

**Informe final\* del Proyecto RG023**  
**Manejo y domesticación de agrobiodiversidad en Mesoamérica: Bases para la soberanía alimentaria sustentable\***

<b>Responsable:</b>	Dr. Alejandro Casas Fernández
<b>Institución:</b>	Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM-Campus Morelia
<b>Correo electrónico:</b>	acasas@cieco.unam.mx
<b>Fecha de inicio:</b>	31 de octubre de 2019
<b>Fecha de término:</b>	27 de junio de 2023
<b>Principales resultados:</b>	Base de datos, Informe final, Fotografías, Cartografía
<b>Forma de citar** el informe final y otros resultados:</b>	Casas, A., Rangel-Landa, S., Álvarez-Ríos, G.D., Gallego-Mahecha, M. M., Saucedo-Gudiño, E. y Peña-Mondragón, J.L. 2022. "Manejo y domesticación de agrobiodiversidad en Mesoamérica: Bases para la soberanía alimentaria sustentable" Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Informe Final SNIB-CONABIO, Proyecto No. RG023 /Proyecto Agrobiodiversidad Mexicana GEF 9380. Ciudad de México.

**Resumen:**

La agrobiodiversidad comprende la variedad de especies y variantes intraespecíficas, silvestres y domesticadas, de plantas y otros organismos asociados directa e indirectamente a los sistemas de producción agrícola. Es de alta relevancia socio-ecológica pues provee importantes recursos a las unidades sociales que la manejan y aporta funciones reguladoras de los agroecosistemas y su entorno; es, por lo tanto, determinante de mecanismos de resiliencia social y ecológica en el ámbito rural. Es también la base para la seguridad alimentaria y para enfrentar los desafíos de incertidumbre ante el cambio global. Resulta estratégico para el país documentar su estado, los procesos que la generan y la amenazan, para diseñar estrategias dirigidas a su conservación.

- 
- \* 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.



## INFORME FINAL

### **Proyecto RG023 “Manejo y domesticación de agrobiodiversidad en Mesoamérica: Bases para la soberanía alimentaria sustentable”<sup>1</sup>**

**Alejandro Casas, Selene Rangel-Landa, Gonzalo D. Álvarez-Ríos, María del Mar Gallego-Mahecha, Elizabeth Saucedo-Gudiño y Juan Luis Peña-Mondragón**

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM-Campus Morelia, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex-Hacienda San José de la Huerta, Morelia, Michoacán 58190.

#### **I. Resumen**

El presente proyecto de investigación partió de considerar como agrobiodiversidad a la variedad de especies, variantes intraespecíficas y variabilidad genética de poblaciones, silvestres y domesticadas, de plantas y otros organismos asociados a los sistemas de producción agrícola. Asimismo, el concepto comprende la heterogeneidad de ecosistemas en los paisajes agrícolas, forestales y pecuarios, los cuales se influyen mutuamente en estructura y función. Tal diversidad es de alta relevancia socio-ecológica pues provee recursos a las unidades sociales que la manejan, así como funciones reguladoras en los agroecosistemas y su entorno. La agrobiodiversidad es determinante de mecanismos de resiliencia social y ecológica en el ámbito rural. Es también la base para la seguridad alimentaria y para enfrentar múltiples desafíos asociados a la

---

<sup>1</sup> Modo de citar: Casas, A., Rangel-Landa, S., Álvarez-Ríos, G.D., Gallego-Mahecha, M. M., Saucedo-Gudiño, E. y Peña-Mondragón, J.L. 2022. “Manejo y domesticación de agrobiodiversidad en Mesoamérica: Bases para la soberanía alimentaria sustentable” Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Informe Final SNIB-CONABIO, Proyecto No. RG023 /Proyecto Agrobiodiversidad Mexicana GEF 9380. Ciudad de México.



incertidumbre ambiental que determinan los procesos de cambio global. Resulta estratégico para el país documentar su estado, los procesos que la generan y la amenazan, con el fin de diseñar planes de acción para su conservación y establecer las prioridades pertinentes. Los objetivos del presente proyecto fueron: (1) documentar la agrobiodiversidad en distintas regiones y grupos culturales representativas del área mesoamericana de México, (2) documentar su uso y formas de manejo en sistemas agroforestales y forestales asociados, su distribución, abundancia e importancia ecológica, así como procesos de domesticación incipiente y avanzada, (3) generar colecciones y bases de datos de la agrobiodiversidad documentada, (4) modelar el estado, amenazas y estrategias de conservación de agrobiodiversidad en las regiones estudiadas y (5) analizar estrategias para su conservación en el escenario nacional.

Se llevaron a cabo estudios etnobiológicos, ecológicos y de evolución bajo domesticación de algunas especies y se sistematizó la información acumulada en estudios previos y los que se realizaron con apoyo del presente proyecto. Toda la información se entregó a la CONABIO en el sistema de información establecido para el proyecto general de Agrobiodiversidad. Sin embargo, debido a limitaciones en el trabajo de campo ocasionadas por la pandemia, las metas planteadas en el proyecto original no pudieron alcanzarse. Se esperaba entregar 3,000 registros de especímenes herborizados, pero se lograron 1,612. Se esperaba entregar 1,000 registros de ejemplares observados con datos de campo, pero se lograron 582. La meta era reunir información sobre al menos 1,500 especies y variedades de plantas presentes en sistemas agroforestales y forestales asociados (de por lo menos 100 familias y 600 géneros), pero se lograron registrar 1,096 especies y taxones intraespecíficos. Se registraron también 38 morfoespecies cuya determinación fue posible hasta el nivel de género. Las especies registradas pertenecen a 146 familias y 605 géneros. Con la información previamente acumulada por nuestro grupo de investigación, las nuevas colectas y registros mediante la aplicación KoboToolbox, esperábamos entregar a CONABIO al menos 4,000 registros de



componentes de agrobiodiversidad; sin embargo, solamente logramos 2,194. Se puso énfasis en estudios de *Opuntia* spp., cactáceas columnares, *Agave* spp., quelites, parientes silvestres de cultivos mesoamericanos y diversos árboles frutales, en especial guayabas y palmas. Con base en la información sistematizada se realizaron análisis para proyectar la distribución potencial de algunas especies, y se discutieron factores de riesgo, propuestas de conservación y recomendaciones para futuros trabajos.

**Palabras clave:** agroecosistemas, agroecología, etnobotánica, manejo sustentable, seguridad alimentaria, sistemas agroforestales

## II. Introducción

El presente proyecto partió de considerar como agrobiodiversidad la gran variedad de especies y variantes intraespecíficas, silvestres y domesticadas de plantas, animales, hongos y microorganismos asociada a los sistemas rurales de producción de alimentos y materias primas, principalmente los sistemas agrícolas, pecuarios y silvícolas. Asimismo, la diversidad genética de las poblaciones de estas especies (FAO 1999, 2016; Crowley et al. 2007; Moreno-Calles et al. 2013; Casas et al. 2016; Casas y Vallejo 2019). En otras palabras, la agrobiodiversidad comprende la riqueza y diversidad de especies que componen los agroecosistemas, tanto las domesticadas como aquellas en estados intermedios de domesticación y sus parientes silvestres. Se comprenden en esta noción las numerosas especies silvestres y arvenses que brindan servicios de provisión a las unidades sociales que las manejan, así como aquellas que aportan contribuciones de regulación de los propios agroecosistemas, potreros y áreas forestales (Casas y Vallejo 2019). El concepto de agrobiodiversidad también incluye la heterogeneidad de unidades paisajísticas en las que se encuentran todos los componentes y sistemas referidos dentro de los territorios campesinos (Casas y Parra 2007; Casas et al. 2016, 2017). Esta noción nos remite a considerar una alta variedad de componentes y procesos en ecosistemas que se encuentran ligados entre sí a diferentes escalas y en los que se llevan a cabo



actividades primarias que hoy en día sostienen la producción de alimentos y materias primas en el mundo (Casas y Vallejo 2019).

La agrobiodiversidad tiene una alta importancia socio-ecológica. Para las unidades sociales que la manejan, la riqueza y diversidad de especies asociada a los sistemas agrícolas constituye una variada fuente de recursos con diferentes propósitos, entre los que destacan la alimentación, la provisión de forrajes, leña, materiales para la construcción, medicinas, fibras, entre otros (Moreno-Calles et al. 2013). La diversidad intraespecífica de los cultivos y otras plantas semi domesticadas aporta valiosos recursos genéticos para atender necesidades culturales y tecnológicas, contribuyendo a garantizar la continuidad de procesos evolutivos. Tal diversidad es la base para asegurar servicios evolutivos asociados a los procesos de domesticación, así como a procesos adaptativos, dirigidos y no dirigidos, asociados a los dinámicos contextos que surgen continuamente como consecuencia de cambios tecnológicos, culturales y ecológicos que ocurren en los agroecosistemas y paisajes alimentarios. La agrobiodiversidad provee variadas opciones de atributos de los recursos con valor cultural, así como para manejar el riesgo ante cambios y adversidades ambientales, incluyendo aquellas relacionadas con el calentamiento de la superficie terrestre y otras expresiones del cambio global (Casas y Parra 2016; Casas y Vallejo 2019). Asimismo, la heterogeneidad paisajística otorga a sus manejadores la posibilidad de aprovechar diferentes sistemas productivos, la rotación de los espacios destinados a diferentes usos, o a su descanso, frecuentemente con beneficios complementarios para las unidades de manejo (Casas et al. 2017). La diversidad a diferentes escalas favorece la capacidad de resiliencia de los sistemas sociales y ecológicos, desde el nivel de parcela hasta el de paisaje; desde las unidades familiares hasta la escala comunitaria o la demarcación regional (Rendón-Sandoval et al. 2020, 2021).



Dada su extraordinaria importancia, hoy en día existe una preocupación global por conservar la agrobiodiversidad. Sin duda son esfuerzos valiosos para diferentes propósitos, entre ellos el desarrollo de estrategias tecnológicas para enfrentar el cambio global (Vitousek 1994), dentro del que se incluyen los efectos del cambio climático, las preocupantes alteraciones de ecosistemas a gran escala asociadas al uso excesivo de fertilizantes químicos y agua, la crisis de polinizadores asociada al uso indiscriminado de pesticidas, entre otros, y los grandes desafíos que representa para los sistemas de producción dar virajes radicales a corto plazo. Desde hace décadas se han emprendido programas a escala planetaria, para mantener *ex situ* parte de ésta. Sin embargo, los alcances de la conservación *ex situ* son limitados, pues los grandes esfuerzos técnicos y financieros han permitido mantener bajo tal estrategia sólo una fracción de la diversidad genética de las principales plantas domesticadas en el mundo y algunos de sus parientes silvestres (Brush 2004). Por ello, se ha reconocido la necesidad de complementar esta estrategia mediante programas de conservación *in situ* (Brush 2004; Casas 2016).

Un primer paso para planear la conservación de la agrobiodiversidad, *ex situ* o *in situ*, es reconocerla, identificarla, y caracterizar sus atributos biológicos y su contexto ecológico y cultural en los sistemas socio-ecológicos en los que se encuentra inmersa. Es decir, documentar las especies y la variabilidad genética que la conforman, su distribución, abundancia, interacciones bióticas y contribuciones ecosistémicas, así como la forma en que distintos grupos humanos interactúan con ella. Y, desde luego, identificar los riesgos y los factores que amenazan su permanencia. En el contexto de estas preocupaciones es que se inscribió el interés principal de este proyecto.

En México, los esfuerzos por documentar la agrobiodiversidad han permitido identificar poco más de 250 especies de plantas domesticadas nativas de su territorio y de las vecindades de la región mesoamericana (Casas et al. 2017; Clement et al. 2021). También, alrededor de 300 especies que constituyen cultivos de gran importancia



económica y que fueron introducidas al territorio nacional en distintos momentos de su historia (véase una lista preliminar de estas especies en Ashworth et al. 2009). Por ejemplo, distintas fuentes arqueológicas y etnohistóricas permiten visualizar que plantas como los cacahuates (*Arachis hypogaea*), los camotes (*Ipomoea batatas*), el cacao (*Theobroma cacao*), entre otras, llegaron al territorio mexicano milenios antes de la colonización europea. Numerosas especies llegaron a México desde el Viejo Mundo, y aún del Nuevo Mundo, principalmente de Sudamérica, durante la conquista y colonia (por ejemplo, el trigo, la cebada, el arroz, las habas, los cítricos y el café del Viejo Mundo; la piña, papa, oca y aguaymanto, entre otras de Sudamérica). Tras siglos de manejo, domesticación y adaptación de estas especies introducidas a los contextos locales del territorio nacional, se han desarrollado variedades nativas que enriquecen el escenario mundial de recursos genéticos. Otras especies y variedades se han incorporado al país durante el último siglo, primeramente, en el contexto de la Revolución Verde y más recientemente en el contexto de la diseminación de productos biotecnológicos, o bien, en el contexto de la globalización de mercados. Todos estos son cultivos que presentan grados avanzados de domesticación y que se manejan bajo formas de cultivo sistemático e intensivo, y son el principal sostén de los sistemas de producción de alimentos y materias primas de México. Entre los cultivos nativos mesoamericanos destacan las plantas comestibles (aproximadamente el 80% de las especies domesticadas nativas de México son alimentos), fibras, instrumentos y plantas ornamentales (Casas et al. 2022a). Entre los cultivos introducidos la mayor parte también son alimenticios, pero hay diversos recursos forrajeros y otras materias primas para la industria.

Asimismo, se han identificado cerca de 1,000 especies de plantas bajo alguna de las formas de manejo denominadas “incipientes”, para diferenciarlas del grupo abordado en el párrafo anterior. Las plantas con manejo incipiente pueden estar sujetas a diferentes tipos de recolección, simple, planificada y selectiva. Asimismo, tolerancia, fomento, protección, y una amplia gama de técnicas de propagación y cuidados especiales



(Blancas et al. 2010; Rangel-Landa et al. 2017). Estas prácticas de manejo pueden ser simples, pero también pueden involucrar estrategias complejas, incluyendo prácticas de selección (Clement et al. 2021). Entre las plantas manejadas destacan plantas con usos medicinales y comestibles (Casas et al. 2017). Las estimaciones sobre plantas comestibles presentes en México, silvestres arvenses y domesticadas, van de cerca de 1,600 (Casas et al. 2017), a más de 2,000 especies (Mapes y Basurto, 2016; Caballero et al. 2022), diseminadas por las comunidades rurales del país. Se ha documentado que la mayor parte de estas especies son silvestres y arvenses obtenidas mediante recolección en los bosques o en áreas perturbadas, incluyendo los sistemas agrícolas (Casas et al. 2017, 2022a). Enseguida, alrededor de 600 especies comestibles se encuentran bajo alguna forma de manejo incipiente y cerca de 400 especies son domesticadas/cultivadas, incluyendo cerca de 220 especies nativas y el resto introducidas de otras partes del mundo (Clement et al. 2021, Corona et al. 2021), todas las cuales sostienen la producción nacional de alimentos (Ashworth et al. 2009). Esta diversidad posee un valor estratégico para contribuir en la exploración de recursos alimentarios para el presente y para el futuro, que pueden ampliar su valor potencial y garantizar su contribución en las metas nacionales de seguridad y soberanía alimentaria.

Mantener la agrobiodiversidad *ex situ* implica enormes retos técnicos y financieros, y aunque en el país hay grandes esfuerzos al respecto, es imprescindible diseñar y continuar impulsando estrategias de conservación *in situ*. Estas últimas requieren conocer los procesos bioculturales que han moldeado su existencia. Documentarlos resulta crucial para implementar estrategias de conservación adecuadas a los diferentes contextos bioculturales. Así, por ejemplo, sabemos que la agrobiodiversidad cultivada se genera continuamente por procesos de domesticación y procesos naturales, incluyendo mutaciones, flujo génico entre los cultivos y sus parientes silvestres, así como selección natural y la que ejercen los seres humanos (Casas y Parra 2016). También sabemos que numerosas especies silvestres y arvenses no cultivadas reciben diferentes formas de



manejo, y que éstas pueden involucrar procesos incipientes de domesticación (Casas et al. 1996, 2007, 2017). La domesticación ha moldeado la agrobiodiversidad, pero los mecanismos, procesos y rutas mediante los que ha operado en Mesoamérica son múltiples. Documentarlos y entenderlos es, por lo tanto, una labor central para planear su conservación, ya que asegurar el mantenimiento de los procesos es una premisa fundamental de la conservación *in situ*.

Se ha documentado que el mantenimiento de cobertura forestal en los sistemas agrícolas (sistemas agroforestales, denominados así por incluir elementos agrícolas y forestales) obedece a un conjunto complejo de decisiones basadas en el aprovechamiento directo de recursos, así como en el reconocimiento de otras funciones y valores culturales que tienen los componentes de los manchones de bosque dentro de las parcelas (Moreno-Calles et al. 2013; Rendón-Sandoval et al. 2021). Sin embargo, los detalles de estos procesos deben documentarse con mayor profundidad y sistematizarse, ya que son altamente relevantes y pueden ser la base de programas de conservación *in situ*. Tienen la gran ventaja de que forman parte de las técnicas de manejo que ya existen y tienen la versatilidad contextual para adecuarse al gran mosaico de regiones bioculturales que constituye México. Necesitamos profundizar en la documentación de estos procesos, con la idea de que el mantenimiento de la agrobiodiversidad pasa necesariamente por mantener la diversidad de componentes, pero sobre todo los procesos que la generan (Casas, Torres-Guevara y Parra 2016).

Los sistemas de producción de alimentos se conocen y clasifican principalmente por los cultivos de especies domesticadas, dirigidas a satisfacer las necesidades primarias de las sociedades que los manejan. Son tales especies las que generalmente abastecen los mercados y, a nivel local, son los constituyentes principales de la dieta básica de las comunidades rurales (Casas et al. 2022a). Pero los sistemas agrícolas también brindan numerosos recursos arvenses y silvestres que se incorporan a la dieta.



