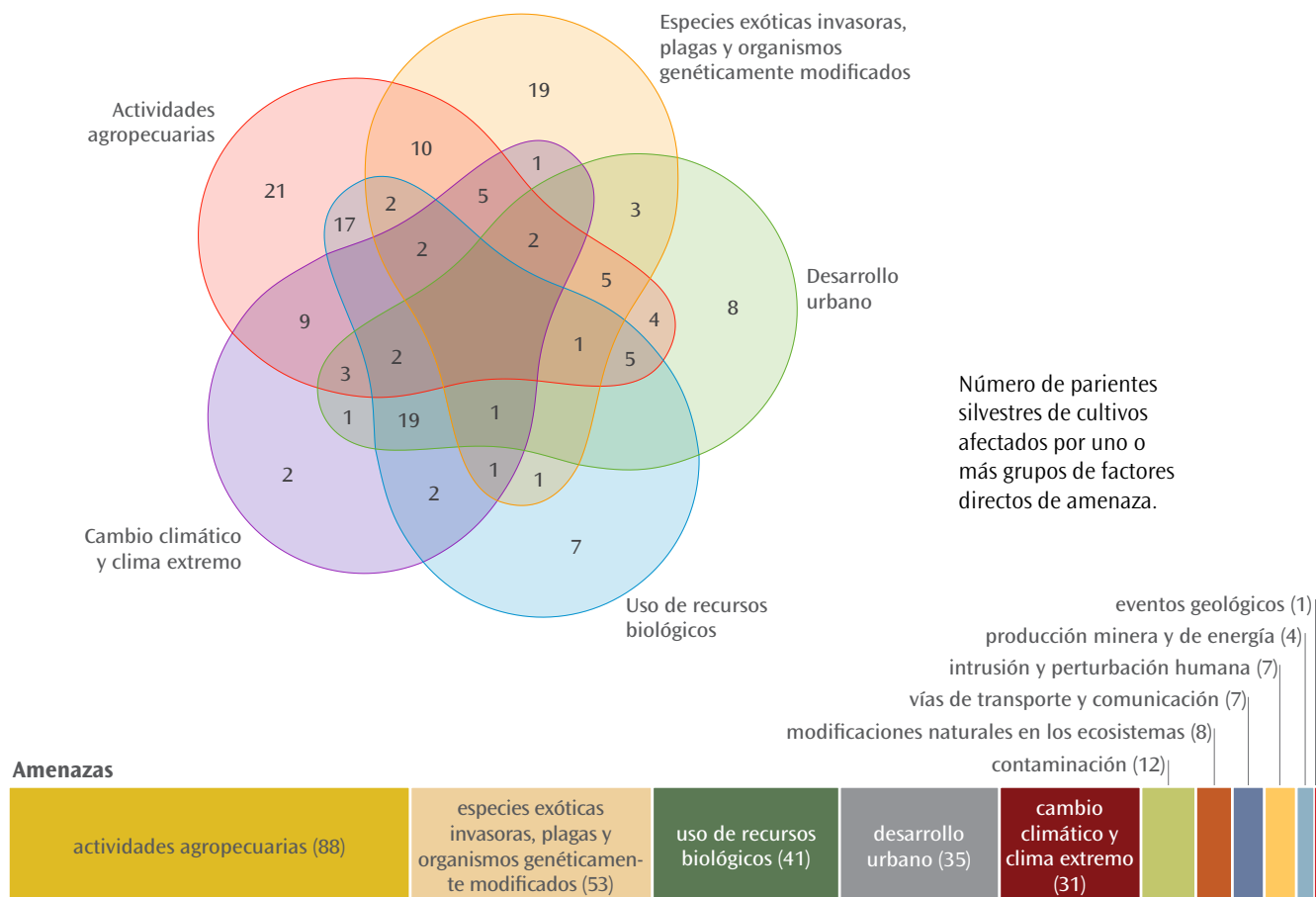


Los gobiernos de los países de Mesoamérica tienen la gran responsabilidad con sus sociedades y ante el mundo de ayudar a prevenir la erosión genética y la extinción de los parientes silvestres de los cultivos de los que son centro de origen y de diversidad genética. Uno de los aspectos centrales es conocer su estado de conservación y los factores de cambio directos e indirectos que ponen en riesgo su permanencia.

Uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad es lograr una producción agrícola suficiente para satisfacer el consumo básico de una creciente población.²¹ El reto es aun de mayor envergadura si se considera que a su vez es necesario mantener la biodiversidad y otros servicios ambientales que son imprescindibles para el bienestar social. Mesoamérica experimenta altas tasas de crecimiento poblacional y de pérdida y transformación de sus ecosistemas naturales. Es paradójico que estos cambios en los ecosistemas no hayan tenido un beneficio local

directo, sino que se han dado para satisfacer demandas del mercado global que han llevado a un incremento en la industrialización agrícola, con la consecuente pérdida de los sistemas agrícolas tradicionales diversificados. Las estrategias para resolver este reto determinarán en gran medida el grado de conservación de la diversidad biológica de Mesoamérica y el bienestar de sus habitantes.^{22,23}

Los principales factores directos de amenaza son la pérdida y degradación de hábitats –que en consecuencia ponen en riesgo de extinción a numerosos parientes silvestres de cultivos– por la expansión de cultivos anuales y perennes, la ganadería y la infraestructura (desarrollo urbano y carreteras), así como plagas nativas, la introducción de especies exóticas invasoras y la posibilidad del flujo génico con organismos genéticamente modificados y la introgresión de dichos genes. El impacto de cada uno de esos procesos o factores directos puede ser independiente, aunque en muchos casos los factores de cambio no operan de manera aislada, y pueden exacerbar el efecto de cada uno de ellos, es decir, interactuar en sinergia y de manera compleja entre factores naturales y antropogénicos.²⁴ El cambio climático y el clima extremo representan también factores de presión para los parientes silvestres de cultivos, que además se ven afectados por otros, especialmente en la interacción con el impacto de las actividades agropecuarias.