Generalmente son alimentos complementarios, aunque llegan a ser componentes primarios de la dieta durante los años o períodos de un año en que se presenta escasez de los alimentos básicos (Casas et al. 1994, 2022a; Pérez-Negrón y Casas 2007; Farfán-Heredia et al. 2018; Begazo et al. 2019; Parra et al. 2021). Todos estos alimentos contribuyen significativamente al balance de los elementos nutricionales de la dieta (Casas et al. 1994), pero asimismo forman parte de una cultura culinaria desarrollada por miles de años en los contextos tradicionales (Casas y Moreno-Calles 2014; Moreno Calles et al. 2016; Figueredo-Urbina et al. 2021a) y son, por lo tanto, componentes de gran importancia para las metas de alcanzar seguridad y soberanía alimentarias.

Los elementos que componen la agrobiodiversidad desempeñan papeles clave en el funcionamiento de los agroecosistemas. Así, por ejemplo, numerosas especies de plantas arvenses y silvestres de remanentes forestales alojan especies de vertebrados e invertebrados que desempeñan importantes funciones reguladoras de la polinización y dispersión de semillas, así como en el control de plagas por herbívoros. La microbiota y las especies de invertebrados que viven en los suelos tienen diversas funciones y su preservación es igualmente importante. Las plantas silvestres y arvenses comestibles son constituyentes de la dieta, de la cultura de la alimentación y, por lo tanto, elementos cruciales para las metas de alcanzar soberanía alimentaria de los pueblos. Las investigaciones etnobiológicas y ecológicas de México han arrojado amplia información sobre los aspectos referidos, pero ésta debe ampliarse pues se ha estimado que solo se ha logrado documentar alrededor del 75% de las especies de plantas aprovechadas en México como recursos y elementos de la agrobiodiversidad (Casas et al. 2017; Caballero et al. 2022). Además, existen regiones y grupos culturales que han sido poco estudiados (Casas et al. 2022b). Es de primordial importancia sistematizar adecuadamente la información que se genera, para diseñar políticas públicas y regulaciones para su aprovechamiento, conservación y recuperación. La agrobiodiversidad es clave para asegurar el mantenimiento futuro de los sistemas agrícolas y es asimismo clave para



garantizar el bienestar a largo plazo de las unidades sociales que los manejan y se benefician de ellos.

### **III. Objetivos**

**Objetivo General:** Contribuir al inventario de especies, usos y técnicas de manejo de la agrobiodiversidad mexicana, sus funciones ecológicas e importancia cultural, identificar las amenazas sobre este valioso patrimonio y delinear estrategias para su conservación.

#### **Objetivos particulares:**

1. Documentar la agrobiodiversidad en distintas regiones y grupos culturales representativos del área mesoamericana.
2. Documentar su uso y manejo en sistemas agroforestales, poniendo énfasis en su distribución, abundancia e importancia ecológica, y en la identificación de procesos de domesticación incipiente.
3. Generar colecciones y bases de datos y un banco de imágenes sobre la agrobiodiversidad documentada.
4. Modelar el estado, amenazas y estrategias de conservación de agrobiodiversidad en las regiones estudiadas y analizar estrategias para su conservación

### **IV. Métodos**

#### **4.1) Área de estudio**

Se sistematizó información de las siguientes regiones: (1) Reserva de la Biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en los estados de Puebla y Oaxaca; (2) Sierra Negra de Puebla; (3) Valles Centrales de Oaxaca; (4) Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y áreas

colindantes, en el estado de Colima; (5) Meseta P'urhépecha y región central de Michoacán, (6) Región Tierra Caliente de Michoacán; (7) Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en Michoacán y estado de México; (8) Selva Lacandona, Chiapas; (9) Montaña de Guerrero, (10) Altiplano Pulquero del Centro de México, en Hidalgo y Tlaxcala y (11) Altiplano Central de Guanajuato (Figura 1). En estas zonas se encuentran representadas comunidades de los siguientes grupos culturales: Nahuas, popolocas, cuicatecos, mixtecos, ixcatecos, p'urhépechas, lacandonas, mazahuas, zapotecos y mestizos. En la Tabla 1 se muestra un resumen de los grupos culturales, localidades, municipios y regiones en las cuales se hicieron registros para este estudio.



Figura 1. Regiones de México en donde se registró información sobre agrobiodiversidad que se sistematizó en el proyecto.



1) Reserva de la Biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se encuentra en los estados de Puebla y Oaxaca, es una de las regiones con más larga historia de manejo de agrobiodiversidad en Mesoamérica y en el continente americano. Se han reportado más de 2,000 especies de plantas aprovechadas por los grupos indígenas y mestizos que habitan la región. Se encuentra ahí un mosaico de ambientes transformados y tipos de vegetación, como los bosques de cactáceas columnares y mezquitales en la zona del valle, el bosque tropical seco en la cañada, los bosques templados y chaparrales en las zonas altas. En esta amplia región se realizaron trabajos ecológicos y etnobotánicos sobre un amplio espectro de especies, entre las cuales sobresalen agaves, cactáceas columnares, palmas y quelites.

2) Sierra Negra de Puebla. Comprende una sección de la Sierra Madre Oriental que se extiende hacia Oaxaca; es una región húmeda del sur del estado que a su vez determina la condición árida del Valle de Tehuacán, al representar una barrera física que retiene la humedad que proviene del Golfo de México. En su gradiente altitudinal se pueden encontrar bosques templados de pino encino, bosque tropical seco, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical húmedo. Es una región de gran relevancia en la producción de alimentos para abastecimiento local y regional. Se trabajó con comunidades nahuas de los municipios de Coyomeapan y Zoquitlán, sobre el manejo de los sistemas agroforestales, manejo y domesticación de especies silvestres y arvenses, en especial sobre el aprovechamiento y ecología de quelites y de la palma *Chamaedorea tepejilote*.

3) Valles Centrales de Oaxaca. En esta zona se encuentran comunidades mixtecas y zapotecas en áreas con ambientes semiáridos y bosques templados, principalmente. Se realizaron estudios sobre especies de cactáceas y agaves en



sistemas agroforestales, así como el registro de la agrobiodiversidad que resguardan estos sistemas.

4) Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y áreas colindantes en el estado de Colima. En esta región se realizaron estudios etnobiológicos y ecológicos en sistemas agroforestales, principalmente en comunidades nahuas y mestizas de la comunidad de Zacualpan, municipio de Comala, parte de cuyo territorio se encuentra en el polígono de la Reserva Sierra de Manantlán. En las partes bajas, este territorio comprende bosque tropical caducifolio, bajo el régimen de propiedad de tierras comunales. En éstas se practica agricultura de temporal y el aprovechamiento de especies silvestres con fines alimenticios y medicinales, como guamúchiles, bonetes, guajes y ciruelas. En las partes altas de la Sierra, dentro de la Reserva, se encuentran bosques de encino y pino.

5) Meseta P'urhépecha y centro de Michoacán. Región templada que forma parte del Eje Neovolcánico Transversal, con especial énfasis en las comunidades del lago de Pátzcuaro. En las zonas del valle, en torno al lago, la vegetación característica es bosque tropical caducifolio, mientras que hacía las zonas montañosas intermedias y altas la vegetación está constituida por bosques de encino. En varios de los agroecosistemas estudiados, el riego está altamente influenciado por las dinámicas del lago de Pátzcuaro. Se desarrollaron estudios etnobotánicos con comunidades mestizas y p'urhépechas en áreas agrícolas dentro y fuera de zonas urbanas, y en zonas forestales. También se hicieron estudios de diversidad genética de agaves en sistemas silvopastoriles y agroforestales, así como del intercambio de productos locales en mercados de las ciudades de Pátzcuaro y Morelia. En esta región y hacia la zona que colinda con Jalisco se realizaron estudios sobre el manejo de varias especies de *Agave*.

6) Región de Tierra Caliente de Michoacán. Se llevaron a cabo estudios en sistemas agroforestales derivados del bosque tropical caducifolio de la Reserva de la



Biosfera Zicuirán-Infiernillo y la zona de influencia. Se trabajó con comunidades mestizas de los municipios de Arteaga, Churumuco y La Huacana. Además, se realizaron estudios sobre manejo y domesticación de cactáceas columnares del género *Stenocereus* (*S. quevedonis*, *S. fricii*, *S. chrysocarpus*) y estudios etnobotánicos sobre la agrobiodiversidad en general.

7) Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Área prioritaria para la conservación con bosques templados de oyamel, pino, encino y cedro. En esta región se llevaron a cabo estudios etnobotánicos, con especial énfasis en los recursos alimenticios y medicinales que proveen los bosques de la reserva y sobre el intercambio de estos productos en los mercados de la ciudad de Zitácuaro. Se trabajó con familias mazahuas en comunidades del municipio de Zitácuaro, Michoacán.

8) Selva Lacandona. Se hicieron estudios en la localidad de Lacanjá Chansayab, en el bosque tropical perennifolio de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas. Se llevaron a cabo estudios etnobiológicos y sobre el manejo de sistemas agroforestales practicados por la comunidad lacandona. Estos sistemas intercalan las milpas con parches de vegetación en distintos estadios de regeneración. También se estudió el manejo de los patios de las casas. En este último sistema se aprovecha una considerable diversidad de recursos nativos y representa un importante reservorio de agrobiodiversidad.

(9) Montaña de Guerrero. Se trabajó principalmente en los municipios de Chilapa y Ahuacutzingo, en la región denominada Montaña Baja, una zona habitada predominantemente por campesinos nahuas y mestizos. Se llevaron a cabo estudios etnobotánicos y ecológicos de sistemas agroforestales y áreas forestales aledañas. Se estudiaron comunidades y los mercados regionales, en donde existe una importante confluencia de recursos provenientes de diferentes tipos de vegetación como bosque de



encino-pino, vegetación riparia y bosque tropical caducifolio de diversos municipios y comunidades de la región.

(10) Altiplano Pulquero del Centro de México. Área altamente transformada, en el centro de México, en comunidades dentro de las demarcaciones de la Ciudad de México, y los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Ahí se llevaron a cabo estudios sobre los sistemas de producción de maguey pulquero que se mantienen vigentes. Se estudió la etnobotánica del manejo, la diversidad morfológica y genética, así como la productividad de las variedades tradicionales de distintas especies de *Agave*.

11) Altiplano Central de Guanajuato. Esta es un área de matorrales xerófitos con grandes extensiones de ganadería trashumante. Aquí el manejo de las comunidades vegetales ha generado un importante reservorio de variedades regionales de *Opuntia*, tanto silvestres como domesticadas. Se estudiaron los sistemas agroforestales y se hicieron diagnósticos etnobotánicos y ecológicos de los recursos que alojan estos sistemas, con énfasis en las especies y variedades de *Opuntia*.

Tabla 1. Regiones, estados, municipios, localidades y grupos culturales con los que se registró información sobre agrobiodiversidad.

Región	Estado	Municipio (grupos culturales)	Núm. de localidades estudiadas
1) Reserva de la Biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán	Oaxaca	Concepción Pápalo (cuicatecos)	1
		San Juan Bautista Coixtlahuaca (mestizos)	1



<b>Región</b>	<b>Estado</b>	<b>Municipio (grupos culturales)</b>	<b>Núm. de localidades estudiadas</b>
		San Juan Bautista Cuicatlán (cuicatecos, mixtecos, mestizos)	6
		San Pedro Jocotipac (mixtecos)	1
		Santa María Ixcatlán (ixcatecos)	1
	Puebla	Atexcal (nahuas, mestizos)	1
		Caltepec (nahuas, mestizos)	2
		San Gabriel Chilac (nahuas, mestizos)	1
		Tepexi de Rodríguez (popolocas, mestizos)	2
		Zapotitlán (popolocas, mestizos)	2
	2) Sierra Negra de Puebla	Puebla	Coyomeapan (nahuas, mestizos)
Zoquitlán (nahuas, mestizos)			1
3) Valles Centrales de Oaxaca	Oaxaca	Asunción Nochixtlán (mestizos)	1
		San Agustín Etla (mestizos)	1



Región	Estado	Municipio (grupos culturales)	Núm. de localidades estudiadas
		Tlacolula de Matamoros (zapotecos)	1
4) Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y áreas colindantes en el estado de Colima	Colima	Comala (nahuas, mestizos)	1
		Villa de Álvarez (mestizos)	1
	Jalisco	Zapotitlán de Vadillo (mestizos)	1
5) Meseta P'urhépecha y centro de Michoacán	Michoacán de Ocampo	Charo (mestizos)	3
		Erongarícuaro (p'urhépechas, mestizos)	6
		Indaparapeo (mestizos)	1
		Irimbo (p'urhépechas, mestizos)	1
		Maravatío (mestizos)	1
		Morelia (mestizos)	12
		Nuevo Parangaricutiro (p'urhépechas)	1



Región	Estado	Municipio (grupos culturales)	Núm. de localidades estudiadas
		Pátzcuaro (p'urhépechas, mestizos)	3
		Queréndaro (p'urhépechas, mestizos)	2
		Quiroga (p'urhépechas, mestizos)	1
		Sahuayo (p'urhépechas, mestizos)	1
		Tarímbaro (p'urhépechas, mestizos)	1
		Tingambato (p'urhépechas, mestizos)	1
		Tzitzio (p'urhépechas, mestizos)	1
		Uruapan (p'urhépechas, mestizos)	1
		Ziracuaretiro (p'urhépechas, mestizos)	1
		Arteaga (mestizos)	2



<b>Región</b>	<b>Estado</b>	<b>Municipio (grupos culturales)</b>	<b>Núm. de localidades estudiadas</b>
6) Región de Tierra Caliente de Michoacán	Michoacán de Ocampo	Churumuco (mestizos)	7
		La Huacana (mestizos)	2
7) Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	México	Donato Guerra (mazahuas)	1
	Michoacán de Ocampo	Zitácuaro (mazahuas)	2
8) Selva Lacandona	Chiapas	Ocosingo (lacandones)	1
9) Montaña de Guerrero	Guerrero	Ahuacuotzingo (nahuas, mestizos)	2
		Chilapa de Álvarez (nahuas, mestizos)	1
10) Altiplano Pulquero del Centro	Ciudad de México	Cuajimalpa de Morelos (mestizos)	1
	Hidalgo	Singuilucan (mestizos)	1
		Zacualtipán de Ángeles (nahuas, mestizos)	1
	Tlaxcala	Nanacamilpa de Mariano Arista (mestizos)	1
11) Altiplano Central de Guanajuato	Guanajuato	San Felipe (mestizos)	1



#### **4.2) Sistematización de información previa al proyecto**

Gran parte de los registros efectuados antes del inicio del proyecto (se acordó con el equipo de CONABIO incluir los registros efectuados por nuestro grupo de trabajo previos a octubre de 2019) es información colectada durante la realización de proyectos enfocados en el conocimiento ecológico y etnobotánico de diferentes comunidades dentro de las regiones referidas en la Tabla 1. La recopilación de esta información comprende trabajos realizados entre 1999 y 2018, como parte de tesis de licenciatura y posgrado, y proyectos de investigación a cargo del grupo de investigación del Laboratorio de Manejo y Evolución de los Recursos Genéticos del IIES, UNAM.

Para sistematizar los datos recopilados en estos estudios, fue necesario hacer un proceso de homologación de la información reportada en tesis y publicaciones de acuerdo con las categorías de información requeridas en los campos del formulario de la plataforma KoBo. Para cada uno de los ejemplares registrados fue posible recopilar la mayor parte de los datos requeridos (hábitat, agroecosistema asociado, estatus ecológico, características botánicas, entre otros). La información sobre manejo de estos ejemplares también fue posible, habiéndose recopilado datos generales con respecto al tipo de uso, de manejo, nombre común (en diferentes lenguas), entre otros; sin embargo, para algunos campos más detallados (por ejemplo, superficie de producción y rendimiento) no fue posible tener la información a partir de las bases de datos previas. Ello, debido a que al momento de registrar esa información no se capturaron datos al respecto pues no eran pertinentes para las especies o los estudios realizados.

Para varios de los registros previos se contaba con imágenes digitales de los ejemplares en campo, almacenadas como material de archivo. En otros casos fue necesario recurrir a imágenes digitalizadas con acceso público, de ejemplares presentes



en herbarios en los que se depositaron los ejemplares, principalmente el MEXU. En otros casos se contaba con el material botánico colectado y herborizado, y en estos casos fue posible tomar fotografías y registrarlas como imágenes del ejemplar.

Teniendo en cuenta que gran parte de la información geográfica fue capturada hace algunos años, en la mayoría de los casos se realizó una verificación y transformación de las coordenadas anotadas usando Sistemas de información geográfica actualizados como Google Earth y ArcGIS.

#### **4.3) Investigación de campo**

El trabajo de campo comprendió:

(a) Estudios etnobotánicos, dirigidos a documentar diversos aspectos de nomenclatura y clasificación de las plantas, sus diferentes formas de uso y preparación y las distintas formas de manejo. Se puso especial énfasis en la documentación de las formas de manejo y las razones por las cuales las personas toman la decisión de manejar las plantas; asimismo, en los mecanismos de selección, en particular la variabilidad percibida en una misma especie, los atributos reconocidos en tal variabilidad, las preferencias, las prácticas para llevar a cabo la selección y una evaluación de la intensidad con la que esta opera.

(b) Estudios ecológicos de las plantas útiles, particularmente su distribución y abundancia en diferentes ecosistemas del territorio de las comunidades. Esta información se comparó con los datos sobre tasas de extracción de recursos calculados con base en entrevistas etnobotánicas y, en algunos casos, evaluando el peso de las cantidades extraídas. Tal comparación tuvo un doble propósito; en parte, analizar lo que frecuentemente identificamos en campo acerca de que una motivación principal para



efectuar manejo de plantas es asegurar el acceso a aquellos recursos con mayor valor cultural y/o económico y cuya disponibilidad espacial y/o temporal es restringida. Y en parte también para evaluar las tasas de extracción de productos que podrían significar riesgos para la permanencia de algunas plantas. Con esta información, nuestros estudios podrían generar recomendaciones a las comunidades que los aprovechan. En algunos casos se estudiaron también interacciones bióticas de las especies manejadas, principalmente polinización, dispersión de semillas y facilitación. Esta información permite evaluar qué tanto el manejo y la selección pueden modificar patrones naturales de reproducción, así como también identificar aspectos del contexto ecológico que deben cuidarse para garantizar un aprovechamiento sustentable de recursos y su conservación. Algunos estudios involucraron la investigación de procesos demográficos, comparando poblaciones silvestres y manejadas con el fin de evaluar el impacto del aprovechamiento e identificar tasas óptimas de extracción como criterio para sugerir estrategias de aprovechamiento sustentable (véase por ejemplo Torres-García et al., 2020).

(c) Estudios de domesticación, los cuales se efectuaron en especies en las que se identificaron procesos selectivos de distinta intensidad. Se realizaron estudios comparativos entre poblaciones silvestres y manejadas, con el fin de evaluar posibles divergencias y la magnitud de éstas. En diferentes estudios de caso se examinaron diferencias morfológicas, químicas (principalmente concentraciones de azúcares y saponinas, véase por ejemplo Figueredo-Urbina et al. 2018), reproductivas (sistemas de cruzamiento, variaciones fenológicas, biología floral y de polinización), variaciones en los patrones de germinación y crecimiento de plántulas (véase Guillén et al. 2015) y genética de poblaciones (hasta ahora con marcadores moleculares neutrales).

(d) Capacidad de conservación de diversidad de los sistemas agroforestales y su importancia en la recuperación de los sistemas forestales. Estos son estudios que involucran aproximaciones socio-ecológicas para analizar el papel de los sistemas



agroforestales en la cultura y la economía de las familias campesinas que los manejan, las técnicas que llevan a cabo en las prácticas agroforestales (cercas vivas, manchones forestales, islas de vegetación, barreras de contención y árboles aislados, entre las más importantes), y las motivaciones para mantener tales prácticas. Asimismo, estos estudios han implicado la elaboración de inventarios de la flora que se mantiene en las distintas prácticas agroforestales, evaluaciones de la cobertura y la diversidad de la flora nativa que logra mantenerse en ellas y su potencial contribución en las políticas de conservación de biodiversidad (véanse, por ejemplo, Vallejo et al. 2019; Rendón-Sandoval et al. 2020, 2021). Estas últimas metas han incluido diversas estrategias de muestreo de la vegetación dentro de las parcelas agroforestales y en los bosques de los cuales derivan, con el fin de analizar su capacidad de conservación y el potencial que tienen para generar propuestas de manejo que contribuyan a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en diferentes regiones (Vallejo et al. 2019). Durante el periodo del proyecto se concluyó un estudio en selvas secas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rendón-Sandoval et al. 2020, 2021) y se inició otro, también en selvas secas, en las zonas vecinas a la Sierra de Manantlán, en Colima. Este último proyecto comprende diagnósticos de flora y se están iniciando investigaciones sobre las comunidades de aves, mamíferos e himenópteros en los paisajes que conforman estos sistemas agroforestales (Ortega-Álvarez et al. 2022).

Estos cuatro tipos de estudios se han llevado a cabo con anterioridad al proyecto. En los dos años de su desarrollo algunos trabajos continuaron fases que iniciaron previamente y algunos otros iniciaron con apoyo del proyecto.

#### **4.4) Elaboración de mapas de distribución potencial**

La elaboración de los mapas de distribución potencial se realizó en tres fases: (i) definición de especies a modelar, (ii) generación de base de datos y (iii) modelado de la distribución potencial de las especies.



Para definir las especies a analizar hicimos un primer ejercicio de selección con los miembros del equipo de trabajo y colaboradores (expertos en diferentes áreas de manejo y en diferentes especies de México). El ejercicio consistió en que cada experto propusiera un conjunto de especies, tomando en cuenta aspectos establecidos en el proyecto, que incluyeron prioridades para la conservación (definidos con base en criterios de distribución, abundancia, valor cultural y económico, práctica o no de manejo y tipo de manejo). También se consideró como criterio que fueran especies que la CONABIO no tuviera modeladas en su portal de Geoinformación y que, por lo tanto, aportara al esfuerzo institucional que se realizó. Además, se consideró como criterio contar con información sobre la importancia económica, niveles o volúmenes de extracción, intensidad del manejo, tipo de uso y otros indicadores sobre la especie. Ello, con el fin de que el análisis incorporara información sobre los sistemas agroforestales en donde se mantiene la agrobiodiversidad estudiada, la presencia o ausencia de prácticas de manejo y el tipo de técnicas empleadas. Los 11 expertos consultados fueron:

- Alejandro Casas
- Carmen J. Figueredo Urbina
- Dante Figueroa
- Edna Arévalo Marín
- Francisco J. Rendón Sandoval
- Gonzalo D. Álvarez Ríos
- Hernán Alvarado Sizzo
- Ignacio Torres García
- Mariana Vallejo Ramos
- Selene Rangel Landa
- Viviana Y. Andrade Erazo



Como resultado de este ejercicio de consulta a expertos, se definieron las siguientes 20 especies a modelar:

- 1) *Agave hookeri*
- 2) *Agave inaequidens*
- 3) *Agave salmiana* subsp. *crassispina*
- 4) *Agave salmiana* subsp. *salmiana*
- 5) *Bursera submoniliformis*
- 6) *Chamaedorea tepejilote*
- 7) *Escontria chiotilla*
- 8) *Juniperus flaccida*
- 9) *Lemaireocereus hollianus*
- 10) *Leucaena esculenta* subsp. *esculenta*
- 11) *Myrtillocactus schenckii*
- 12) *Pachycereus weberi*
- 13) *Polaskia chende*
- 14) *Polaskia chichipe*
- 15) *Psidium guineense*
- 16) *Stenocereus huastecorum*
- 17) *Stenocereus laevigatus*
- 18) *Stenocereus pruinosus*
- 19) *Stenocereus quevedonis*
- 20) *Stenocereus stellatus*

Después de definir las especies a analizar, se realizó una búsqueda de los registros de su presencia, consultando tres bases de datos principales: GBIF, SNIB-CONABIO y MEXU, así como los registros propios efectuados por los expertos y/o el grupo de trabajo. Debido a que CONABIO tiene una mayor calidad de información en sus



bases de datos (curación, depuración, etc.) decidimos usar sólo las bases SNIB para la modelación en mapas.

Para construir la base de datos que se utilizaría para elaborar los mapas, se llevó a cabo un proceso de depuración de información en dos pasos. El primero consistió en revisar y precisar la ubicación geográfica de cada especie a modelar, con el fin de eliminar datos repetidos, georreferenciados erróneamente, o aquellos que estuvieran sobre cuerpos de agua o fuera del límite nacional de la República Mexicana. El segundo proceso de limpieza de información consistió en convocar a un grupo de expertos en el estudio de las especies y se les solicitó que, de acuerdo con su experiencia, confirmaran o eliminaran registros de la base de datos considerados por ellos como identificados incorrectamente o fuera de la distribución natural de las especies (Phillips, 2005).

La modelación de distribución potencial se realizó a través del software Maxent (Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Versión 3.4.1, Phillips, et al., 2006), ya que éste puede arrojar buena resolución en análisis con muestras pequeñas de especies con distribuciones geográficas relativamente amplias (Hernández et al., 2008). Maxent permite además analizar la relación entre las ubicaciones de las especies y las características ambientales que determinan la idoneidad general del hábitat para una especie. El área sobre la cual se generaría el modelo se delimitó con base en la información a escala 1:250000 disponible en CONABIO (CONABIO, 2003).

Se usaron los registros de presencia obtenidos para cada especie a modelar y se utilizaron 20 variables bioclimáticas, BIO1 a BIO19 y altitud, disponibles en Worldclim (Fick y Hijmans, 2017) a una resolución espacial de 30 segundos. Las variables fueron cortadas con base en el mapa nacional obtenido de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>).



Para generar el modelo de distribución geográfica potencial de 18 especies, se utilizaron los parámetros de elaboración: Salida de tipo logístico, 70% de puntos de entrenamiento, 30% de puntos de validación y el resto de los parámetros usamos los marcados en Maxent.

Para las dos especies restantes (*Agave hookeri* y *Stenocereus quevedonis*) se optó por seguir la metodología propuesta por Pearson *et al.* (2007) para predecir la distribución de especies con pocos registros de presencia. Para ello se llevó a cabo el análisis en Maxent usando 7 réplicas del tipo “Crossvalidate”. Se utilizaron los valores de “Minimum Training Presence (MTP)” de cada una de las réplicas para calcular la tasa de éxito y el valor de P del modelo mediante el software P-Value (Pearson *et al.*, 2007), y se utilizó la salida promedio para construir la distribución potencial.

Para todas las especies se usó el modelo continuo, con el fin de mostrar un gradiente de probabilidad de presencia. Se tuvo en cuenta que estos modelos pueden utilizarse en un futuro en estudios que busquen delimitar o comprobar la presencia de la especie en sitios con condiciones ambientales óptimas a pesar de que se desconozcan registros actuales de su presencia.

El formato de salida de los modelos Maxent es ASCII, el cual se exportó a QGIS (3.16.3-Hannover) para obtener el mapa de distribución potencial. A éste se dio tratamiento de pseudocolor monobanda y se efectuó una interpolación lineal y una clasificación en gradiente de 9 valores de posibilidad de presencia para cada una de las especies (Phillips, 2005). La proyección de los registros y las capas fue de WGS84. Optamos por representar el gradiente de presencia más que ausencia/presencia típica, con el fin de proporcionar una mayor cantidad de información, obteniendo así mapas con probabilidades de presencia asociadas al territorio.



**iies**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

## **V. Resultados**

### **5.1) Avances y metas conseguidas en el proyecto.**

El proyecto se desarrolló casi en su totalidad durante el periodo de contingencia sanitaria por la pandemia de COVID-19, la cual inició en marzo del 2020 y a la fecha de entrega de este informe aún continúa. Esta situación limitó significativamente los planes de trabajo, salidas a campo y trabajo de gabinete originalmente propuestos, y consecuentemente, se afectó el cumplimiento adecuado de los objetivos y productos comprometidos en el convenio suscrito.

No obstante, nuestro grupo de trabajo generó una considerable cantidad de información en campo y gabinete, así como la sistematización de registros previos y presentes en bases de datos y la generación de diversos productos científicos y de divulgación, apegados a los compromisos originalmente establecidos.

#### **5.1.1 Registros de agrobiodiversidad**

Logramos sistematizar información derivada de colectas previas al inicio del proyecto y la generada con registros (colectas y observaciones de campo) durante el transcurso de éste. Consideramos importante destacar que los registros realizados durante el periodo de pandemia, siempre se efectuaron considerando las medidas de seguridad sanitaria, manteniendo prudencia en la realización de entrevistas, y limitando nuestra interacción a grupos reducidos, cuidando de no poner en riesgo a sectores vulnerables de la población. Cuando fue pertinente realizar salidas de campo, la UNAM estableció un protocolo de seguridad y nuestro grupo de trabajo lo siguió estrictamente.

En el convenio establecido, nuestro grupo se comprometió a obtener un total de 4,000 registros de agrobiodiversidad. De los cuales 3,000 corresponderían a colectas botánicas a depositar en colecciones científicas y 1,000 a observaciones respaldadas por



el equipo de trabajo. Nos propusimos realizar 2,000 registros (1,500 colectas y 500 observaciones) a partir del 2019, mientras que los 2,000 restantes (1,500 colectas y 500 observaciones) serían producto de la sistematización de información de colectas y observaciones previas al inicio del proyecto.

No obstante, nuestro equipo logró generar un total de 2,194 registros (1,612 colectas botánicas y 582 observaciones). Un panorama resumido de estos registros se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Registros de agrobiodiversidad comprometidos y entregados por el proyecto RG023.

<b>Procedencia de datos</b>	<b>Núm. de registros comprometidos</b>	<b>Núm. de registros entregados</b>	<b>Porcentaje entregado respecto al comprometido</b>
No. de registros colectados durante el desarrollo del proyecto	1,500	757	50.5%
No. de registros observados durante el desarrollo del proyecto	500	476	95%
No. de registros colectados previo al proyecto	1,500	855	57%
No. de registros observados, previo al proyecto	500	106	21%



<b>Procedencia de datos</b>	<b>Núm. de registros comprometidos</b>	<b>Núm. de registros entregados</b>	<b>Porcentaje entregado respecto al comprometido</b>
<b>Total</b>	<b>4,000</b>	<b>2,194</b>	<b>54.9%</b>

Como se muestra en la Tabla 2, el porcentaje de registros entregados (54.9%) es aproximadamente la mitad de lo comprometido. Esto se debe principalmente a la complicación operativa que tuvimos durante los meses de pandemia, no solamente en campo sino también en el acceso a herbarios e instalaciones universitarias. No obstante, en la primera etapa del proyecto logramos avanzar considerablemente en la colecta de información, lo que nos permitió una posterior sistematización mediante trabajo de gabinete. Así mismo, durante la última etapa, en la recta final del proyecto, hubo condiciones para una cierta reactivación del trabajo de campo, debido a la vacunación de nuestro equipo de trabajo, así como de la mayoría de la población en los sitios donde trabajamos. Ello permitió otro avance significativo en la generación de información.

Del total de registros realizados (2,194), 803 se entregaron en el primer periodo del proyecto (1 octubre del 2019 al 30 de junio del 2020); 332 durante el segundo periodo (1 de julio al 30 de noviembre del 2020); 363 en el tercer periodo (1 de diciembre de 2020 al 31 de marzo de 2021) y 695 registros durante el cuarto periodo (1 de abril del 2021 a 20 de febrero del 2022). Del total de registros, 1,780 se han almacenado en la plataforma KoBO-CONABIO, mientras que 414 registros se entregan en el archivo Excel ANEXO 1. Registros herbario RG023\_reporte final. Cabe mencionar que existen algunos desfases en la cantidad de registros realizados durante cada periodo, ya que en la plataforma KoBO-CONABIO se generaron errores que duplicaban registros, de ahí que en este



informe final haya un registro adicional los entregados en el cuarto informe, tal error se reportó por primera vez el 21 de mayo del 2021.

Los registros incorporados corresponden a 1,096 taxa específicos e infraespecíficos, pertenecientes a 605 géneros de 146 familias, mientras que en el convenio se comprometió el registro de 1,500 especies pertenecientes a 608 géneros de 139 familias. Aunque para género y familia logramos el objetivo, las metas establecidas para el número de especies registradas quedamos por debajo de lo esperado, lo cual se debe (al igual que con el número total de registros) a las limitaciones para salir a trabajo de campo.

Cabe resaltar que, si bien se comprometieron 25 sitios de colecta de información, así como las experiencias de manejo de agrobiodiversidad de 11 grupos culturales, logramos generar registros en 47 municipios de 12 estados de México donde habitan 11 grupos culturales. Por lo que consideramos que esta meta se cubrió de manera satisfactoria (una síntesis de la información recabada en los registros se presenta en la sección 5.2).

### **5.1.2 Ejemplares depositados en herbarios**

En el proyecto establecimos el compromiso de que los ejemplares colectados previamente y durante el proyecto serían depositados en diferentes colecciones biológicas: MEXU-IBUNAM (3,000 ejemplares), IEB-INECOL (500 ejemplares), IBUG-IB-CUCBA-UDG (500 ejemplares) y EBUM-FB-UMSNH (500 ejemplares).

Los 1,612 registros de colecta corresponden a un total de 2,520 ejemplares (Tabla 3). Quedan pendientes por entregar 394 ejemplares de registros de los colectores Selene Rangel Landa, Erandi Rivera Lozoya y Ricardo Lemus Fernández, éstos se entregarán a finales del 2022, una vez que en los herbarios se hayan procesado los ejemplares



entregados previamente por el equipo de trabajo (ANEXO 2\_Entrega de ejemplares a herbarios RG023).

Hasta el momento se han foliado 720 ejemplares. El lento procesamiento de foliación de los ejemplares en los herbarios se debe a que fue hasta el presente año cuando éstos retomaron actividades. Refrendamos el compromiso de continuar actualizando los registros hasta que se haya recuperado el folio de todos los ejemplares de los registros entregados.

Tabla 3. Colecciones científicas en las que se depositaron y depositarán los ejemplares herborizados.

<b>Siglas de la colección</b>	<b>Núm. de ejemplares</b>	<b>Núm. de ejemplares entregados</b>	<b>Núm. de ejemplares foliados</b>
EBUM	720	619	242
IBUG	99	41	0
IEB	417	242	92
MEXU	1121	1061	386
UCOL	48	48	0
ZEA	115	115	0
<b>TOTAL</b>	<b>2,520</b>	<b>1,963</b>	<b>720</b>

### 5.1.3 Imágenes digitales

Durante el proyecto se asociaron a los registros 3,666 imágenes. Teniendo en cuenta lo comprometido, el número de imágenes entregadas supera en 22.2% la meta propuesta de 3,000 imágenes de ejemplares colectados y observados dentro de agroecosistemas mexicanos. De estas imágenes 2,612 corresponden a registros de colectas y



observaciones realizadas durante el proyecto (a partir de enero de 2019) y 1,054 a ejemplares colectados/observados previamente a esta fecha.

Del total de imágenes, 1,258 corresponden a registros de observaciones (34.3%), y 2,408 (65.7%) son imágenes de ejemplares colectados, ya sea en los sitios de colecta u observación, o bien, imágenes del material herborizado y que fueron tomadas por el equipo de trabajo.

De las 3,666 imágenes, 3,227 se han almacenado en la plataforma KoBO-CONABIO, y 439 han sido entregadas como archivos independientes, de las cuales 134 imágenes (3.7%) son vínculos a imágenes de los ejemplares colectados por nuestro grupo y que ya han sido digitalizadas en el Herbario Nacional MEXU. Para 97 registros, las imágenes digitalizadas en el MEXU son las únicas imágenes asociadas a los ejemplares, mientras que, para 37 registros, además del vínculo a la imagen digitalizada del MEXU, hay al menos una imagen tomada en campo.