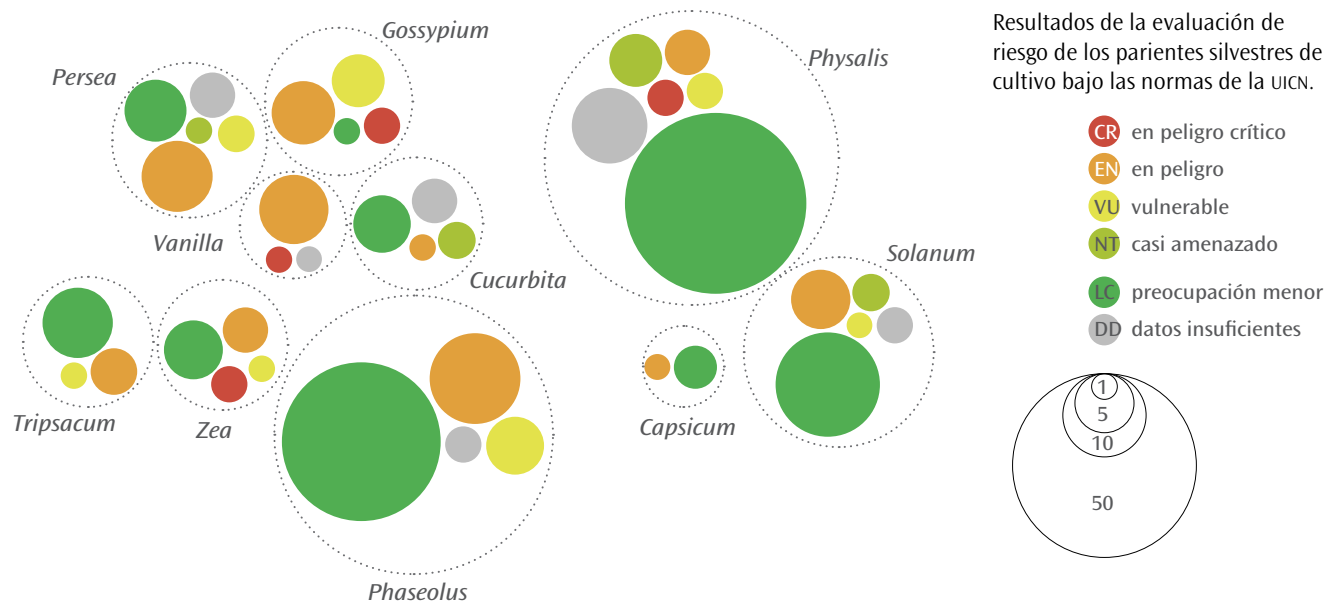
Evaluar el estado de conservación de las especies es fundamental para enfocar esfuerzos en aquellas cuya permanencia está en riesgo. La colaboración entre instituciones de la sociedad civil, académicas y de gobierno, así como el conocimiento acumulado aportado por especialistas de los países de la región, es clave para evaluar el estado de riesgo de extinción de los parientes silvestres de cultivos.

La evaluación del estado de riesgo de extinción de parientes silvestres de cultivos* se basó en un método sistemático con lineamientos y estándares que utiliza información sobre las especies y subespecies, su distribución, los cambios en la misma debidos principalmente a los factores directos de amenaza que enfrentan –como el deterioro de su hábitat o su sobreexplotación–, así como datos sobre sus tendencias poblacionales, sus usos y las acciones de conservación que se han llevado a cabo para protegerlas, en particular en sus hábitats.

En total, 34% de las especies y subespecies evaluadas se asignaron a una categoría de riesgo de extinción (CR, EN o VU).

* Para evaluar el riesgo de extinción de 225 parientes silvestres de cultivos, se organizó un taller regional en el que participaron 25 especialistas de diferentes instituciones y que contó con el apoyo de facilitadores de la UICN y del personal de las instituciones involucradas en el proyecto.

Las 11 especies de los géneros *Acrocomia*, *Chamaedorea*, *Cyclanthera*, *Fernaldia*, *Pachyrhizus*, *Passiflora* y *Rubus* para las que se evaluó el riesgo de extinción, no se incluyeron en el análisis debido a que no son todas las especies conocidas de estos géneros con distribución en Mesoamérica.



Número de parientes silvestres de cultivos evaluados que están afectados por diversos factores directos de amenaza en el pasado y el presente, y que se estima afectarán en el futuro (página izquierda) y asociados con factores de estrés, resultado de las amenazas directas (abajo). Cada pariente silvestre de cultivo puede estar en más de una categoría.



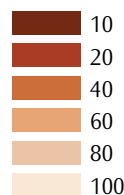
En todos los países de Mesoamérica debe asegurarse la conservación de los procesos evolutivos que mantienen la diversidad genética de las plantas que son parientes silvestres de cultivos; la alta heterogeneidad de la región es un indicador de distintas condiciones a las que se han adaptado, lo que brinda oportunidades ante el cambio global.

Identificar las áreas que concentran un elevado número de especies y subespecies, y de aquellas en riesgo o de distribución restringida, ayuda a orientar de manera más eficiente las acciones para la conservación de los parientes silvestres de cultivos en cada contexto socioecológico, político y cultural.

En México se han identificado áreas de gran importancia en siete regiones del país que presentan condiciones ambientales y socioculturales diferentes: en la península de Baja California, la ecorregión de California mediterránea destaca por sus condiciones ambientales particulares [1]; en la zona árida y semiárida del noroeste, se distinguen los pastizales de Sonora y el territorio yaqui [2]; otra área relevante se localiza al sur de la Sierra Madre Occidental [3]; con al menos 120 especies registradas, es vital la conservación y el manejo sustentable de las sierras templadas del Eje Neovolcánico Transversal [4]; también presentan altos valores en riqueza de especies la región desde el centro de Veracruz hasta el sur de Oaxaca, que incluye el valle de Tehuacán-Cuicatlán [5]; y la región de los Chimalapas [6]; para conservar los parientes silvestres de aguacates y vainillas, es importante mantener en buen estado de conservación los bosques mesófilos de montaña o nubosos y las selvas tropicales del sur [7].



Superficie del país (% acumulado)



Indicadores de la diversidad genética

Uno de los mayores retos para los análisis espaciales es la escasez de datos que permitan reflejar las diferencias genéticas entre las poblaciones de parientes silvestres de los cultivos. Para México se desarrolló un enfoque novedoso para representar la diversidad genética a partir de indicadores o “proxis” usando los siguientes criterios: 1] variabilidad ambiental, según el clima,²⁵ suelo²⁶ y variables topográficas;²⁷ 2] diferenciación histórica, como lo muestran los patrones filogeográficos encontrados en otras especies del mismo hábitat y región; por ejemplo, en el Istmo de Tehuantepec y entre las principales formaciones montañosas del país.^{28,29,30,31} La propuesta se evaluó con datos genómicos de un estudio empírico de parientes silvestres de maíz que se distribuyen en el país.³² Los proxis de diversidad genética reflejan patrones biogeográficos generales, y se pueden utilizar para estimar la variación genética asociada a la variación climática reciente y cambios geológicos.