#### **5.1.4 Reporte de cambios y aclaraciones producto de la revisión de registros**

Junto con el reporte general de avances alcanzados a lo largo del proyecto, en este informe presentamos los cambios y aclaraciones a las observaciones recibidas en el informe de la última etapa del proyecto por parte del equipo CONABIO. Esto, tanto a nuestros registros capturados en la plataforma KoBo como a aquellos entregados de forma independiente en formato Excel. Así mismo, se presentan los resultados de la validación y revisión de los registros identificados como duplicados entre el presente proyecto RG023 y la base de datos SNIB.

El 24 de marzo de 2021, a través del oficio DGP/097/21, en el documento MIB20045, se dieron respuestas a las observaciones sobre los registros entregados en



el segundo informe parcial del proyecto. Se reportaron registros de 3 ejemplares del género *Opuntia* depositados en el herbario EBUM en el SNIB y 154 ejemplares depositados en el MEXU antes del 2019 y en proceso de ser incorporados a este mismo sistema. Luego de una reunión realizada el 3 de agosto de 2021 con la Subcoordinación de Inventarios Bióticos (SIB) y la Coordinación del proyecto de Agrobiodiversidad se resolvió que los registros duplicados serían contabilizados como registros del proyecto RG023. Esto, debido a que presentan información complementaria que será incluida en el SIAGroBd e información de mayor precisión que se incluirá y/o sustituirá en el SNIB. El detalle de esta validación, registro a registro se encuentra en el ANEXO 3. Validación registros duplicados RG023-SNIB. En este archivo se indica cuál es el dato correcto. Las razones se exponen en el ANEXO 4. Explicación asociada a ejemplares duplicados RG023-SNIB.

Con el fin de evitar que se generen registros de ejemplares depositados previamente a la realización del proyecto en los herbarios MEXU, EBUM e IEB, se acordó que se éstos se marcarían con la leyenda SNIB-CONABIO – PROYECTO RG023. Hasta el momento se han marcado 50% de los ejemplares en el MEXU y 30% en el EBUM. En el IEB aún no se nos ha permitido acceso a la colección.

El 09 de junio de 2022, a través del Oficio No. DGP/124/22, recibimos las observaciones realizadas en MIB22016 a los registros entregados en formato Excel. La totalidad de las observaciones fueron revisadas y corregidas. Los registros corregidos se entregan en el archivo adjunto del ANEXO 1. Registros herbario RG023\_reporte final. El reporte de los cambios generales se encuentra en el archivo del ANEXO 5. Reporte de respuestas generales a observaciones MIB22016\_Registros Herbario\_RG023 Informe final. La relación de las respuestas detalladas se encuentra en el archivo del ANEXO 6. Respuesta a observaciones MIB22016\_Registros de herbario\_RG023 Informe Final.

El 17 de mayo de 2022 recibimos las observaciones realizadas en MIB22011 a los registros cargados en la plataforma KoBo (Oficio No. DGP/102/22). Los cambios fueron



realizados en la plataforma. Las respuestas generales a las observaciones se encuentran en el ANEXO 7. Reporte de respuestas generales a observaciones MIB22011\_Registros Kobo\_RG023 Informe final, mientras que la relación detallada de las respuestas se encuentra en el archivo del ANEXO 8. Respuesta a observaciones MIB22011\_Registros KoBo\_RG023 Informe final.

### **5.1.5 Mapas de distribución**

Se consiguió generar mapas de distribución potencial para 20 especies de relevancia dentro de los agroecosistemas de México. Estos modelos y mapas se detallan y presentan en la sección 5.3 y en los ANEXOS 9, 10, 11 y 12. Los modelos y mapas presentados fueron producto de revisiones y curaduría de bases de datos de SNIB-CONABIO; así como de talleres y revisiones con 11 expertos dentro de nuestro grupo de trabajo, los cuales validaron las distribuciones proyectadas en los mapas. Adicionalmente, los modelos y mapas de distribución de potencial incorporan las observaciones y sugerencias de la Subcoordinación de Sistemas de Información Geográfica de la CONABIO, entregadas al equipo de trabajo a través del Memorándum SIGPR-2022-002 (Anexo 10. Respuesta a SIGPR-2022-002-RG023\_envio).

### **5.1.6 Otros productos generados**

Conforme a lo comprometido, nuestro equipo de trabajo generó una serie de productos asociados directa o indirectamente con la información del presente proyecto: 16 tesis (6 finalizadas, tres de licenciatura y tres de doctorado, ANEXO 13, 10 tesis en proceso, 7 de doctorado y tres de licenciatura); 18 artículos científicos publicados o en prensa, 19 capítulos en libros internacionales y uno en libro nacional arbitrados (en prensa) (ANEXO



14), así como actividades de difusión y vinculación con la población, en las cuales hacemos explícito nuestro agradecimiento a este proyecto y a la CONABIO.

Originalmente comprometimos la publicación de un recetario de quelites de la Sierra Negra de Puebla, un catálogo sobre las especies de quelites del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, y un manual de prácticas agroforestales. El recetario de quelites de la Sierra Negra de Puebla se encuentra en un borrador avanzado (ANEXO 15), los otros dos productos comenzaron a elaborarse, pero debido a que suspendimos el trabajo de campo en las comunidades donde se elaboraban, no fue posible terminarlos para su publicación. No obstante, logramos generar otros materiales cuyo detalle se presenta en la sección 5.4 y los ANEXOS 15 y 16.

### **5.1.7 Perspectivas de futuros compromisos**

Del total de registros, el 98.2% están identificados hasta el nivel de especie, solamente 38 registros se pudieron determinar a nivel de género pues, a pesar de consultar a especialistas en los grupos correspondientes, estos ejemplares no se pudieron identificar plenamente.

La totalidad de ejemplares con los que contamos serán entregados a las colecciones biológicas correspondientes, y se obtendrán los folios, los cuales se irán reportando a la CONABIO paulatinamente para cada registro. El tiempo para concluir esta tarea no está en nuestras manos, depende de los ajustes organizacionales de las instituciones que albergarán las colecciones.



## 5.2) Síntesis de información sobre la agrobiodiversidad en Mesoamérica

### 5.2.1 Cobertura geográfica

En el presente proyecto documentamos la agrobiodiversidad en distintas regiones del área mesoamericana. Los 2,194 registros de agrobiodiversidad que se generaron se efectuaron en 47 municipios de 12 estados del país (Tabla 4). Destacan las colectas en sitios de las Reservas de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Zicuirán-Infiernillo, Mariposa Monarca y Montes Azules, así como en el bosque tropical seco de Colima en las vecindades de la Reserva Sierra de Manantlán.

Tabla 4. Estados y municipios de México donde se realizaron registros de agrobiodiversidad.

Estado	Número de registros	Municipio	Número de registros
Chiapas	64	Ocosingo	64
Ciudad de México	3	Cuajimalpa de Morelos	3
Colima	151	Comala	68
		Villa de Álvarez	83
Guanajuato	24	San Felipe	24
Guerrero	18	Ahuacuotzingo	4
		Chilapa de Álvarez	14
Hidalgo	14	Singuilucan	7



Estado	Número de registros	Municipio	Número de registros
		Zacualtipán de Ángeles	7
Jalisco	4	Zapotitlán de Vadillo	4
México	2	Donato Guerra	2
Michoacán de Ocampo	929	Arteaga	8
		Charo	8
		Churumuco	263
		Erongarícuaro	243
		Indaparapeo	1
		Irimbo	3
		La Huacana	60
		Maravatío	1
		Morelia	62
		Nuevo S. J. Parangaricutiro	4
		Pátzcuaro	90
		Queréndaro	5
Quiroga	1		



Estado	Número de registros	Municipio	Número de registros
		Sahuayo	2
		Tarímbaro	5
		Tingambato	23
		Tzitzio	2
		Uruapan	1
		Ziracuaretiro	2
		Zitácuaro	145
Oaxaca	782	Asunción Nochixtlán	12
		Concepción Pápalo	56
		San Agustín Etlá	2
		San Juan Bautista Coixtlahuaca	1
		San Juan Bautista Cuicatlán	266
		San Pedro Jocotipac	2
		Santa María Ixcatlán	438
		Tlacolula de Matamoros	6
Puebla	198	Atexcal	1



Estado	Número de registros	Municipio	Número de registros
		Caltepec	97
		Coyomeapan	57
		San Gabriel Chilac	1
		Tepexi de Rodríguez	28
		Zapotitlán	7
		Zoquitlán	7
Tlaxcala	4	Nanacamilpa de Mariano Arista	4

### 5.2.2 Diversidad representada

Los registros incorporados hasta el momento corresponden a 1,096 especies, pertenecientes a 604 géneros de 147 familias, de acuerdo con el Catálogo de Autoridades Taxonómicas de Especies de Flora y Fauna con Distribución en México (CONABIO 2022). Cabe mencionar que en los casos de especies que aún no se han incorporado en el Catálogo, se tomó como referencia la información presentada en los sitios Plants of the World Online (POWO 2019), The Plant List (The Plant List 2013) y Tropicos (Tropicos.org 2021).

Las familias más representadas son Asteraceae (298 registros), Fabaceae (207), Solanaceae (101), Asparagaceae (92), Malvaceae (72), Cactaceae (71), Lamiaceae (68), Euphorbiaceae (58), Rosaceae (58) y Burseraceae (41) (Figura 2a); mientras que los géneros con más registros son *Agave* (84 registros), *Solanum* (44), *Bursera* (41), *Opuntia*



(38), *Salvia* (34), *Tagetes* (32), *Quercus* (27), *Euphorbia* (26), *Ipomoea* (26), *Acacia* (23), *Capsicum* (21), *Phaseolus* (21), *Amaranthus* (20), *Prunus* (20) y *Psidium* (20) (Figura 2b). Las especies para las que tenemos un mayor número de registros son *Amaranthus hybridus* (19), *Capsicum annuum* (17), *Psidium guajava* (15), *Tagetes erecta* (15), *Persea americana* (12), *Spondias purpurea* (12), y *Agave salmiana* var. *salmiana* (11).

En el caso de los géneros en los que se puso mayor énfasis en la generación de registros: *Agave*, *Opuntia*, especies de cactáceas columnares y candelabrifformes, quelites, parientes silvestres de cultivos mesoamericanos, palmas (*Chamaedorea tepejilote*) y árboles, como guayabas (*Psidium* spp.) y cacao (*Theobroma cacao*), hemos logrado coleccionar ejemplares, realizar observaciones y sistematizar información de los agroecosistemas que los albergan (Figura 3).

### 5.2.3 Fuente de colecta u observación

Los registros reportados a lo largo del proyecto fueron colectados y observados en 11 sistemas diferentes, siendo los lugares con mayor número de registros aquellos en donde predomina la vegetación silvestre (882 registros, 40.17% del total) que forma parte de la matriz paisajística donde están inmersos los agroecosistemas. Resaltan también los sistemas asociados a poblaciones humanas como los traspatios con 316 registros (14.41%), las casas con 276 registros (12.59%), vegetación secundaria dentro de poblados con 55 registros (2.51%), áreas verdes urbanas (11 registros, <1%) y ambientes ruderales asociados a caminos y carreteras (9 registros, < 1%).

El porcentaje de registros colectados en áreas de actividad agrícola aumentó durante la última etapa del proyecto, reportando en total 533 registros (24.3%) en cultivos de maíz, trigo, alfalfa, hortalizas, centeno, maguey, aguacate y frutales, así como en ambientes ruderales asociados a estos cultivos con 32 registros (1.46%). También se realizaron 10 registros (<1%) en campos agrícolas abandonados. Por otro lado, se



reportaron 51 registros (2.33%) en mercados de diferentes municipios de los estados de Michoacán, Guerrero y Puebla, así como 17 registros (<1%) en las proximidades de una unidad de producción de mezcal en vegetación silvestre.

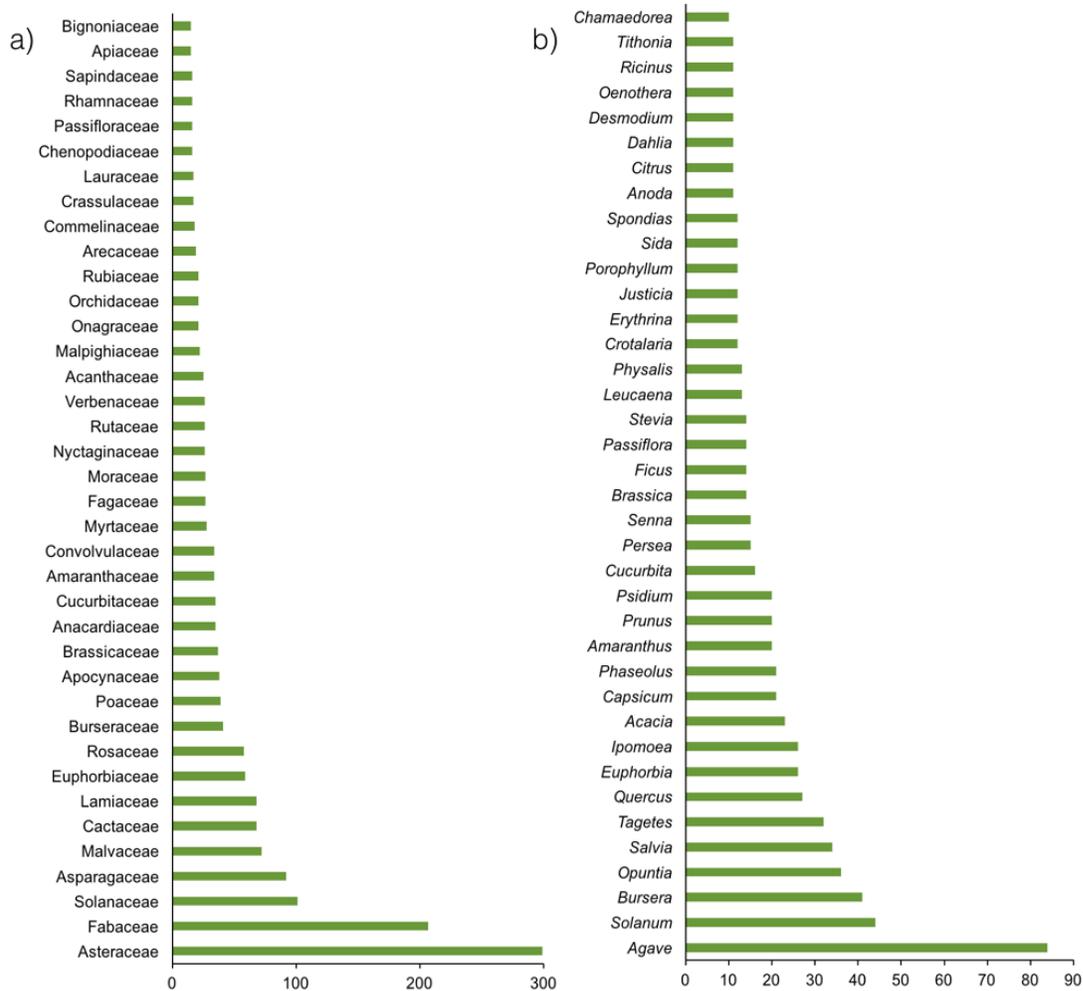


Figura 2. Registros por familia y género realizados por el proyecto RG023 hasta el presente informe; a) Familias botánicas con mayor número de registros; b) Géneros botánicos con mayor número de registros.



Figura 3. Muestra de la agrobiodiversidad registrada durante el proyecto. a) *Cucurbita argyrosperma* subsp. *argyrosperma*; b) *Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia*; c) *Amaranthus hypochondriacus*; d) *Agave mapisaga*; e) *Opuntia streptacantha*; f) *Escontria chiotilla*; g) *Theobroma cacao*; h) *Chamaedorea tepejilote*; i) *Psidium guineense*. Fotos: a, d, i, Ignacio Torres-García; b, e, Gonzalo Álvarez-Ríos; c, g, Lucía Pérez-Volkow; f, Francisco Javier Rendón-Sandoval; h Viviana Andrade-Erazo.



#### 5.2.4 Tipo de vegetación

A lo largo de las cuatro etapas del proyecto se realizaron colectas y observaciones en 12 tipos de vegetación, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1978). Es importante aclarar que nuestros registros fueron obtenidos en zonas donde existe un manejo permanente de la biodiversidad por parte de las comunidades, y, por lo tanto, la vegetación natural frecuentemente ha sido modificada para establecer cultivos, traspacios, y áreas verdes urbanas. El tipo de vegetación que reportamos para estos registros corresponde a la vegetación natural aledaña a estas áreas.

El mayor porcentaje de registros se efectuó en zonas donde predomina el bosque tropical caducifolio (825 registros, 37.6% del total); asimismo, se registró un alto porcentaje de ejemplares en zonas de bosque de *Quercus* (531 registros, 24.2%) y matorral xerófilo (358 registros, 16.3%). El porcentaje restante de registros se llevó a cabo en zonas de palmar (222, registros, 10.1%), bosque tropical perennifolio (96 registros, 4.4%), bosque de *Pinus* (75 registros, 3.4%), bosque mesófilo de montaña (29 registros, 1.3%), matorral de *Pinus* (29 registros, 1.4%). Adicionalmente, se realizaron registros en bosque tropical subcaducifolio, bosque de *Juniperus*, bosque de *Alnus*, y bosque espinoso (todos con <1% del total de registros).

#### 5.2.5 Estatus ecológico de los registros y tipo de manejo

Dentro de los agroecosistemas estudiados en este proyecto, encontramos que el 77.1% (1692 registros) de los ejemplares registrados corresponden a especies en estado silvestre, mientras que el 17.9% (393) son de especies domesticadas y 4.8% (109 registros) de especies de plantas arvenses.



De los 2193 registros realizados, 1917 (87.4%) presentan al menos un tipo de manejo, mientras que para 257 registros (11.7%) no se reportó ninguno; adicionalmente, contamos con 19 registros para los que no fue posible determinar si recibían alguna práctica de manejo (estatus de ND).

En cuanto al tipo de manejo, registramos que la recolección es el tipo de interacción con mayor número de reportes (915), seguida de plantas que son toleradas (773) y plantas que son cultivadas (515) (Figura 4). Estos tipos de manejo son propios del tipo de agroecosistemas en donde se efectuó la mayor parte de nuestros registros, en los cuales los sistemas productivos interactúan de forma permanente con vegetación silvestre, la cual a su vez es aprovechada por las comunidades. Adicionalmente, se reportaron plantas protegidas (199), fomentadas (123), forrajeadas (109), removidas (30) y trasplantadas (9).

### **5.2.6 Tipo de agroecosistemas**

A lo largo del proyecto registramos especies de plantas en 32 tipos de agroecosistemas (Figuras 5 y 6). Si bien gran parte de nuestros datos han sido obtenidos en zonas donde predomina la vegetación silvestre (sección 5.2.3), al ser parte de matrices agrícolas, estas áreas son frecuentadas por personas que utilizan y manejan los recursos disponibles en tales lugares.

Por esta razón reportamos una alta proporción de registros en sistemas silvopastoriles (22.82%) y forestales (6.25%). Aunque en estos no se lleva a cabo el cultivo de plantas, la vegetación es intervenida como zona de libre pastoreo y para la recolección de recursos como madera, frutos silvestres, plantas medicinales y ceremoniales. Este mismo tipo de manejo se lleva a cabo en sistemas como los acahuals (3.88%) y zonas vegetación secundaria asociada a poblados (2.74%).

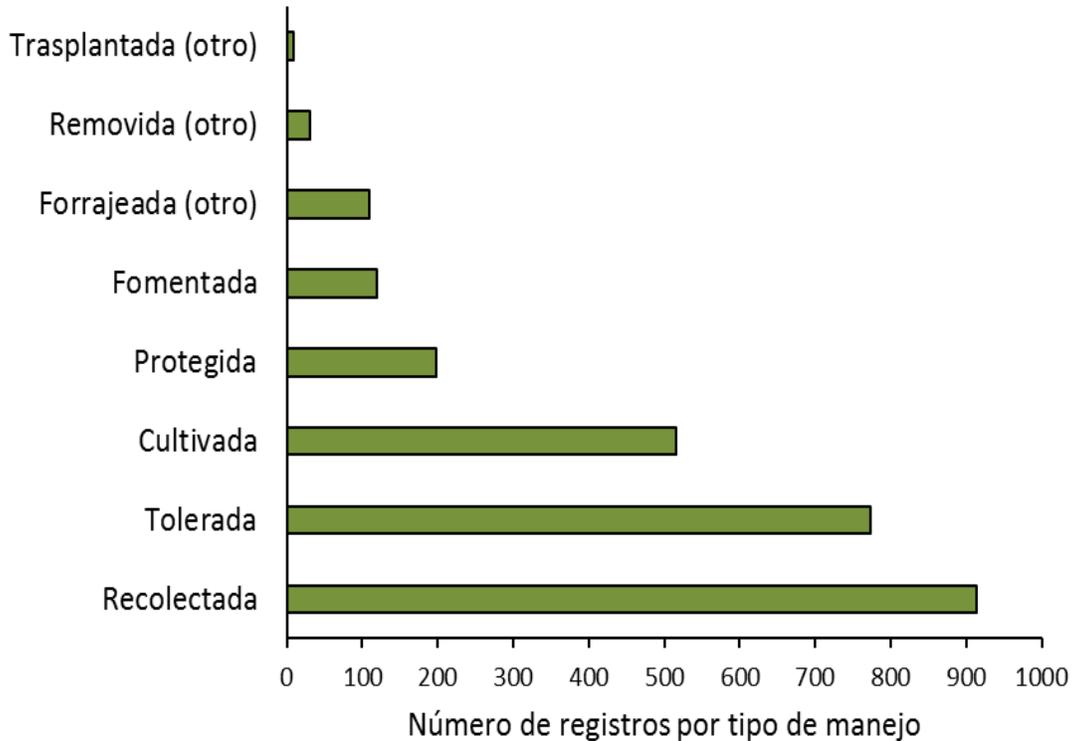


Figura 4. Tipo de manejo presente en los registros realizados.

Nuestros estudios se dirigieron especialmente a sistemas tradicionales en los que la agrobiodiversidad contempla especies domesticadas, arvenses y silvestres, en donde se intercala el manejo de vegetación silvestre con un manejo agrícola. Por ello, reportamos un porcentaje considerable en sistemas como milpa (7.99%), sistemas agroforestales (6.53%) y agrosilvopastoriles (4.52%), además de sistemas con particularidades propias de cada tipo de territorio, como los sistemas de milpas-acahual (2.10%), milpa-palmar de *Brahea dulcis* (0.5%) y los de milpa-chichipera (0.09%).

Otro grupo de sistemas en el que se efectuó un alto porcentaje de registros, fueron agroecosistemas de pequeña escala asociados a un manejo de tipo más familiar. Entre



estos destacan los huertos familiares (11.09%), traspatios (8.81%), solares (6.02%) y patios (2.33%).

Adicionalmente, se reportan registros en sistemas en los que el manejo es enfocado a cultivos específicos como lo son los cultivos de cereales de invierno, como trigo y centeno (1.73%), sistemas con presencia de árboles frutales y cultivos perennes (1.1%) y magueyeras (1.19%).

También se hicieron registros en sistemas agroforestales descritos recientemente en la literatura por nuestro grupo de trabajo, como es el caso del agroecosistema “Apancle” (5.02%) de la región de La Cañada de Cuicatlán, Oaxaca (Rendón-Sandoval et al. 2020), en cuya descripción se incluyen las especies vegetales registradas por el proyecto. También estamos sistematizando información que nos permitirá en un futuro describir en detalle otros sistemas agroforestales tales como la Milpa-palmar de *Brahea dulcis*, mencionada anteriormente, un sistema ampliamente extendido en la región de La Mixteca y que hemos documentado más profundamente en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Son también los casos de las asociaciones de cultivos y pitireras (“pitire” es el nombre común de *Stenocereus quevedonis*) en la Tierra Caliente de Michoacán y los palenques/vinatas de Oaxaca, Puebla y Michoacán, los cuales estamos documentando en los estudios apoyados por el proyecto. Cabe mencionar que hemos incorporado en categorías genéricas de sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles a distintos sistemas agroforestales de Tierra Caliente de Michoacán para los cuales aún no hemos utilizado un nombre distintivo. Planeamos describirlos en próximas publicaciones. Este es un trabajo relacionado con un esfuerzo más general, dirigido a sistematizar información y construir una tipología de sistemas agroforestales de México.

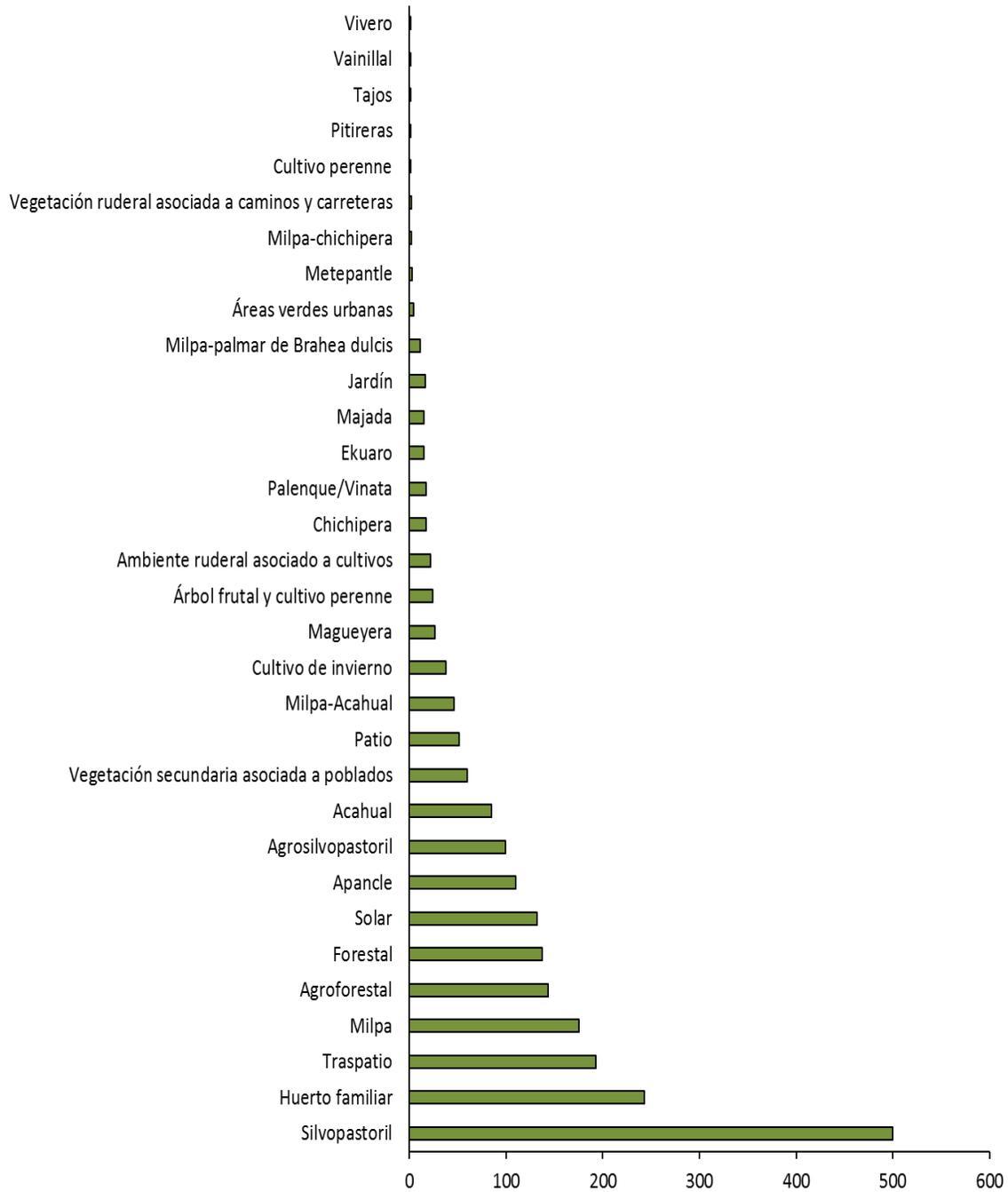


Figura 5. Número de registros por tipo de agroecosistema.

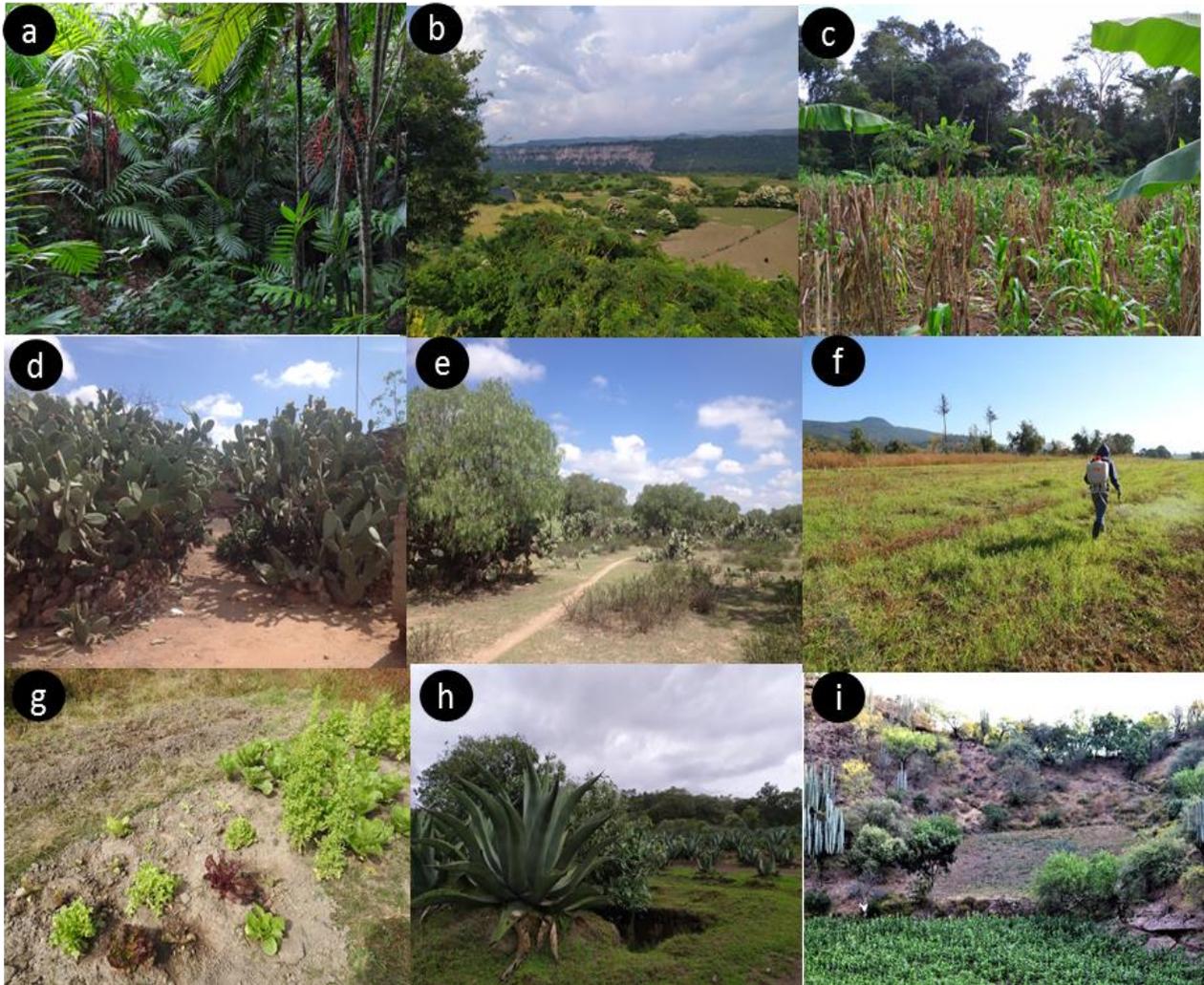


Figura 6. Ejemplos de algunos agroecosistemas muestreados: a) Traspatio con tepalotes, Puebla; b) Milpa agroforestal, Colima; c) Milpa-Acahual, Chiapas; d) Traspatio con nopales, Guanajuato; e) Majada, Guanajuato; f) Cultivo de invierno de trigo, Michoacán; g) Huerto familiar de hortalizas, Michoacán; h) Magueyera, Hidalgo; i) Milpa y huertos frutales irrigados con “Apancles”, Oaxaca. Fotos: a, b, d, e, h, Gonzalo Álvarez-Ríos; c Lucía Pérez-Volkow; f, g de María del Mar Gallego-Mahecha; i de Francisco Javier Rendón-Sandoval.



### 5.2.7 Síndrome de domesticación

Aunque el concepto de síndrome de domesticación se encuentra en continua revisión y discusión, en el proyecto identificamos algunos rasgos de domesticación en 379 registros. Los rasgos de domesticación registrados con mayor frecuencia fueron cambios en las características del fruto (en 176 registros), cambios en la concentración de metabolitos (137 registros), y cambios en la arquitectura de la planta (124 registros). Es pertinente mencionar que, además de los rasgos propuestos en la plataforma, capturamos otros que identificamos en los registros como cambios en las características de la flor, cambios en las características de la inflorescencia, cambios en las características de las hojas y cambios en las características de la raíz (Tabla 5).

Tabla 5. Rasgos asociados a síndrome de domesticación identificados en los registros efectuados en el proyecto.

<b>Rasgos de síndrome de domesticación</b>	<b>Núm. de registros</b>
Cambios en las características del fruto	176
Cambios en la concentración de metabolitos	137
Cambios en la arquitectura de la planta	124
Cambios en características de semillas	43
Cambios en estrategias reproductivas	35
Cambios en mecanismos de protección	32
Cambios en los mecanismos de dispersión	30



Cambios en ploidía	24
Cambios en las características de la flor	24
Cambios en las características de la inflorescencia	13
Cambios en las características de las hojas	11
Cambios de formas de vida	12
Cambios en las características de la raíz	2

### 5.2.8 Forma de vida y de crecimiento

De los registros reportados, el 51.8% corresponden a la forma de vida hierba, 22.7% árbol, 17.2% arbusto, 4.9% rosetófila y 3.4% liana o bejuco. El 31.6% de los registros tienen una forma de crecimiento arborescente, 8.5% sufrútice, 8% trepadora, 5.2% rastrera, 1% globosa y 0.7% columnar. Cabe resaltar que la mayoría de los registros (45%) poseen una forma de crecimiento que no corresponde a ninguna de las categorías establecidas en el sistema, por ello se seleccionó la opción No Aplica (NA) (Tabla 6).

Tabla 6. Forma de vida de los registros.

<b>Categoría</b>	<b>Núm. de registros</b>	<b>Porcentaje</b>
Árbol	500	22.8%
Arbusto	385	17.7%
Hierba	1,123	51.2%



Liana o bejuco	72	3.4%
Rosetófila	114	4.9%

### 5.2.9 Sobre los colaboradores locales, donantes o informantes

En 1,676 registros (76% del total) se contó con la presencia de personas colaboradoras que brindaron información en campo sobre las especies registradas. El 43.3% fueron del género femenino, el 55.2% del masculino y para el 1.6% se omite el dato.

Las personas que nos han brindado acompañamiento durante el levantamiento de registros pertenecen a comunidades mestizas y a diez grupos culturales diferentes. La información etnobotánica que hemos registrado forma parte los saberes y legado biocultural de los pueblos ixcateco (25%), mazahua (7.3%), cuicateco (5.9%), lacandón (3.8%), nahua (3%), mixteco (2.6 %), zapoteco (0.2%), afromexicano (0.1%), popoloca (0.1%), p'urhépecha (0.1%) y mestizos (51.8%) (Tabla 7).