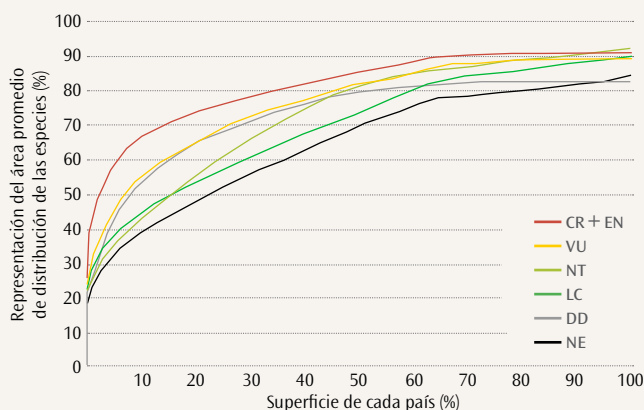
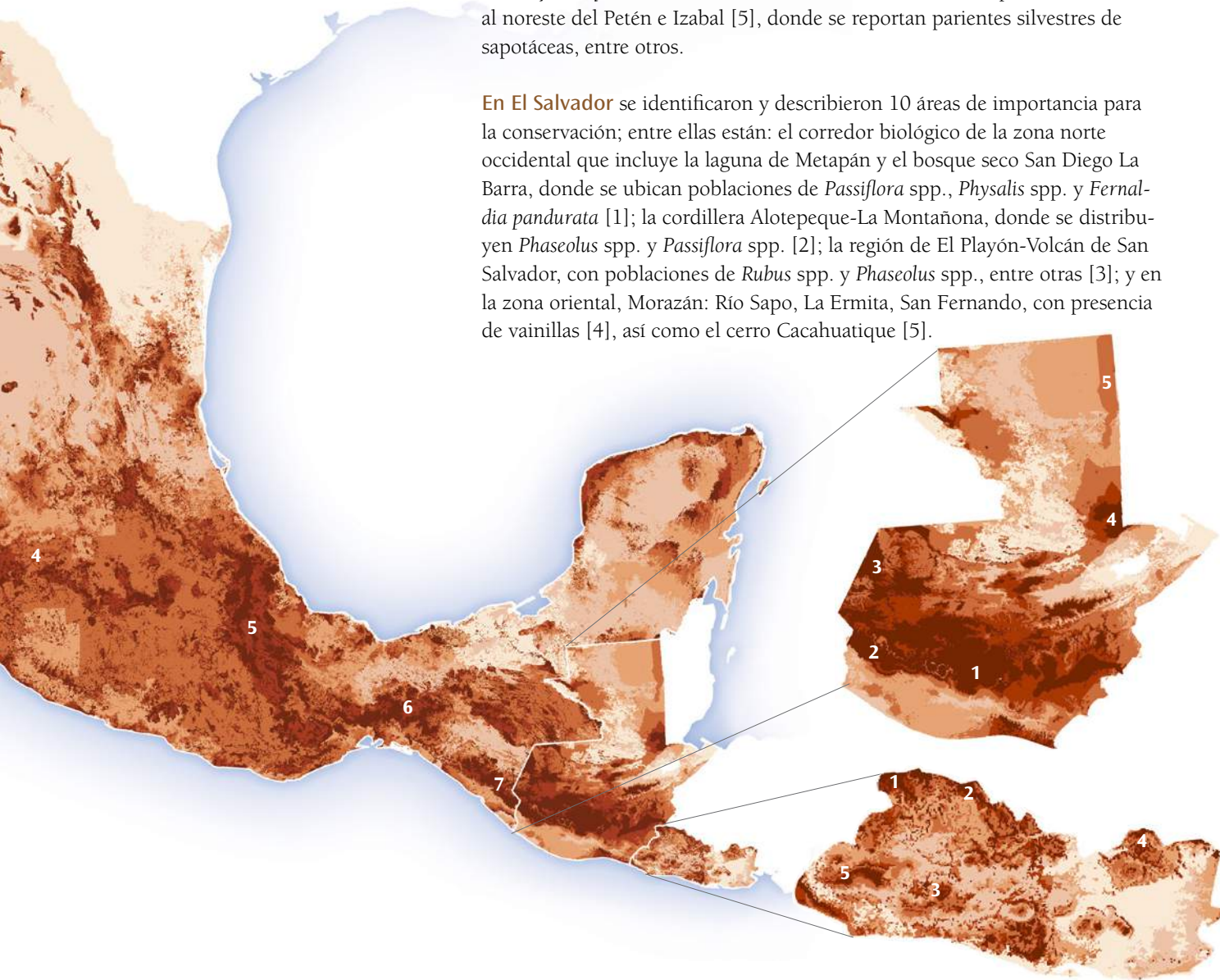
Principales pasos para identificar áreas de importancia para la conservación (con un enfoque de planeación sistemática para la conservación)

Los expertos discutieron y validaron los productos de cada paso

- 1. Compilación, revisión y limpieza de datos
- 2. Elaboración de modelos de distribución potencial
- 3. Desarrollo de insumos adicionales
- 4. Análisis espacial multicriterio por país

En Guatemala resaltan por su número de especies y riqueza cultural: las tierras altas de la cadena volcánica que atraviesa el país [1]; la región de San Marcos y Quetzaltenango [2]; la región de Huehuetenango, así como el bosque nuboso de las Verapaces y del Quiché [3]; la zona sureste del Petén, Izabal y Chiquimula [4]; además, existen otras zonas de importancia ubicadas al noreste del Petén e Izabal [5], donde se reportan parientes silvestres de sapotáceas, entre otros.

En El Salvador se identificaron y describieron 10 áreas de importancia para la conservación; entre ellas están: el corredor biológico de la zona norte occidental que incluye la laguna de Metapán y el bosque seco San Diego La Barra, donde se ubican poblaciones de *Passiflora* spp., *Physalis* spp. y *Fernaldia pandurata* [1]; la cordillera Alotepeque-La Montañona, donde se distribuyen *Phaseolus* spp. y *Passiflora* spp. [2]; la región de El Playón-Volcán de San Salvador, con poblaciones de *Rubus* spp. y *Phaseolus* spp., entre otras [3]; y en la zona oriental, Morazán: Río Sapo, La Ermita, San Fernando, con presencia de vainillas [4], así como el cerro Cacahuatique [5].



Representación del área de distribución promedio de las especies (curvas conforme a su categoría de la UICN) en la propuesta de sitios de importancia para la conservación. Se observa que en 20% de cada país se puede cubrir hasta 74% de la distribución de las especies en mayor riesgo de extinción (los valores varían para cada país). Para alcanzar una representación de 40% del área de distribución potencial de cada especie –el área estimada para mantener poblaciones viables varía según la especie³³– se requiere proteger al menos 60% de El Salvador, 80% de Guatemala y prácticamente todo México, debido a la pérdida, fragmentación y degradación de sus hábitats, lo que destaca la importancia de restaurar **ecosistemas**³⁴ y de promover la reconversión productiva de actividades agropecuarias intensivas a prácticas **sustentables**.^{35,36}

CR = en peligro crítico, EN = en peligro, VU = vulnerable, NT = casi amenazada, LC = preocupación menor, DD = datos insuficientes, NE = no evaluada.

Es esencial fortalecer las capacidades de los bancos de germoplasma nacionales y regionales para que cuenten con material genético representativo de las distintas poblaciones de los parientes silvestres de cultivos, lo cual brinda opciones de potencial adaptativo ante las condiciones cambiantes, que contribuyen a la soberanía alimentaria de los países de Mesoamérica. Se ha iniciado la recolecta de material vegetal de parientes silvestres de cultivos, un esfuerzo que deberá ser constante ante la magnitud de su diversidad genética y biológica, y dada la importancia que tienen estas especies para la región y el mundo.

Mejorar la representación de parientes silvestres de cultivos mesoamericanos en los bancos de germoplasma de la región es un objetivo que debe perseguirse, dada la relevancia de estas plantas para la humanidad y porque actualmente su representación en estos es escasa, por lo que la recolecta de material realizada en el marco de este proyecto es de gran importancia para el resguardo de estas especies y subespecies.

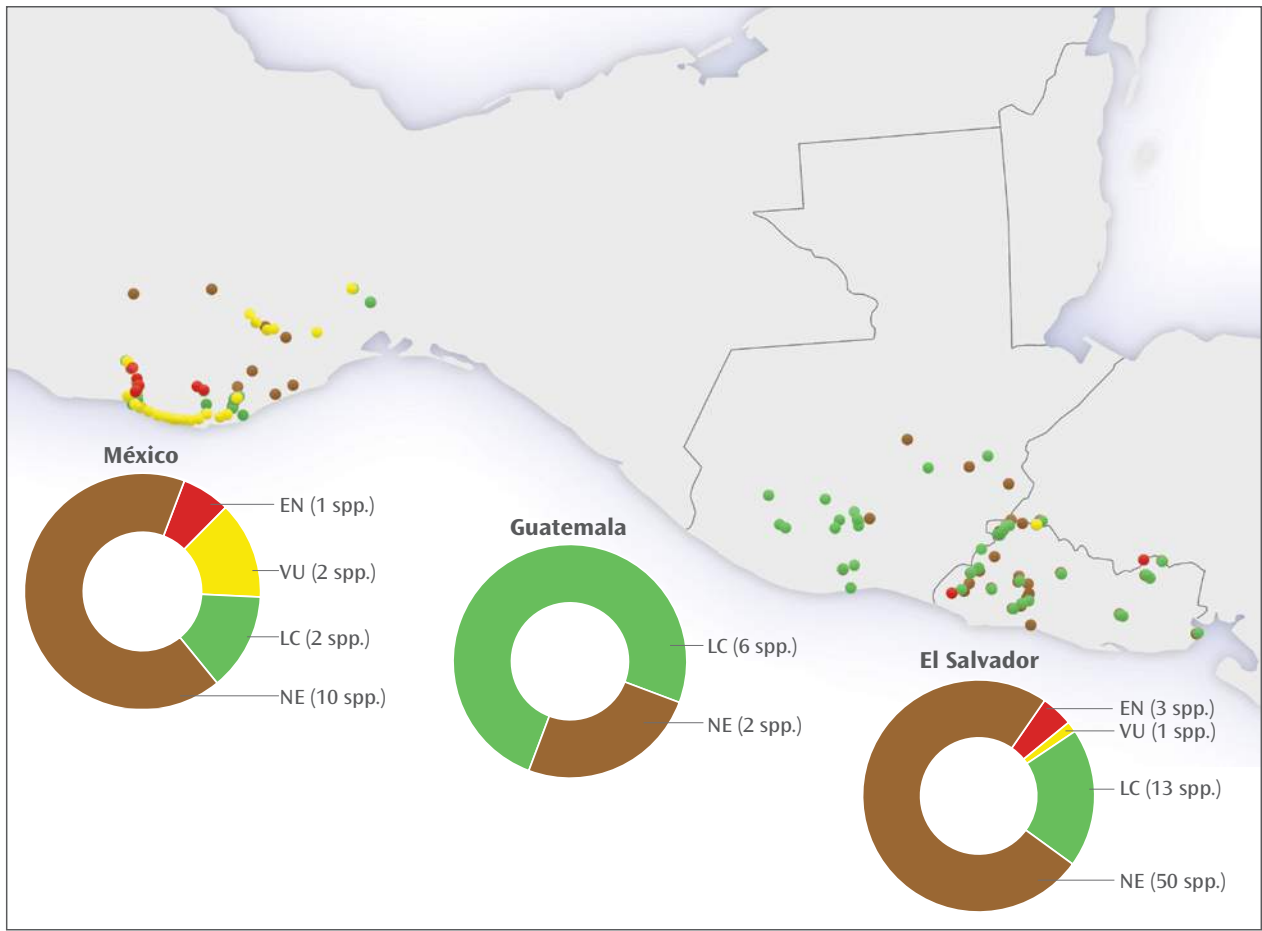
Para hacer un uso eficiente de los limitados recursos disponibles, en cada país se eligió un conjunto de sitios con base en el número y la diversidad de parientes silvestres de cultivos conocida y estimada, el gradiente ambiental y las características ecológicas distintivas en el área, la seguridad y la facilidad para su acceso, así como la probabilidad de encontrarlos. La información sobre la fenología de las plantas de interés permitió planear las salidas a campo en los periodos de floración y fructificación, para tener material de herbario y accesiones de semillas.

En total se recolectaron 241 muestras (los ejemplares serán resguardados en herbarios y las accesiones de semillas en bancos de germoplasma), de 81 especies y 33 géneros, de los cuales 123 ejemplares corresponden a los géneros considerados en el proyecto (se indica el número de especies y subespecies a los que corresponden): *Capsicum* (2), *Cucurbita* (1), *Gossypium* (3), *Phaseolus* (9), *Physalis* (2), *Persea* (1), *Vanilla* (3) y *Zea* (1). El proyecto contribuyó con 49 nuevas accesiones de especies y subespecies que no estaban registradas en los bancos de germoplasma de la región; las accesiones de *Phaseolus* y *Zea* están enumeradas en el Anexo 1 del TIRFAA.

Además, se recolectaron muestras de 51 especies de otros 26 géneros, por ejemplo, pasionaria (*Passiflora* spp.), papaya (*Carica* spp.), chayote (*Sechium* spp.), arroz (*Oriza* spp.), amaranto (*Amaranthus* spp.) y zarzamora (*Rubus* spp.), que aún no han sido evaluadas con las normas de la UICN, pero son también una importante contribución para los centros de germoplasma y para incrementar el conocimiento de la agrobiodiversidad de la región.

Protocolo de Nagoya

Los parientes silvestres de cultivos son una fuente de recursos genéticos que pueden ser utilizados para el mejoramiento de cultivos importantes para la alimentación mundial, y pudieran tener usos que no conocemos. Uno de los marcos normativos existentes en el ámbito mundial para la regulación del acceso y distribución de beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos es el Protocolo de Nagoya. Este fue ratificado por México, Guatemala y Honduras, entre otros, y entró en vigor en 2014. Desde entonces, los países Parte del Protocolo tienen el compromiso de otorgar permisos nacionales de acceso a los recursos genéticos y vigilar que los usuarios, cuando sea el caso, distribuyan los beneficios que se obtengan de su utilización, entendiendo por “utilización de recursos genéticos” la realización de actividades de investigación y desarrollo sobre la composición genética o bioquímica de los recursos genéticos, incluyendo la aplicación de biotecnología conforme lo establece el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Estos beneficios deberán de negociarse en condiciones mutuamente acordadas y amparadas por un consentimiento fundamentado previo. Hasta la fecha, México ha otorgado ocho permisos nacionales³⁷ que, puestos a disposición del Centro de Intercambio de Información del Protocolo de Nagoya, constituyen “Certificados internacionalmente reconocidos de cumplimiento”.