Tabla 7. Grupos culturales que brindaron información.

Grupo cultural	Núm. de registros	Porcentaje
Mestizo	869	51.9%
Ixcateco	419	25%
Mazahua	123	7.3%
Cuicateco	99	5.9%



Lacandón	64	3.8%
Nahua	52	3.1%
Mixteco	44	2.6%
Zapoteco	3	0.2%
Afromexicano	1	0.1%
Popoloca	1	0.1%
P'urhépecha	1	0.1%

### 5.2.10 Tipo de uso y partes utilizadas

En total, 1,410 registros (64.3% del total) cuentan con información sobre uso. Hemos documentado 32 categorías de uso, siendo las más frecuentes las alimenticias (en el 36.2% de las plantas registradas con uso), medicina tradicional (en el 28.1%), forraje (en el 23.7%), ornamental (14.4%), combustible (9.8%) y ceremonial o ritual (7.2%) (Tabla 8). Para 785 registros (35.8%) no se documentó algún tipo de uso.

Tabla 8. Tipos de usos reportados

<b>Tipo de uso</b>	<b>Núm. de registros</b>	<b>Porcentaje</b>
Alimentación	513	36.2
Medicina tradicional	395	28
Forraje	335	23.8



Ornamental	206	14.6
Combustible	139	9.9
Ceremonial o ritual	101	7.2
Construcción	71	5
Bebida	62	4.4
Cerca viva	60	4.3
Sombra	45	3.2
Utensilio	37	2.6
Artesanal	19	1.3
Facilitadora	10	0.7
Lúdico	9	0.6
Control de fauna	7	0.5
Control de suelo	5	0.4
Jabón	6	0.4
Veneno	5	0.4
Mejoramiento de suelo	4	0.3
Fibra	3	0.2
Veterinario	3	0.2
Anunciador	2	0.1
Aromática	2	0.1
Conservación	2	0.1



Insecticida	2	0.1
Tintes y pinturas	2	0.1
Almacén	2	0.1
Cosmético	1	0.1
Melífera	1	0.1
Pegamentos y adhesivos	1	0.1
Repelente	1	0.1

Para los 1,410 registros de uso, las hojas son la parte útil reportada con mayor frecuencia (en 690 registros), seguidas por los tallos/guías (en 522 registros), fruta / fruto (367), individuo vivo (177), flor (207), inflorescencia (135), exudado (47), grano /semilla (49), ramas (45), individuo completo (34), raíz / tubérculo (34), corteza (18), cáscara del fruto (3) y yemas (1) (Figura 7).

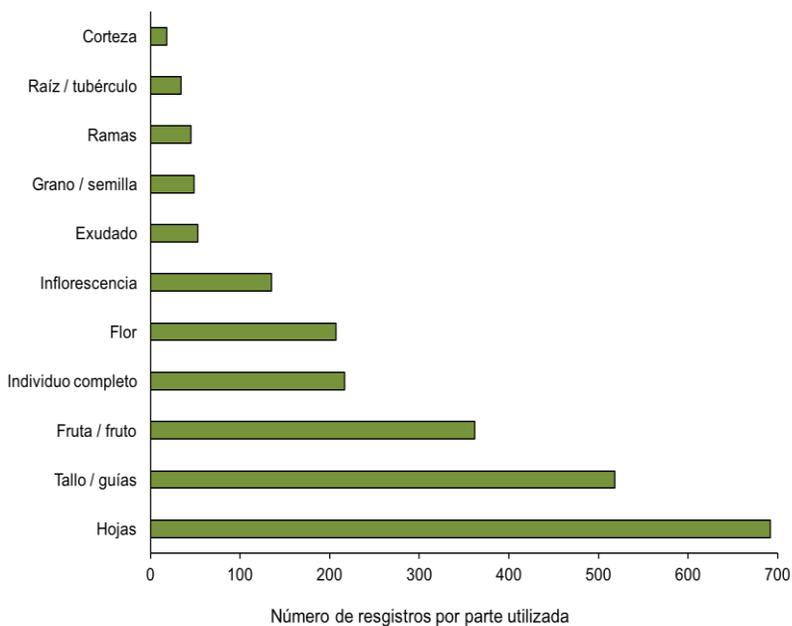


Figura 7. Partes útiles de las plantas registradas.



### 5.2.11 Nombres comunes de las plantas

Por medio de entrevistas durante la colecta u observación, así como mediante ejercicios de elicitación con ejemplares herborizados e imágenes, tomamos nota del nombre común de las plantas para un total de 1,414 registros. Estos nombres comunes se encuentran en 9 lenguas distintas: español, ixcateco, mazahua, lacandón, cuicateco, náhuatl, mixteco, purépecha y zapoteco. Reportamos 1,259 registros que presentan nombre común únicamente en español, 137 registros cuyo nombre común se reporta únicamente en alguna lengua originaria y 194 registros que presentan nombre común, tanto en lengua originaria como en español. El número total de registros que reportaron nombre común en español fue de 1259 y 337 en lenguas indígenas, de los cuales 107 fueron en ixcateco, 71 en mazahua, 62 en lacandón, 42 en cuicateco, 40 en náhuatl, 24 en mixteco, 2 en zapoteco y 1 en p'urhépecha.

Considerando los nombres reportados en todas las lenguas, obtuvimos en total 1747 nombres comunes diferentes (Tabla 9). Es importante considerar que un nombre común puede ser compartido por más de una especie o grupo de especies; por ejemplo, los pastos (poáceas y ciperáceas), copales (*Bursera* spp.) y nanches (*Malpighia* spp., *Byrsonima crassifolia*). También, una misma especie puede recibir más de un nombre común, como es el caso, por ejemplo, de *Bidens pilosa* a la que hemos registrado como aceitillo, ojo de gallo, santa maría. Por lo tanto, el número total de nombres comunes reportados no es idéntico al número total de registros y especies para las cuales se proporcionó este dato.



Tabla 9. Número de nombres comunes reportados en 8 lenguas habladas por los donantes de información.

Lengua	Núm. total de nombres comunes reportados
Español	1381
Ixcateco	115
Mazahua	71
Lacandón	65
Cuicateco	45
Náhuatl	40
Mixteco	27
Tarasco	1
Zapoteco	2
<b>TOTAL</b>	<b>1747</b>

### 5.3) Mapas de distribución potencial de especies relevantes para la agrobiodiversidad

Se generaron mapas de distribución potencial para 20 especies: (1) *Agave hookeri*, (2) *Agave inaequidens*, (3) *Agave salmiana* subsp. *crassispina*, (4) *Agave salmiana* subsp. *salmiana*, (5) *Bursera submoniliformis*, (6) *Chamaedorea tepejilote*, (7) *Escontria chiotilla*, (8) *Juniperus flaccida*, (9) *Lemaireocereus hollianus*, (10) *Leucaena esculenta* subsp. *esculenta*, (11) *Myrtillocactus schenckii*, (12) *Pachycereus weberi*, (13) *Polaskia chende*, (14) *Polaskia chichipe*, (15) *Psidium guineense*, (16) *Stenocereus huastecorum*, (17)



*Stenocereus laevigatus*, (18) *Stenocereus pruinosus*, (19) *Stenocereus quevedonis* y (20) *Stenocereus stellatus*.

Los modelos tuvieron un Área Bajo la Curva TD (AUCTD) con valores que van de 0.903 a 0.989 y Áreas Bajo la Curva RP (AURP) de 0.5. En el ANEXO 9 se encuentran los mapas en formato .png y en el ANEXO 10 se encuentran las carpetas que contienen todos los resultados que arroja MAXENT, los archivos Shape file y los mapas en formato TIFF. En el ANEXO 11 pueden consultarse las bases de datos utilizadas y en el ANEXO 12 el archivo en Access con los metadatos.

De las 20 especies que modelamos, 19 cumplían con el criterio de selección de que no estuvieran ya modeladas por la CONABIO. La única excepción fue *Stenocereus pruinosus*, especie para la cual estudios taxonómicos, morfológicos y genéticos de nuestro equipo de trabajo condujeron a una nueva propuesta de clasificación del complejo de especies dentro del cual se encuentra *S. pruinosus*. El nuevo tratamiento identificó que las que se consideraban poblaciones de *S. pruinosus* en el sureste y península de Yucatán corresponden a la especie *S. laevigatus*; mientras que las poblaciones de la región Huasteca (Guanajuato, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y un grupo de poblaciones aisladas en Veracruz) corresponden a *S. huastecorum*, especie recientemente descrita (Alvarado-Sizzo et al., 2018). Quedando así la especie *S. pruinosus* acotada a los estados de Puebla y Oaxaca (Fig. 8) (Alvarado-Sizzo et al., 2018; 2019; Alvarado Sizzo y Casas 2022).

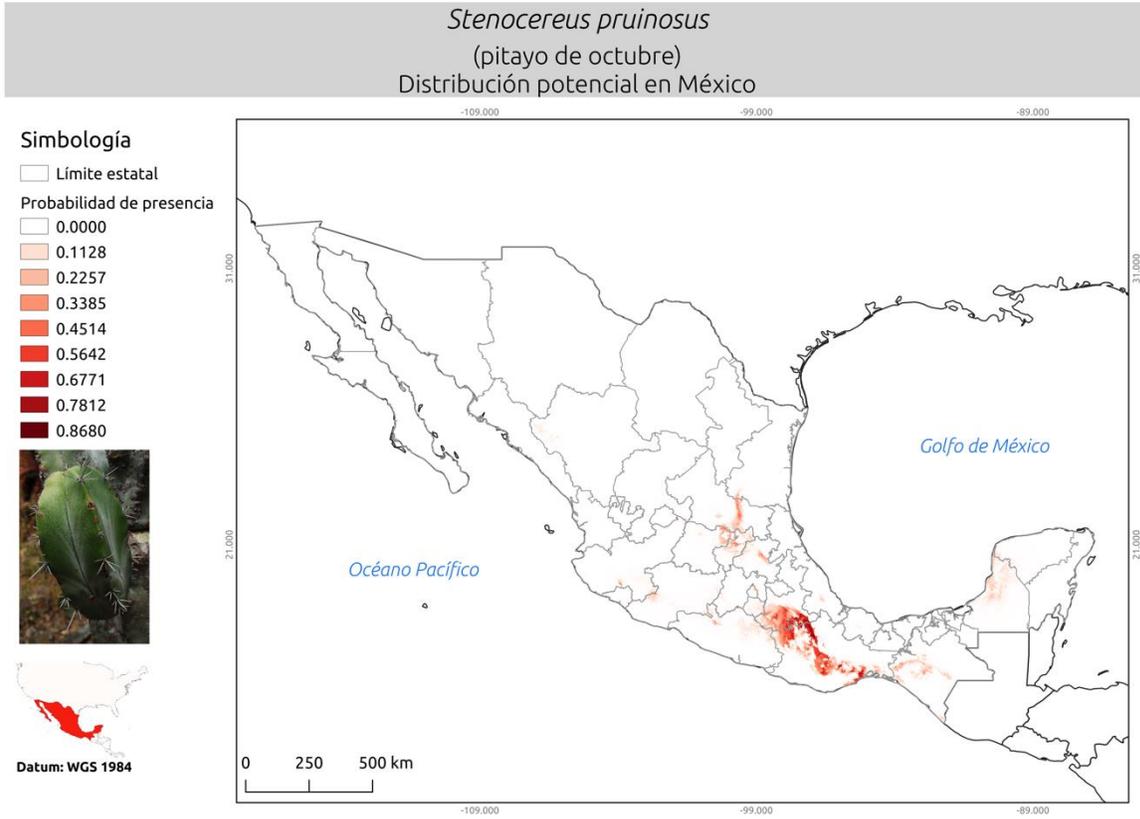


Figura 8. Mapa de distribución potencial de *Stenocereus pruinosus*.

Queda como experiencia metodológica positiva la consulta a expertos en el estudio de las diferentes especies de interés como parte del proceso de depuración de la información. Esta permitió en poco tiempo establecer una lista de especies de relevantes en el tema de agrobiodiversidad, y atender los aspectos taxonómicos pertinentes y otros temas de importancia en investigación, este procedimiento es, por lo tanto, recomendable. El escenario ideal en el proceso es complementar la información con verificaciones en campo para validar los mapas. Su verificación en campo por ahora no fue posible debido a las limitaciones impuestas por la pandemia, pero los mapas generados en este ejercicio son confiables pues nuestro grupo ha trabajado con las



especies referidas desde hace años. Nos proponemos hacer una verificación de campo como parte del interés de investigación de nuestro grupo, pero la propuesta debe incluir que el proceso requiere tal verificación. Además, hacer disponibles los mapas dentro del portal SIG de CONABIO permite que otros grupos puedan tener acceso a ellos y contribuir a validar los modelos.

#### **5.4. Productos derivados del proyecto**

Los productos de nuestro equipo vinculados al proyecto se agrupan en dos rubros:

**5.4.1) Productos académicos.** Incluyen (a) tesis concluidas, (b) tesis en proceso y (c) publicaciones académicas relacionadas con el proyecto.

##### ***a) Tesis finalizadas***

- 1) Francisco Javier Rendón Sandoval. **Manejo tradicional y ecología: bases para la conservación de biodiversidad y ecosistemas de bosque tropical seco.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. Finalizada. 2021.
- 2) Amaranta Paz Navarro. **Nohpalli: El nopal tunero. Manejo tradicional de *Opuntia* spp. (Cactaceae) en la localidad de Laguna de Guadalupe, Guanajuato.** Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, ENES Morelia, UNAM. Finalizada. 2021.
- 3) Mayra Melissa Zermeño Hernández. **Efecto del pastoreo caprino sobre la estructura de la vegetación en San Nicolás, Tepoxtitlán, Puebla.** Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Finalizada. 2021.
- 4) Michelle Chávez Gutiérrez. **Uso, manejo y conocimiento tradicional de mamíferos en la comunidad Nahua de Santa María Coyomeapan, municipio de Coyomeapan, Puebla.** Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, ENES Morelia, UNAM. Finalizada. 2020.



- 5) César Iván Ojeda Linares. **Procesos de manejo en fermentos de México: una perspectiva ecológica y cultural.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. Examen doctoral 22 de septiembre de 2022.
- 6) Mariana Zarazúa Carbajal. **Estudio etnoecológico del manejo de fauna por pueblos nahuas de México.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. Finalizada, en revisión por sinodales.

***b) Tesis en proceso***

- 1) Alana Pacheco Flores. **Sistemas agroforestales y su importancia en la conservación y restauración de ecosistemas en Zacualpan, Colima.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.
- 2) Cecilio Mota Cruz. **Estudio y fortalecimiento participativo de la milpa, base para la producción sustentable, conservación de la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria en México.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM.
- 3) Edna Arévalo Marín. **Domesticación y diversidad genética de *Psidium guajava* (Myrtaceae): Una aproximación filogeográfica.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.
- 4) Fernando Estañol Tekuatl. **Conservación de himenópteros del bosque tropical seco en territorios campesinos.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.



- 5) Nadia Campos Salas. **Proceso de domesticación de *Agave americana*. Origen y difusión en el continente americano.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.
- 6) Tania Ivanova González Rivadeneira. **Biocultura y evolución en Mesoamérica y la región andina: sistemas de alimentación en los p'urhepechas de México y los saraguros de Ecuador.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM.
- 7) Viviana Yasmin Andrade Erazo. **Estudios ecológicos y de manejo de palmas silvestres en sistemas agroforestales.** Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.
- 8) Erandi Lizbeth Guzmán Gómez. **Manejo de los recursos vegetales en Ichamio, La Huacana, Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- 9) María Elizabeth Saucedo Gudiño. **Uso, importancia y manejo de recursos vegetales en El Chocolate, Churumuco, Michoacán, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- 10) María Fernanda Salazar Ramírez. **Importancia de plantas y hongos bajo manejo campesino intercambiadas en el Mercado Melchor Ocampo de la ciudad de H. Zitácuaro, Mich., Mex.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

**c) Publicaciones académicas arbitradas**

**c.1. Artículos científicos arbitrados**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

- 1) Rendón-Sandoval, F.J., A. Casas, A.I. Moreno-Calles, I. Torres-García, E. García-Frapolli. 2020. Traditional agroforestry systems and conservation of native plant diversity of seasonally dry tropical forests. **Sustainability** **12**: 4600; doi: <https://doi.org/10.3390/su12114600>
- 2) Torres-García, I., A. León, E. Vega, A.I. Moreno-Calles, A. Casas. 2020. Integral projection models and sustainable forest management of *Agave inaequidens* in western Mexico. **Frontiers in Plant Sciences** **11**: 122. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01224>
- 3) Álvarez-Ríos, G.D., C.J. Figueredo-Urbina, A. Casas. 2020. Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. **Etnobiología** **18** (2). <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/377>
- 4) Arévalo-Marín, E., A. Casas, L. Landrum, M. P. Shock, H. Alvarado-Sizzo, E. Ruiz-Sanchez, C. R. Clement. 2021. The Taming of *Psidium guajava*: Natural and Cultural History of a Neotropical Fruit. **Frontiers in Plant Science** **12**: 714763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.714763>.
- 5) Clement R.C., A. Casas, F.A. Parra-Rondinel, C. Levis, N. Peroni, N. Hanazaki, L. Cortés-Zárraga, S. Rangel-Landa, R. Alves, M. J. Ferreira, M. Cassino, S. Coelho, A. Cruz, M. Pancorbo-Olivera, J. Blancas, A. Martínez-Ballesté, G. Lemes, E. Lotero-Velásquez, V. Mutti Bertin, G. Mazzochini. 2021. Disentangling domestication from food production systems in the Neotropics. **Quaternary** **4**: 4. <https://doi.org/10.3390/quat4010004>
- 6) Ojeda-Linares, C.I., G.D. Álvarez-Ríos, C.J. Figueredo-Urbina, L.A. Islas, P. Lappe-Oliveras, G.P. Nabhan, I. Torres-García, M. Vallejo, A. Casas. 2021. Traditional Fermented Beverages of Mexico: A Biocultural Unseen Foodscape. **Foods** **10**: 2390. <https://doi.org/10.3390/foods10102390>