Ubicación de los sitios de recolecta de los parientes silvestres de cultivos en El Salvador, Guatemala y México (de noviembre de 2018 a abril de 2019), considerando la categoría de riesgo de las especies y subespecies conforme la UICN. Se indica como “spp.” el número de especies, subespecies y variedades que se recolectaron. Categorías: EN = en peligro, VU = vulnerable, NT = casi amenazado, LC = preocupación menor, NE = no evaluada.

Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, TIRFAA

El segundo marco normativo internacional relacionado con recursos genéticos es el TIRFAA, adoptado durante la Trigésima Primera Sesión de la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el 3 de noviembre de 2001. Sus objetivos son la conservación y la utilización (entendida como uso) sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados, en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria.

Este tratado reconoce la contribución de los agricultores del mundo en la diversidad actual de cultivos y propone un sistema multilateral de acceso y distribución de beneficios bajo condiciones *ex situ* que se aplica, hasta la fecha, a 64 cultivos de importancia mundial, los cuales están enunciados en el Anexo I de dicho documento y representan 80% de los alimentos provenientes de las plantas. El TIRFAA pretende asegurar que los beneficios obtenidos a partir de los recursos fitogenéticos incluidos en el Anexo I sean compartidos y utilizados por agricultores, mejoradores y científicos de forma gratuita para maximizar la utilización y el mejoramiento de los cultivos. El Salvador, Guatemala y Honduras, entre otros países, son Parte de este tratado.

Las estrategias regionales, nacionales o locales para la conservación de los parientes silvestres de cultivos que se desarrollen en los países mesoamericanos deben considerar al menos tres ejes principales para su conformación: conocimiento, conservación y divulgación sobre la importancia de los parientes silvestres.

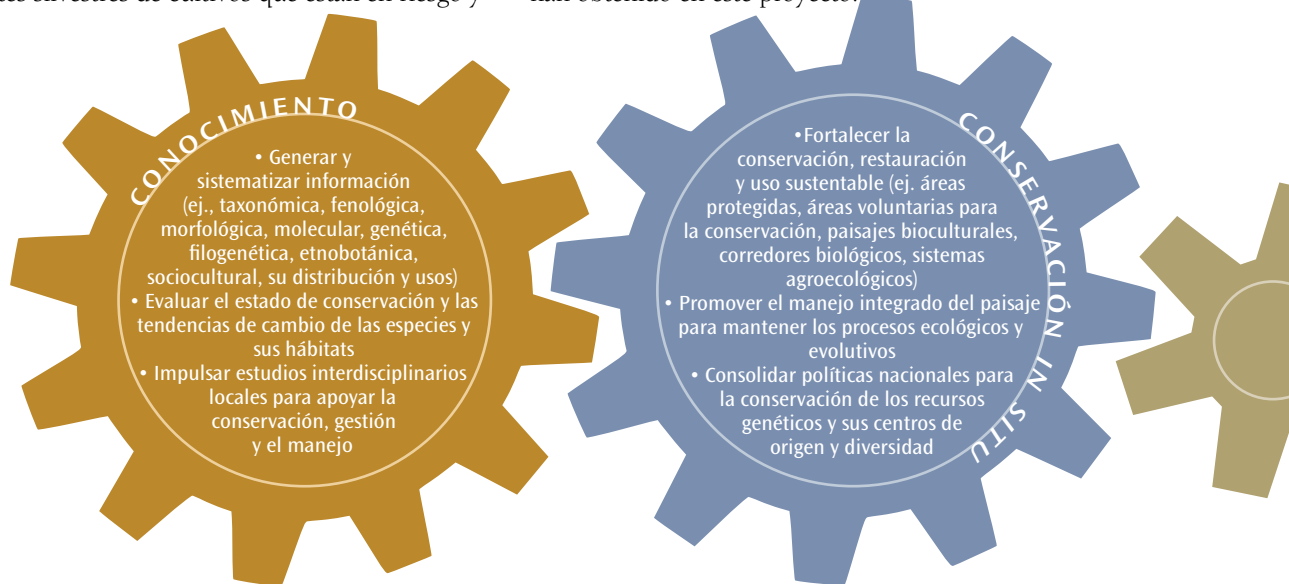
El conocimiento es un eje indispensable para proponer y emprender acciones de conservación *ad hoc* que consideren a la población rural para conservar este patrimonio esencial para el bienestar de la humanidad. En particular, para los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos en este eje, se incluyen aquellas acciones que están encaminadas a identificar y llenar los vacíos de información en lo que respecta a su distribución y diversos aspectos de su biología y ecología, necesidades de conservación, su acervo y diversidad genética y potencial uso para el mejoramiento de cultivos, así como el conocimiento tradicional y actitudes de las comunidades locales hacia estas plantas.

El eje de conservación incluye tanto la conservación *in situ* como *ex situ*; los vacíos en este último aspecto deben buscar el resguardo de la diversidad genética de distintas poblaciones de parientes silvestres de cultivos, en una red de bancos de germoplasma nacionales, complementados por bancos de semillas en instituciones académicas y comunitarios, lo cual demanda un compromiso institucional sólido. Dado que el trabajo requerido para llenar esos vacíos es mayúsculo, se requiere focalizar los esfuerzos de manera sistemática y con criterios claros para alcanzar los objetivos deseados. Por ejemplo, la iniciativa internacional “Adapting Agriculture to Climate Change”³⁸ se concentra en identificar y recolectar aquellos parientes silvestres de cultivos que están en riesgo y

que tienen una alta probabilidad de contener diversidad de valor para adaptar la agricultura al cambio climático.

Para fortalecer la conservación *in situ* se plantea la implementación de diversos instrumentos de regulación y de protección, así como el fomento de acciones que generen un contexto adecuado para su conservación en diversas áreas de su distribución, para lo cual se cuenta por primera vez con una guía espacial en el ámbito nacional que permite focalizar estos y otros esfuerzos para salvaguardar la diversidad genética de los parientes silvestres de cultivos que se originaron o diversificaron en Mesoamérica, en cada uno de los países que participaron en el proyecto. Un contexto favorable para su conservación puede fomentarse con acciones encaminadas a la diversificación de cultivos, al uso de cultivos nativos y de técnicas agroecológicas, así como la inclusión de parientes silvestres de cultivos en “ferias” de semillas y el fomento de la agricultura periurbana, entre otros. A la par, se requiere apoyar formalmente a los pequeños agricultores, indígenas y campesinos que mantienen y fomentan la diversidad genética de los cultivos en sus campos, solares, huertas y plantaciones.