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

- 7) Parra-Rondinel, F., A. Casas, D. Begazo, A. Paco, E. Márquez, A. Cruz, J. Segovia, I. Torres-García, M. Zarazúa, L. Lizárraga, J. Torres-Guevara. 2021. Natural and cultural processes influencing gene flow among wild (atoq papa), weedy (araq papa and k'ipa papa), and crop potatoes in the Andean region of southern Peru. **Frontiers in Ecology and Evolution** 9: 617969. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.617969>
- 8) Rendón-Sandoval, F.J., A. Casas, P.G. Sinco-Ramos, E. García-Frapolli, A. I. Moreno-Calles. 2021. Peasants' Motivations to Maintain Vegetation of Tropical Dry Forests in Traditional Agroforestry Systems from Cuicatlán, Oaxaca, Mexico. **Frontiers in Environmental Science** 9: 682207. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.68220>
- 9) Zarazúa-Carbajal, M.; M. Chávez-Gutiérrez, J. L. Peña Mondragón y A. Casas. 2022. Ecological knowledge and management of fauna among the Mexicatl of the Sierra Negra, México: an interpretive approach. **Frontiers in Ecology and Evolution** 10: 760805, <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.760805>
- 10) Ortega-Álvarez, R. y A. Casas. 2022. The feeding landscape: bird and human use of food resources across a biocultural landscape of the Colombian Andes. **Sustainability** 14, 4789. <https://doi.org/10.3390/su14084789>
- 11) Pérez Volkow, L.; S. Diemont; T. Selfa; H. Morales y A. Casas . 2022. Rainforest to table: Lacandon Maya women are critical to diverse landscapes and food in Lacanja Chansayab, Mexico. **Agriculture and Human Values**. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10352-z>
- 12) Ortega-Álvarez, R. y A. Casas. 2022. Public participation in biodiversity research across Latin America: dissecting an emerging topic in the Neotropics. **Environmental Science and Policy** 137: 143-151, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.08.016>



- 13) Ortega-Álvarez, R.; A. Pacheco y A. Casas. 2022. The “Guamúchil” tree: a culturally important wild food source for people that enhances bird foraging behavior. **Frontiers in Forests and Global Change**  
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1020207>
- 14) González-Rivadeneira, T. I.; A. Casas y A. Argueta. (2022). Food sovereignty of the P’urhépecha of Michoacán, Mexico: a review. **Journal of Ethnic Foods 9:** 36,  
<https://doi.org/10.1186/s42779-022-00149-0>
- 15) Álvarez-Ríos, G. D.; A. Casas; L. Pérez-Volkow; C. J. Figueredo-Urbina; J. Páramo y M. Vallejo. (Aceptado). Pulquerías of Mexico City: A traditional fermented beverage and spaces of biocultural conservation. **Journal of Ethnic Foods 9:** 40  
<https://doi.org/10.1186/s42779-022-00155-2>
- 16) Aguirre-Dugua, X.; A. Casas; S. Ramírez-Barahona y E. Pérez Negrón. 2023. Estructura filogeográfica de *Crescentia alata* (Bignoniaceae): los huertos como reservorios de diversidad local. **Botanical Sciences 100(1):** 164-185.  
<https://doi.org/10.17129/botsci.3158>
- 17) Alvarado Sizzo, H. y A. Casas. 2022. Genetic diversity, differentiation and phylogeography of the managed *Stenocereus griseus* species complex (Cactaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**  
<https://doi.org/10.1007/s10722-022-01485-5>
- 18) Aguirre-Dugua X. y A. Casas. (En prensa). Mesoamerica in a bowl: botanical and cultural heritage of *Crescentia* L. vessels. **Current Athropology**.



### **c.1. Capítulos en libros arbitrados**

- 19) Casas, A. (En prensa, publicado online) ***Escontria chiotilla* (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Rose CACTACEAE**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza, **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_36-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_36-1)
- 20) Blancas, J., A. Casas. (En prensa, publicado online). ***Myrtillocactus* spp. CACTACEAE**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza, **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_43-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_43-1)
- 21) Camou-Guerrero, A., J. Vega, M.T. Guerrero-Olivares, A. Casas. (En prensa, publicado online). **Rarámuri ethnobotany. Peasant subsistence and biodiversity conservation at local scale**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_6-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_6-1)
- 22) Casas, A. (En prensa, publicado online). ***Polaskia* spp. CACTACEAE**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.). Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_47-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_47-1)
- 23) Casas, A., B. Farfán-Heredia, A. Camou-Guerrero, I. Torres, S. Rangel-Landa. (En prensa, publicado online). **Wild, weedy and domesticated plants for food security and sovereignty**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer Cham, Suiza. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_3-1)



- 24) Farfán-Heredia, B., A. Casas. (En prensa, publicado online). **Mazahua Ethnobotany: Traditional ecological knowledge, management and local people subsistence.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5> 8-1**
- 25) Farfán-Heredia B., A. Casas. (En prensa, publicado online). **Risk management of availability of plant and fungi resources among the Purépecha in Michoacán, central-western Mexico.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76523-1> 21-1**
- 26) Paz-Navarro, A., C.I. Ojeda-Linares, G.D. Álvarez-Ríos, M. Vallejo, A. Casas. (En prensa, publicado online). **Traditional management and diversity of *Opuntia*: General panorama in Mexico and a case study in the Meridional Central Plateau.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5> 21-1**
- 27) Rangel-Landa, S., M.E. Saucedo-Gudiño, E.L. Guzmán-Gómez, M.F. Salazar-Ramírez, J.A. Blanco-García, D. Caldera, A. Lucero Carbajal-Navarro, R. Caro, A. Ponce-Rangel, J.I. Texta-Hernández, X. Madrigal Sánchez. (En prensa, publicado online). **Traditional ecological knowledge and biodiversity conservation in the Tierra Caliente region of Michoacán.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer Cham, Suiza.
- 28) Torres-García, I., A.M. Delgado-Lemus, A. Casas, G.D. Álvarez-Ríos, S. Rangel-Landa, R. Martínez-Jiménez, C.J. Figueredo-Urbina, O. Vargas-Ponce, G.



- Casarrubias-Hernández, O. Huerta-Galván, D. Cabrera-Toledo, N. Vázquez-Pérez. (En prensa, publicado online). **Agave spp. ASPARAGACEAE**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer Cham, Suiza. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_3-1)
- 29) Alvarado-Sizzo, H y A. Casas. (En prensa, publicado online) **Stenocereus spp. CACTACEAE**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5**. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_52-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_52-1)
- 30) Solís, L. y A. Casas. (En prensa, publicado online). **Cuicatec ethnobotany: Plants and subsistence in San Lorenzo Pápalo, Oaxaca, Mexico**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Springer **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5**. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_55-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_55-1)
- 31) Caballero, J.; L. Cortés; C. Mapes; J. Blancas; S. Rangel-Landa; I. Torres-García; B. Farfán-Heredia; A. Martínez-Ballesté y A. Casas. (En prensa, publicado online). Ethnobotanical knowledge in Mexico: Use, management, and other interactions between people and plants. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotanical knowledge in Mexico: use, management and other interactions between people and plants. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5**. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_2-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_2-1)
- 32) Casas, A. y J. Blancas. (En prensa, publicado online). **Human cultures and plant diversity in the mountains of Mexico: An Introduction**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5**. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_1-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_1-1)



- 33) Blancas, J.; A. Casas; H. Ramírez-Monjaraz; A. Martínez-Ballesté; I. Torres-García; I. Abad-Fitz y L. Beltrán-Rodríguez. (En prensa, publicado online). **Ethnobotany of the Nahua peoples: Use and management of plant resources in the Sierra Negra, Puebla, Mexico.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_19-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_19-1)
- 34) Casas, A.; J. Blancas y H. Vibrans. (En prensa, , publicado online) **Perspectives of the ethnobotanical research in Mexico.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_57-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_57-1)
- 35) Torres-García, I.; A. Delgado-Lemus y A. Casas. (En prensa, publicado online). ***Solanum* spp. SOLANACEAE.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.). Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza. ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_50-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_50-1)
- 36) Aguirre-Dugua, X., A. Casas. (En prensa, publicado online). ***Crescentia* spp. BIGNONIACEAE.** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.). Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicarse por Springer. Cham, Suiza ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_34-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_34-1)
- 37) Andrade-Erazo. V., M. Miranda. (En prensa, publicado online). ***Chamaedorea* (ARECACEAE).** En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a para publicarse por Springer. Cham, Suiza. ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_50-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_50-1)



- (38) Rangel-Landa, S. y A. Casas. (En prensa, publicado online). **Ixcatec ethnobotany: Plant knowledge in the mountains surrounding the Tehuacan Valley**. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) *Ethnobotany of the mountain regions of Mexico*. Libro en prensa para publicarse por Springer. Cham, Springer. **ISBN: 10.1007/978-3-319-77089-5** [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_20-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_20-1)
- 38) Casas, A. (2022). **Sistemas socio-ecológicos: una perspectiva histórica**. En: Castillo, A. (Coordinadora). *Apropiación social del conocimiento socioecológico en México*. Editorial Universitaria, Universidad de Guadalajara y UNAM. Guadalajara, Jalisco, pp. 46-82. **ISBN 978-607-571-643-5**

**5.4.2) Productos de difusión y vinculación.** En este rubro se incluyen las actividades de difusión en el ámbito académico (participaciones en congresos y conferencias) y las que tienen que ver con público general (organizaciones sociales, ONGs, instituciones gubernamentales).

Álvarez Ríos, G. D. C. J. Figueredo-Urbina y Alejandro Casas. 2021. **El pulque como elemento de identidad y reservorio de diversidad bio-cultural**. Memorias del 7º Congreso Nacional del Maguey y el Pulque ENAH/ Secretaría de Cultura.

Capítulo en recetario. **Tetecho**. A.I. Moreno-Calles, S. Rangel-Landa En: N. D. Vignale, M.L. Pochettino y J.E. Hernández Bermejo (eds.) *La Cocina al Rescate de los Cultivos Olvidados*. Red Iberoamericana de Cultivos Infrautilizados y Marginados con Valor Agroalimentario. CYTED. 2021. ANEXO 15.

Recetario de quelites de la Sierra Negra de Puebla. **¡Mayollito in kilit! / ¡Que viva el quelite!**. En edición. ANEXO 15.



Ponencia oral. **El pulque como elemento de identidad y reservorio de diversidad biocultural.** Participó Gonzalo D. Álvarez Ríos. 7º Congreso Nacional del Maguey y el Pulque (que derivó en la publicación de un resumen de la ponencia con el mismo título, dentro de las Memorias del Congreso). 21 de abril del 2021. ANEXO 15.

Ponencia oral. **Manejo del cultivo de agaves pulqueros y mezcateros.** Participó Gonzalo D. Álvarez Ríos. Webinar “El cultivo de Agave” organizado por la Secretaría del Campo y la Protectora de Bosques del Estado de México - Gobierno del Estado de México. 15 de julio del 2021.

Conversatorio. **El pulque como elemento de identidad y reservorio de diversidad biocultural.** Participó Gonzalo D. Álvarez Ríos. Transmisión por FaceBook CONABIO. 22 de septiembre del 2021.

Miniserie documental. **SaborEs Penca.** Tres videos sobre manejo y gastronomía de los agaves. Estreno 28 de marzo del 2022. Seminario del Jardín Botánico-UNAM. ANEXO 16. Videos de divulgación (disponible en <https://youtube.com/playlist?list=PLSSSBZfHnVOYgl-i5rHys39akOJwXms7v>)

## VI) Discusión y Perspectivas

Los resultados del proyecto contribuyen a ampliar y precisar el inventario nacional de las especies de plantas que forman parte de la agrobiodiversidad. El nivel de especie sigue siendo un indicador importante para dimensionar la riqueza de componentes en los paisajes agrosilvopastoriles en los contextos rurales. Nos da cuenta de la extraordinaria diversidad de elementos del paisaje que brindan contribuciones ecosistémicas, principalmente de provisión, pero también otros de extraordinario valor en la regulación de procesos ecológicos y evolutivos. Hasta el presente las bases de datos etnobotánica



en las que en México se ha invertido mayor tiempo y poseen el mayor número de registros son BADEPLAM, del Jardín Botánico de la UNAM y las bases y plataformas de la propia CONABIO. Estas y otras, múltiples, bases de datos temáticas y regionales han permitido almacenar información sobre cerca de 6,500 especies de plantas nativas de México utilizadas en distintas regiones y por diferentes culturas del país. Pero son cerca de 8,000 especies en total, si se toman en cuenta las especies introducidas en distintos momentos de la historia (Caballero et al. 2022).

Sin embargo, estas son cifras que requieren una cuidadosa depuración, pues los continuos ajustes en los tratamientos taxonómicos y las nuevas investigaciones permiten en algunos casos restringir los números, en otros ampliarlos. Pero son, sin duda, cifras aproximadas de inmenso valor. Nuestro grupo revisa continuamente el estado del arte sobre estos inventarios, principalmente con base en BADEPLAM. Hemos realizado varios ejercicios comparando los inventarios florísticos generales y los inventarios etnoflorístico en distintas regiones de México. Las últimas estimaciones que realizamos al respecto las publicamos en 2017 para plantas nativas e introducidas (Casas et al. 2017), y en 2021 (Clement et al. 2021) considerando solamente las especies nativas. Está en prensa una evaluación aún más reciente tomando como base la información de BADEPLAM (Caballero et al. 2022). Y considerando la información más completa disponible en estudios florísticos y etnoflorísticos estimamos que, en promedio, poco más de 39% de la flora de una región tiene registrado al menos un uso. Esta proporción desde luego es muy variable, pero permite una aproximación gruesa sobre lo que se ha avanzado y lo que es posible esperar en términos de registros de la etnoflora de México. Un diagnóstico reciente que también se encuentra en prensa (Casas et al. 2022b) permite estimar con mayor detalle el número de especies por registrar, pero también las regiones y grupos culturales para las que existe poca o nula información y cuya documentación es prioritaria.



Villaseñor (2016) registró 23,314 especies de plantas vasculares, en la Flora de México, el grupo de plantas al que generalmente aluden los estudios etnobotánicos. Con base en el promedio de constituyentes de la flora de una región que forman parte de la etnoflora es por lo tanto factible estimar en aproximadamente 9,100 especies la etnoflora de México. Así, este cálculo permite visualizar que las investigaciones etnobiológicas han logrado documentar entre el 71 y 88% de las especies de plantas vasculares utilizadas que se esperaba identificar en México, nativas o en total, respectivamente. Sin embargo, cuando se consideran las especies introducidas que han sido incorporadas a las culturas locales, la etnoflora se eleva a más de 11,500 especies.

Esta información revela que el de México es uno de los inventarios etnoflorísticos más completos del mundo, hecho que no sorprende pues los grupos de investigación etnobotánica en México son de los más amplios y dinámicos desde hace décadas. Pero también indica el esfuerzo que aún se requiere invertir para alcanzar un inventario etnoflorístico más completo, el cual, como se anota a continuación, tiene un largo camino por delante. Así, por ejemplo, cuando se analizan otros aspectos del diagnóstico se puede apreciar que la información es aún muy limitada. Algunas regiones y grupos culturales han sido ampliamente estudiadas [entre ellas el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en donde nuestro grupo ha hecho de las mayores contribuciones (Blancas et al. 2010; Casas et al, 2017)], mientras que para otras regiones la información es escasa. En 2016 identificamos que los estados de Puebla (principalmente la Sierra Norte y el Valle de Tehuacán), Oaxaca (principalmente la Sierra Norte, el Valle de Cuicatlán, los Valles Centrales y el Istmo de Tehuantepec), Veracruz (principalmente la Huasteca, Totonacapan y Los Tuxtlas), Yucatán (en general el área maya) y Morelos (principalmente la Sierra de Huautla) eran la fuente de más de 80% de los registros etnoflorísticos detectados en la literatura (Camou et al. 2016). Igualmente, los trabajos en comunidades mayas, nahuas mixtecas, otomíes, totonacas y zapotecas representaban cerca del 80% de los estudios, mientras que para el resto de grupos culturales principales, más de 50, hay muy pocos o



ninguno (Camou et al. 2016). Esta información muestra la disparidad con la que se han llevado a cabo esfuerzos de investigación y sistematización de información. En un análisis reciente (Casas et al. 2022) hemos podido identificar con mayor detalle las regiones y grupos culturales que deben convertirse en prioridades de investigación y esfuerzos de sistematización.

Qué tanto contribuye a compensar tal disparidad nuestro estudio actual y el de los demás grupos que participan en el proyecto Agrobiodiversidad de la CONABIO, es una pregunta que aún no podemos contestar; ello será posible cuando se analice en su conjunto la información sistematizada. Será un ejercicio recomendable para sugerir prioridades en proyectos futuros. De hecho, nuestro trabajo continuó realizándose en algunas de las regiones más estudiadas, como el Valle de Tehuacán, pues aunque se ha generado amplia información aún podemos identificar zonas y grupos de la región que no han sido estudiados y la sistematización de la información requiere aún grandes esfuerzos. En el trabajo realizado a través de este proyecto procuramos diversificar lo más posible regiones y grupos culturales. Desafortunadamente las condiciones de emergencia sanitaria no permitieron avanzar como se había planeado.