El tercer eje se enfoca en difundir la importancia de los parientes silvestres de aquellos cultivos que usamos para vestirnos y alimentarnos, con el propósito de que los diversos actores de la sociedad los valoren y participen activamente en su conservación. Por ejemplo, la población en general puede hacerlo al incorporar una mayor diversidad de alimentos del campo a su dieta y favorecer los cultivados por pequeños productores, usualmente disponibles en mercados locales; los agricultores pueden optar por el uso de técnicas agroecológicas en vez del uso de agroquímicos que son nocivos para ellos, los consumidores y el ambiente. La información sobre los parientes silvestres de cultivos puede promoverse por medio de guías ilustrativas de estas plantas y sus usos etnobotánicos, en senderos interpretativos en jardines botánicos, la promoción de huertos escolares y parcelas demostrativas, y la generación de productos de comunicación como los que se han obtenido en este proyecto.



El éxito de acciones conjuntas de conservación in situ y ex situ para proteger a los parientes silvestres y los procesos de domesticación que generan y mantienen la diversidad genética de los cultivos, resultará en el mejoramiento y la adaptación de estos a nuevas condiciones ambientales. Lo anterior requiere políticas públicas que tengan el apoyo de toda la sociedad para fortalecer, con conocimiento sólido, las capacidades para la conservación de los parientes silvestres de cultivos en ecosistemas y agroecosistemas de la región, en particular en los paisajes bioculturales.

El desarrollo de capacidades en diversos ámbitos del conocimiento para la gestión y el manejo de los parientes silvestres de cultivos es clave para alinear acciones y políticas públicas en torno a ellos. Aun cuando las especies y subespecies que se seleccionaron representan solo una fracción de los parientes silvestres de cultivos que se distribuyen en Mesoamérica, este proyecto brindó la oportunidad de conformar una visión regional y generar datos e información relevantes para la toma de decisiones. Este es un primer paso para fortalecer las capacidades con base en las necesidades y oportunidades detectadas para encaminar la conservación tanto *in situ* como *ex situ* de los parientes silvestres de cultivos en el contexto particular de cada territorio.

La evaluación del riesgo de extinción de los parientes silvestres de cultivos en el ámbito regional fue un paso fundamental, dado que la distribución de muchas especies y

subespecies no reconoce fronteras geopolíticas, pero en el corto plazo deberá también realizarse en el ámbito nacional, para que, con los instrumentos de política pública vigentes, puedan contribuir a implementar medidas para su gestión y manejo.

Sin duda, los bancos de germoplasma cubren una función complementaria en la conservación de los recursos genéticos, al resguardar una muestra representativa de su acervo para su estudio o uso futuro y con ello mantener las opciones que brinda el acervo genético de los parientes silvestres de cultivos ante las condiciones cambiantes. Entre los objetivos a corto y mediano plazos están continuar la investigación, documentación y sistematización para cubrir los vacíos de información y poder contar con inventarios completos y actualizados sobre los parientes silvestres de cultivos en toda la región, como los que se han iniciado.³⁹ La necesidad de representar la diversidad genética en bancos de germoplasma es aún un vacío mayor considerando la heterogeneidad de los paisajes y las condiciones ambientales en las diferentes zonas en las que han evolucionado y se han adaptado los organismos.

Las estrategias requeridas para la conservación *in situ* de los parientes silvestres de cultivos convergen en muchos casos con aquellas necesarias para proteger la biodiversidad en general, ya que implican detener el cambio de uso del suelo y promover la restauración de los ecosistemas.^{40,41} Por ejemplo, es notable que muchos de los parientes silvestres se distribuyen en vegetación primaria y en áreas naturales protegidas, lo que aumenta la importancia de estas áreas que brindan numerosos servicios ecosistémicos para la seguridad regional. En otros casos, se requiere la reconversión productiva a una agricultura diversificada, que desincentive el uso de paquetes tecnológicos que incluyen agroquímicos, y en algunos casos organismos genéticamente modificados, y con un enfoque de manejo integrado de paisajes que promueva la protección de la biodiversidad y el mantenimiento de servi-



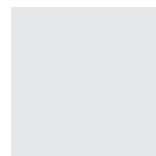
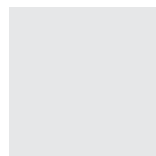
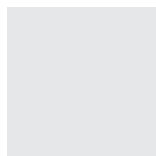
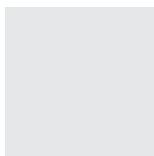
Ejes estratégicos, con algunas acciones para salvaguardar los parientes silvestres de cultivos.

cios ecosistémicos, como la captura de agua, la polinización, la regulación del clima y la conservación de suelos, entre otros, para asegurar la continuidad de la producción agrícola en mosaicos de paisajes heterogéneos. Este tipo de paisajes son más comunes en regiones en las que las poblaciones dependen directamente de la agricultura **tradicional**.⁴² Los paisajes bioculturales representan un instrumento que puede generar sinergias para salvaguardar no solo los parientes silvestres de cultivos sino también la agrobiodiversidad y mantener los ecosistemas aledaños y su **diversidad biológica**.⁴³ Sin embargo, estos paisajes requieren atención urgente, ya que son vulnerables a cambios culturales y generacionales, así como a la transformación de los territorios, impulsada por factores políticos y económicos. Asimismo, se requiere un cambio en los patrones de consumo en las ciudades y de la valoración de las variedades desarrolladas durante milenios por las comunidades indígenas y **campesinas**.⁴⁴ Un siguiente paso será incorporar la diversidad genética de los cultivos y sus parientes silvestres a nuevas formas de mejoramiento y **producción**.⁴⁵

Desde el punto de vista metodológico, una de las principales contribuciones de este trabajo es la propuesta del uso de indicadores o proxis de diversidad genética en el marco de

la planeación sistemática para la conservación. Esto permitió incluir de forma espacialmente explícita la potencial diferenciación genética entre las poblaciones de una especie, para que sea tomada en cuenta en las estrategias de conservación *in situ* y para que las de conservación *ex situ* enfoquen los esfuerzos de recolecta para buscar su representatividad. Este es un primer paso para incluir el nivel genético en la planeación sistemática de la conservación, pero debe ser complementado por datos empíricos que nos permitan conocer y monitorear la diversidad genética de las especies.

En el desarrollo de este proyecto se contó con la invaluable colaboración de un numeroso grupo de expertos en distintas disciplinas en la región. Estas capacidades son fundamentales para la elaboración de estrategias nacionales encaminadas a la conservación de los parientes de cultivos, ya que no se puede prescindir de la información, experiencia y visión de especialistas, quienes conocen el territorio y los aspectos biológicos y ecológicos de las especies, así como las amenazas que enfrentan. Involucrarlos en las diferentes etapas de este proyecto fue clave para asegurar la calidad de los resultados que se presentan en esta síntesis dirigida a tomadores de decisiones y público en general. Los resultados completos, datos, cartografía y otros, se encuentran disponibles en:



Referencias

- ¹ Casas, A., y J. Caballero (1995). Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias*, 40, 36-45.
- ² Vavilov, N.I. (1935). The phylogeographical basis for plant breeding, en *Theoretical Bases of Plant Breeding*, vol. I, Moscú.
- ³ Boege, E. (2009). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Ciencias*, 92, 18-28.
- ⁴ Perales, H.R., y J.R. Aguirre (2008). Biodiversidad humanizada, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 565-603.
- ⁵ [UICN] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2012). *Categorías y criterios de la Lista Roja: versión 3.1*. Segunda edición. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- ⁶ Pickersgill, B. (2007). Domestication of plants in the Americas: Insights from Mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany*, 100, 925-940.
- ⁷ Perales y Aguirre, *idem*.
- ⁸ Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón *et al.* (2007). *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100, 1101-1115.
- ⁹ Dempewolf, H., G. Baute, J. Anderson *et al.* (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Science*, 57, 1070-1082.
- ¹⁰ Mammadov, J., R. Buyyarapu, S.K. Guttikonda *et al.* (2018). Wild relatives of maize, rice, cotton, and soybean: Treasure troves for tolerance to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 886.
- ¹¹ Hawkes, J.G. (1945). The indigenous American potatoes and their value in plant breeding. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 13, 11-40.
- ¹² Hawkes, J.G. (1958). Significance of wild species and primitive forms for potato breeding. *Eupytica*, 7, 257-270.
- ¹³ Plaisted, R.L., y R.W. Hoopes (1989). The past record and future prospects for the use of exotic potato germplasm. *American Potato Journal*, 66, 603-627.
- ¹⁴ Zadoks, J.C. (2008). The potato murrain on the European continent and the revolutions of 1848. *Potato Research*, 51, 5-45.
- ¹⁵ USDA, ARS, GRIN (2017). *Germplasm Resources Information Network*. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Base de datos en línea: <http://www.ars-grin.gov/> consultado en febrero de 2017.
- ¹⁶ Harlan, J., y J. de Wet (1971). Towards a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20, 598-517.
- ¹⁷ Maxted, N., B.V. Ford-Lloyd, S. Jury *et al.* (2006). Towards a definition of a crop wild relative. *Biodiversity and Conservation*, 15, 2673-2685.
- ¹⁸ CONABIO (2016-2019). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: www.snib.gob.mx.
- ¹⁹ Azurdia C., K.A. Williams, D.E. Williams *et al.* (2011). *Atlas of Guatemalan Crop Wild Relatives*. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture- Bioversity International- International Center for Tropical Agriculture - University of San Carlos in Guatemala. Disponible en: www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-barc/beltsville-agricultural-research-center/national-germplasm-resources-laboratory/docs/atlas-of-guatemalan-crop-wild-relatives/.
- ²⁰ Jenny Menjivar (comunicación personal).
- ²¹ Godfray, H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute *et al.* (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818.
- ²² Harvey, C.A., O. Komar, R. Chazdon *et al.* (2008). Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology*, 22, 8-15.
- ²³ Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* (2017). *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México.
- ²⁴ Challenger, A., R. Dirzo *et al.* (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 37-73.
- ²⁵ Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra *et al.* (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- ²⁶ [Semarnap] Subsecretaría de Recursos Naturales (1998). Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana. Escala 1:4000000, México.
- ²⁷ [CNA] Comisión Nacional del Agua (1998). *Cuencas Hidrológicas*. Escala 1:250000, México.
- ²⁸ Ornelas, J.F., V. Sosa, D.E. Soltis *et al.* (2013). Comparative phylogeographic analyses illustrate the complex evolutionary history of threatened cloud forests of Northern Mesoamerica. *PLoS ONE*, 8, e56283.
- ²⁹ Rodríguez-Gómez, F., C. Gutiérrez-Rodríguez y J.F. Ornelas (2013). Genetic, phenotypic and ecological divergence with gene flow at the Isthmus of Tehuantepec: The case of the azure-crowned hummingbird (*Amazilia cyanocephala*). *Journal of Biogeography*, 40, 1360-1373.
- ³⁰ Mastretta-Yanes, A., A. Moreno-Letelier, D. Piñero, *et al.* (2015). Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Biogeography*, 42, 1586-1600.
- ³¹ Guerra-García A., M. Suárez-Atilano, A. Mastretta-Yanes, *et al.* (2017). Domestication Genomics of the Open-Pollinated Scarlet Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1891.
- ³² Jesús Sánchez *et al.* en preparación.
- ³³ Burgman, M.A., H.P. Possingham, A.J. Lynch *et al.* (2001). A method for setting the size of plant conservation target areas. *Conservation Biology*, 15, 603-616.
- ³⁴ Tobón, W., T. Urquiza-Haas, P. Koleff *et al.* (2017). Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conservation Biology* 31, 1086-1097.
- ³⁵ Hunter, D., y V. Heywood (eds.) (2011). *Parientes silvestres de los cultivos: manual para la conservación in situ*. Bioversity International, Roma. Disponible en: www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Parientes_silvestres_de_los_cultivos_1641.pdf.
- ³⁶ Obregón Viloria, R., y D. Almeida Valles (coords.) (2019). *Desarrollo rural sustentable en corredores biológicos. Una experiencia en conservación y producción sustentable en Chiapas*. CONABIO, México.
- ³⁷ ABSCH. 2019. The access and benefit-sharing clearing-house, Mexico Party to the Nagoya Protocol. Disponible en: <https://absch.cbd.int/countries/MX/IRCC> consultada en junio de 2019.
- ³⁸ Dempewolf, H., R.J. Eastwood, L. Guarino *et al.* (2014). Adapting agriculture to climate change: A global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38, 369-377.
- ³⁹ Contreras-Toledo, A, M.A. Cortés-Cruz, D. Costich, *et al.* (2018). A Crop Wild Relative Inventory for Mexico. *Crop Science*, 58, 1292-1305.
- ⁴⁰ Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March *et al.* (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 651-718.
- ⁴¹ Tobón *et al.*, *idem*.
- ⁴² Johns, T., B. Powell, P. Maundu, y P.B. Eyzaguirre (2013). Agricultural biodiversity as a link between traditional food systems and contemporary development, social integrity and ecological health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 3433-3442.
- ⁴³ Bezaury-Creel, J., S. Graf-Montero, K. Barclay-Briseño *et al.* (2015). *Los paisajes bioculturales: un instrumento para el desarrollo rural y la conservación del patrimonio natural y cultural de México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat - Agencia Francesa de Desarrollo, México.
- ⁴⁴ CONABIO (2017). *Ecosystems and agro-biodiversity across small and large-scale maize production systems*. TEEB Agriculture & Food, UNEP, Geneva. Disponible en: www.teebweb.org/wp-content/uploads/2018/01/Final-Maize-TEEB-report_290817.pdf.
- ⁴⁵ Mastretta-Yanes, A., F. Acevedo Gasman, C. Burgeff *et al.* (2018). An initiative for the study and use of genetic diversity of domesticated plants and their wild relatives. *Frontiers in Plant Science*, 9, 209.

Colaboradores

El Salvador

CENTA

Santos Rafael Alemán
Luis Rene Arévalo
Mario Alfonso Gracia
Consultor independiente
Adalberto Ernesto Salazar
Fondo de Iniciativa para las Américas
Mario Edgardo Montano Ruiz
Jardín Botánico Plan de La Laguna
Roberto Escobar
José Larios
Javier Alexander Molin
Erick Odir Rodas López
Ernesto Cirilo Rodríguez
Aarón Enrique Villacorta
*Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Nacionales*
Gloria Nohemí López Guerra
Jorge Ernesto Quezada
Universidad de El Salvador
Hazel Bermúdez Ayala
Carlos Alberto Elías Ortíz
Doris Argentina García Sánchez
Carmen Esmeralda Hernández
Miguel Ángel Hernández
Yanira Elizabeth López Ventura
Luis Miguel Lovo Lara
Keny Zenaida Orellana
Fidel Ángel Parada Berríos
Edgar Felipe Rodríguez
Fátima Michelle Rodríguez Sibrian
Elías Antonio Vásquez Osegueda
Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer
Igor Villalta

Guatemala

Asociación de Agricultores de Los Cuchumatanes

Sergio Alonzo
José Luis Galicia
Centro Universitario del Occidente, USAC
Fernando Aldana
Jorge Morales Alistum
Sergio Darío Villela
Ángel Urzúa
Centro Universitario del Sur Occidente, USAC
Erik España
Maynor Otzoy Rosales
Martín Sánchez
Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Julio Cruz
Leslie Melisa Ojeda Cabrera
Defensores de la Naturaleza
Erik Alberto Cahuec
Facultad de Agronomía, USAC
Fernando Rodríguez Bracamontes
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
Osman Estuardo Cifuentes
Héctor Martínez
Gabriela Tobar
Angela Miranda
Carlos Maldonado
Danilo Ernesto Dardón
Aura Elena Suchini
Erika Tacen
Guadalupe Tello
Guisela Rojas
Albaro Orellana
*Ministerio de Agricultura Ganadería
y Alimentación*
Edgar Martínez Tambito
Mauricio Hernández
Roberto Cobaquil
Max González Mirrol
UICN-Guatemala
Erik Ac
Úrsula Parrilla
Universidad San Carlos de Guatemala
Juan José Castillo Mont
José Vicente Martínez

Honduras

Colegio de Biólogos de Honduras

Germán Sandoval
Dirección General de Biodiversidad
Cristian Casasola
Elizabeth Santacreo
David Jaén
Sindy Lagos
Carolina Montalván
Skarleth Pineda
Fundación Yúsararán
Armando Josué Vazquez
Jardín Botánico Lancetilla
Luis Bejarano
Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
Noel Fonseca
Karen Rico
IUCN
Germán Casco
Jael Martínez
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Victor Enríquez
Eidy Guerrero
Sonia Lagos-Witte
Elvin Joel Martínez
Thelma Mejía
Lesdy Johamy Ordoñez
Olvin Wilfredo Oyuela
Alexis Ramón Rivera
Elia Sarmiento
Mireya Zelaya
Zoológico Rosy Walter
Heydi Carballo López

México

CONABIO

Nancy Arizpe

Caroline Burgueff

Felipe Bonilla

Carlos Galindo Leal

Óscar Godínez Gómez

Elleli Huerta Ocampo

Jorge Larson Guerra

Ivette Mota

Alejandro Ponce Mendoza

Rosa Maricel Portilla Alonso

Diana Ramírez Mejía

Sylvia P. Ruiz González

Edgar Leobardo Saavedra Cárdenas

Miguel Ángel Sicilia

Adriana Valera Bermejo

Asistencia

Nancy Corona Pedroza

Gloria Espinosa Sánchez

Patricia Galindo Hernández

CEDES, UNAM

Gloria Isabel León Rojas

*Centro de Investigaciones Interdisciplinarias
en Ciencias y Humanidades, UNAM*

Lev Jardón Barbolla

*Centro Universitario de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias, Universidad de Guadalajara*

Lino de la Cruz Larios

Abraham Guerrero Corona

Rogelio Lépez Ildelfonso

Aarón Rodríguez Contreras

Eduardo Rodríguez Guzmán

Diana María Rivera Rodríguez

José de Jesús Sánchez González

Ofelia Vargas Ponce

Colegio de Postgraduados

Braulio Edgar Herrera Cabrera

Heike Vibrans Lindemann

*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz
y Trigo (CIMMYT)*

Denise E. Costich

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) -

Unidad Villahermosa

Gabriela Castellanos Morales

Facultad de Ciencias, UNAM

Mariana Hernández

Facultad de Estudios Superiores-Iztacala, UNAM

Rafael Lira Saade

INIFAP

Jorge Acosta Gallegos

Flavio Aragón Cuevas

Carlos Hugo Avendaño Arrazate

Moisés Cortés Cruz

Enrique González Pérez

José Ariel Ruiz Corral

Abigail Sánchez Cuevas

Instituto de Biología, UNAM

Valeria Alavez Gómez

Robert Bye Boettler

Alfonso Delgado

Edelmira Linares Mazari

Melania Vega

Ana Wegier

Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)

Francisco Lorea Hernández

Instituto de Ecología, UNAM

Guillermo Sánchez de la Vega

Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR

Gabriel Alejandro Iturbide

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

Naturales (SEMARNAT)

Alejandra Barrios Pérez †

Secretaría de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA)

Rosalinda González Santos

Ernesto Ríos Santos

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Manuel González Ledesma

Universidad Autónoma del Estado de México

Clarita Rodríguez Soto

Universidad Autónoma de Querétaro

Mahinda Martínez y Díaz de Salas

Universidad de Guanajuato

Jesús Hernández Ruíz

Universidad Veracruzana

Araceli Aguilar Meléndez

UICN

Ligia Boares

Jamie Carr

María Eugenia Correa

Ariany García

Jesús Morales

Caroline Pollock

Mariella Superina

Marcelo Tognelli



El proyecto “Salvaguardar a los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos” contó con la colaboración de diversas instituciones de El Salvador, Guatemala, Honduras, México, el Reino Unido y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, y fue apoyado por la Iniciativa Darwin del gobierno del Reino Unido. El proyecto se orientó a incrementar las capacidades humanas y el conocimiento para contribuir a guiar acciones de conservación de parientes silvestres de cultivos, considerando su grado de amenaza y vulnerabilidad y los factores de presión que enfrentan, así como diseminar información para apoyar la conservación *in situ* e incrementar las colecciones de parientes silvestres en bancos de germoplasma para su conservación *ex situ*. Los resultados del proyecto apoyan la implementación del Convenio sobre la Diversidad Biológica y su Protocolo de Nagoya, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, de las Naciones Unidas y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, enfocados en entender y salvaguardar la diversidad de los parientes silvestres de cultivos en Mesoamérica como una prioridad urgente para la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable de la región.