Aun así, el estado actual de la sistematización de la etnoflora del país no permite identificar cuántos y cuáles son nuevos registros de especies, usos o formas de manejo para el país y para las regiones estudiadas. Ello será factible conforme se avance en la sistematización de la información. Por eso, consideramos de extraordinario valor el esfuerzo de la CONABIO y el de otras instituciones que han logrado generar bases de datos locales y regionales. En nuestra opinión, es la CONABIO la institución más adecuada para concertar acuerdos y esfuerzos para reunir en una gran base de datos nacional la información que se ha generado a través de esfuerzos institucionales (frecuentemente personales) en distintas regiones y que aún permanece dispersa. Esta es, sin duda, una gran empresa y un gran reto, pero es una meta estratégica, de enorme



valor para reconocer el legado biocultural del país, el cual será clave para atender múltiples propósitos presentes y futuros. Y, no obstante, las dificultades institucionales que vive la CONABIO y que son del dominio público, consideramos de extraordinaria importancia fortalecer la institución y seguir desarrollando proyectos que permitan afianzar la dimensión de “uso” del nombre institucional de la CONABIO. No como una meta utilitarista, sino como un esfuerzo por recopilar la experiencia de conocimientos y técnicas de manejo que se derivan de miles de años de historia cultural y que constituyen un seguro para sostener la vida futura de México.

La etnobotánica es una de las áreas de investigación que mayormente han contribuido en México a documentar su agrobiodiversidad. Ha puesto énfasis en la documentación de usos y otros aspectos culturales de la flora. Pero aún son limitados los estudios dirigidos a documentar el manejo y a evaluar sus consecuencias ecológicas y evolutivas. Reconocemos en el proyecto Agrobiodiversidad el interés por fomentar el estudio del manejo de la flora. Este es un esfuerzo que requiere un enorme concierto de trabajo entre las instituciones de investigación y los manejadores, así como las organizaciones sociales y civiles que trabajan activamente en temas como agrobiodiversidad y manejo de productos forestales no maderables.

Hace ya varias décadas que el discurso de la conservación se refiere a la importancia de desarrollar estrategias de manejo sustentable de recursos, ecosistemas y sistemas socio-ecológicos. Y desde esa mirada se reconoce la importancia de sumar y conjuntar las investigaciones desde instituciones académicas con los conocimientos y experiencias de otros sectores de la sociedad (Kates et al. 2001). En los casos que abordamos es necesario reconocer que los conocimientos y técnicas de manejo que las culturas de México han desarrollado sobre sus entornos y recursos son una extraordinaria base para construir las estrategias de manejo sustentable de la agrobiodiversidad. Muchas de ellas han perdurado por milenios, mostrando su eficacia para los propósitos



de manejar de forma sustentable tanto recursos como sistemas. De ahí la importancia de impulsar esfuerzos como el de la convocatoria del proyecto Agrobiodiversidad por la CONABIO. Asimismo, la relevancia de continuar y coordinar la sistematización nacional de tales esfuerzos. En tal perspectiva, la CONABIO es una plataforma clave en el impulso de iniciativas para fortalecer esta vertiente de investigación y para sistematizar los logros. Más adelante retomaremos la discusión sobre la relevancia teórica y práctica de esta iniciativa.

Si la documentación del manejo de la agrobiodiversidad es limitada, los estudios de los procesos de domesticación asociados a ese manejo lo son aún más. El mayor número de estudios sobre domesticación se ha efectuado en los principales cultivos mesoamericanos (maíz, frijoles, calabazas, chiles, jitomates, algodón, algunos nopales y algunos de los principales agaves, entre los más sobresalientes). Sin embargo, los diagnósticos efectuados por nuestro grupo de investigación han logrado identificar 251 especies de plantas domesticadas/cultivadas nativas de México y las áreas aridoamericana y mesoamericana vecinas (Clement et al. 2021). Además, existen otras 300 especies introducidas en distintos momentos de la historia, algunas de ellas hace varios miles de años (Ashworth et al. 2009; Corona et al. 2021; Caballero et al. 2022). Es preciso reconocer que los procesos de domesticación operan continuamente ante los dinámicos cambios en los contextos socio-ecológicos y bioculturales en los que se encuentran inmersos. De manera que, como recursos genéticos, son igualmente importantes tanto los cultivos nativos como los que se introdujeron al territorio mexicano, especialmente los más antiguos, en los que existen siglos o milenios de procesos selectivos y adaptativos asociados a los contextos bioculturales del país. Nuestro grupo se encuentra preparando un inventario y análisis detallado de los cultivos de México y Mesoamérica que esperamos ayude a identificar estos recursos genéticos de alta prioridad por su importancia cultural y económica en los sistemas productivos.



Los estudios de domesticación nos remiten al estudio de la variabilidad intraespecífica de las especies domesticadas. En parte porque tal variabilidad es la fuente material para que los procesos de domesticación sean posibles, pues la domesticación es un proceso evolutivo y su potencial depende de la existencia de diversidad genética. Pero en parte también porque la domesticación es un proceso diversificador, como lo identificó Darwin en los primeros estudios de este proceso. Así, la diversidad de recursos genéticos de los principales cultivos es una expresión de tales procesos diversificadores que involucran la domesticación. De manera que la documentación de la diversidad genética, una expresión fundamental de la agrobiodiversidad, nos plantea la necesidad de estudiar las causas y consecuencias de la domesticación y, al mismo tiempo, la documentación y sistematización de información sobre la diversidad de recursos genéticos.

Son pocas las especies domesticadas y bajo cultivo sistemático (los cultivos o “crops”, como se les denomina en inglés) nativas de México que se han estudiado en detalle. Mayor atención requieren numerosas especies de importancia regional, poco conocidas, y por esa razón nuestro grupo ha priorizado su estudio. Es el caso de las cactáceas columnares (Casas et al. 2007, Parra et al. 2012, 2015; Cruse-Sanders et al. 2013; Guillén et al. 2015) varias especies de agaves (Álvarez-Ríos et al. 2020a; Figueredo-Urbina et al. 2017, 2021b), nopales, tecomates (*Crescentia* spp.) (Aguirre-Dugua et al. 2012, 2013, 2018; Moreira et al. 2017), los guajes (*Leucaena* spp.) y otros árboles y quelites que merecen estudios detallados.

En nuestra experiencia, las investigaciones sobre domesticación ameritan estudios de biología comparada entre poblaciones silvestres y manejadas. Diagnosticar la variabilidad morfológica, fisiológica, reproductiva y genética es de gran utilidad para evaluar en qué rasgos y qué tanto han divergido las poblaciones manejadas por la gente con respecto a sus poblaciones silvestres. Estos estudios permiten recrear las ideas que



prevalecen en la literatura sobre los síndromes de domesticación, los cuales se han construido con base en el estudio de pocas especies.

Igualmente importante es el diagnóstico de la variabilidad que perciben los manejadores, esta es desde luego variabilidad fenotípica en un amplio espectro de rasgos morfológicos y atributos funcionales que tienen significado para las culturas que manejan los recursos. Tal variabilidad frecuentemente es reconocida y nombrada (en ocasiones también clasificada) por las personas que la manejan, y el entendimiento de cómo se perciben y valoran diferencialmente las variantes intraespecíficas es una noción fundamental para entender también su manejo diferencial (Casas et al. 2007; Parra et al. 2010, Aguirre Dugua 2013). Esta es la base para comprender que el manejo y la domesticación pueden favorecer múltiples líneas evolutivas y es justo esta premisa la que permite entender la gran diversidad que tiene el potencial de generar la domesticación.

Una vez que se ha documentado la percepción de la variabilidad y su valor cultural diferencial, es preciso investigar cómo se maneja y por qué se maneja. El por qué se manejan especies y variantes tiene principios similares. Frecuentemente responde a un interés por “asegurar lo deseable” (Blancas et al. 2010, 2013; Rangel-Landa 2016). En principio implica que las especies y variantes frecuentemente difieren en su valor, como lo comentamos arriba y también varían en las posibilidades de tener acceso a ellas. Las especies o variantes más apreciadas pero que son escasas generalmente motivan un interés especial por poner en práctica estrategias de manejo para conservarlas, para ampliar su disponibilidad o para recuperarlas cuando por alguna razón se pierden. Este es el principio que hemos documentado con mayor frecuencia en varios estudios realizados, y aplica tanto para plantas comestibles como para plantas medicinales que se procura tener cerca de la casa, así como plantas ornamentales para embellecer los espacios habitados por las familias (Rangel-Landa 2016). Pero no es el único principio. La curiosidad es frecuentemente una motivación, el interés por probar el desempeño de



variedades desconocidas está presente entre las plantas cultivadas, pero, de manera similar, los campesinos ponen a prueba continuamente las posibilidades de germinar semillas o plantar propágulos vegetativos para obtener plantas, en principio por curiosidad y por explorar nuevas posibilidades de aprovechar los recursos (Rangel-Landa 2016; Casas et al. 2017). Por ejemplo, en un estudio que realizamos en la Montaña Baja de Guerrero (municipio de Ahuacotzingo), un campesino tenía en un rincón de su parcela de maíz almácigos (numerosos botes metálicos o de plástico) con plántulas de más de 20 especies de árboles nativos de la región. Su propósito era probar la factibilidad de plantarlos y, eventualmente, establecerlos en su parcela, tan solo “por probar”.

Hay múltiples contextos y motivaciones para manejar especies y variantes y es extraordinariamente importante reconocerlas. Enseguida, es necesario reconocer las diferentes prácticas de manejo y cómo estas involucran procesos selectivos. Entre las plantas cultivadas los mecanismos más frecuentemente reconocidos son la selección de semillas o propágulos vegetativos cuando estos últimos son exitosos. Estos mecanismos son ciertamente los más comunes y los mecanismos de selección se basan en la consideración de los atributos de la planta madre (Casas et al. 2007, Parra et al. 2010). Pero este mecanismo no siempre es exitoso pues en plantas con polinización abierta las semillas de una planta madre no necesariamente expresan en la progenie los atributos de la madre. En plantas anuales el tamiz selectivo opera rápidamente, removiendo en una generación las plantas no deseadas para establecer una siguiente generación. Pero en plantas perennes de ciclo de vida largo el proceso suele ser más complejo y los campesinos pueden poner en práctica varios tamices a lo largo del ciclo de vida de las plantas que manejan. Reconocen, con base en su experiencia, los atributos de los organismos deseables considerando los atributos de las plantas en diferentes etapas de crecimiento (Casas y Parra 2016).



Esta información permite ilustrar que no solo los rasgos de domesticación, sino también los criterios y mecanismos selectivos pueden tener un amplio espectro de expresiones y, asimismo, consecuencias en las rutas y velocidades de los procesos de domesticación. La documentación de casos de manejo y la evaluación de sus consecuencias en la domesticación permitirá ampliar la visión que actualmente se tiene acerca de estos procesos en las plantas domesticadas que continúan evolucionando.

Pero el manejo y procesos de domesticación no son exclusivos de los cultivos o “crops”. En la introducción de este reporte y en varios trabajos hemos estimado que, en México, cerca de 800 especies de plantas reciben alguna forma de manejo y que podrían ser más de 1,000 estas especies, pero la investigación en este campo ha sido muy limitada. Describimos arriba en qué consisten la recolección, la tolerancia, el fomento o promoción, los cuidados y el cultivo. Estas son categorías generales de manejo, pero adquieren expresiones muy variadas entre especies y entre contextos culturales. La forma en que estas prácticas se llevan a cabo puede ser muy simple o involucrar distintos niveles de complejidad (Blancas et al. 2010; Casas et al. 2017). Definir las distintas categorías de manejo y establecerlas en los sistemas de registro del proyecto ha sido un gran reto conceptual y metodológico. Algunos parámetros de la complejidad que pueden involucrar estas formas de interacción, por ejemplo, la ocurrencia o no de procesos selectivos, han sido incluso incorporados en la plataforma utilizada en el proyecto.

Sin duda este es un tema que deberá seguir desarrollándose. La complejidad de estas prácticas involucra desde acuerdos y planes comunitarios de aprovechamiento, sobre todo en las áreas forestales, pero también las herramientas, los tiempos invertidos en las prácticas, las cantidades de productos que se obtienen, los mercados de los productos, la selección y los mecanismos involucrados (Blancas et al. 2010; Casas et al. 2017), pero hacer operativos todos estos aspectos en los registros no es trivial. En realidad, uno de los grandes desafíos en proyectos subsecuentes es justamente este,



cómo hacer práctico el uso de las herramientas de sistematización durante el trabajo de campo.

Hasta aquí nos hemos referido a los recursos vegetales que constituyen parte fundamental de la agrobiodiversidad. Sin embargo, sabemos que este grupo de organismos es tan solo una parte del universo que comprende este concepto. La fauna, los hongos y la microbiota del suelo son componentes de extraordinaria diversidad y que, al igual que la flora, aportan contribuciones de provisión y regulación de gran importancia. Incorporarlos al diagnóstico es sin duda de gran relevancia, pero también un reto metodológico extraordinario. No es un reto exclusivo para el registro de la agrobiodiversidad, seguramente la CONABIO ha considerado esto en la búsqueda de estrategias para documentar la biodiversidad en general desde perspectivas sistémicas. Su abordaje requerirá formar equipos con especialistas en distintas áreas y con una visión de integración socio-ecológica. Se encuentran en desarrollo herramientas muy útiles para efectuar diagnósticos de las comunidades bióticas y será posible hacer uso de ellas para ligarlas con los propósitos de analizar su estructura y dinámica en relación con las técnicas de manejo.

En los últimos años nuestro grupo de investigación ha incursionado en examinar cómo se motivan y se llevan a cabo acciones de manejo en hongos (Farfán-Heredia et al. 2018a, 2018b; Castro-Sánchez et al. 2019), fauna (Zarazúa 2016; Solís y Casas 2019; Linares-Rosas et al. 2021; Zarazúa et al. 2021, 2022; Ortega-Álvarez et al., 2022) y la microbiota manejada en bebidas fermentadas tradicionales (Álvarez-Ríos et al. 2020b; Ojeda Linares et al. 2020, 2021, 2022). En todos ellos encontramos patrones particulares; en los hongos (macromicetos) hemos documentado prácticas de inducción y protección, pero no hemos identificado procesos selectivos. Con la fauna hay una gran variedad de prácticas de crianza y de inducción, tanto en insectos como en vertebrados, pero en raras ocasiones existen interacciones con más de dos generaciones sucesivas de los animales



criados o inducidos. No hemos encontrado ni criterios ni prácticas de selección con la fauna silvestre, pero sí una vasta información sobre criterios locales de selección de la fauna doméstica. En el caso de la microbiota suele haber manejo “espontáneo” de la microbiota asociada a los sustratos cuya fermentación se maneja, pero documentamos diversas prácticas que inciden en cómo ocurre la dinámica de las comunidades de microorganismos durante los procesos fermentativos. También, en los mecanismos de selección asociados a la inducción de algunas cepas de organismos mediante “pies” o “semillas” o “madres”, hervor de sustratos, resguardo de recipientes en los que se lleva a cabo la fermentación, entre otros. Y, no obstante las particularidades, hemos encontrado algunas pautas de manejo que guardan similitud. Estos trabajos podrán ser de utilidad para nuevas fases de proyectos para estudiar la agrobiodiversidad. Al menos esa es nuestra intención.

Sistematizar la información sobre agrobiodiversidad es una actividad de enorme importancia para entender los componentes y las funciones que resultan de la interacción de tales componentes; asimismo, para analizar el papel de las unidades sociales que manejan y moldean los sistemas en los que se encuentra tal diversidad. Esta actividad es relevante para entender los sistemas que manejan los seres humanos y para identificar las bases de su manejo sustentable a largo plazo. Abre importantes avenidas de investigación, permite identificar lo que hoy sabemos y lo que nos falta por saber, es decir, construir la agenda de investigaciones prioritarias y la manera de ensamblar las que se encuentran en marcha. Permite sugerir a los expertos qué es relevante investigar y establecer el marco general que articula los esfuerzos individuales. Es entonces un gran paraguas que contribuye a generar directrices y políticas de investigación. Así visualiza y valora nuestro grupo el papel de la CONABIO en todo este proceso. En el diagnóstico actual, por ejemplo, identificar áreas, grupos culturales, grupos biológicos y contextos bioculturales que merecen ser investigados son todas conclusiones de gran ayuda para quienes diseñan sus investigaciones.



Igualmente, la información sistematizada es de extraordinario valor para definir temas y mecanismos relevantes en la toma de decisiones sobre los agroecosistemas y sus recursos. Existen procesos de pérdida de agrobiodiversidad y factores principales de riesgo. Sobre la diversidad de recursos genéticos domesticados, la FAO ha hecho estimaciones acerca de la pérdida de variedades en los principales cultivos del mundo ocurrida durante el último siglo y las cifras son alarmantes. Sus conclusiones relacionan tal pérdida con el desplazamiento continuo y sistemático de las variedades nativas (landraces) por las variedades modernas. El proceso parece ser más complejo (Brush, 2004), pero sin duda ha tenido una influencia significativa en distintas partes del mundo y su influencia fue creciente en la medida en que se apostó a una estrategia tecnológica como panacea. Después de un siglo de experiencias y debates, hay numerosas lecciones que no pueden abordarse en este espacio, pero que han marcado la ruta de políticas públicas a escalas locales y globales para proteger tan importante patrimonio y frenar los factores causales de la erosión genética.

Pero quizás el aspecto más relevante a discutir en el contexto de este proyecto es el que se relaciona con las acciones y políticas para proteger la agrobiodiversidad en su sentido más amplio, no solo los cultivos económicamente más importantes. Y ello nos conduce a retomar una antigua reflexión publicada por David Bates en *Economic Botany* en la década de 1980 (Bates 1985). De acuerdo con este autor, la política de conservación de la agrobiodiversidad ha tenido como eje central la conservación de un conjunto de recursos altamente prioritarios debido al papel que desempeñan en la economía mundial. Se trata de los cereales, leguminosas, tuberosas y otras especies que aportan fibras, aceites y otras materias primas para la industria mundial. Este núcleo de especies está constituido por alrededor de 100 especies y algunos de sus parientes silvestres. Sobre ellos se construyeron las principales estrategias de conservación *ex situ* y en las últimas décadas también tomaron impulso estrategias de conservación *in situ*.



Pero la agrobiodiversidad es mucho más amplia. Tan solo de las plantas domesticadas que constituyen cultivos (los “crops”), en el mundo existen entre 5,000 y 7,000 especies, de acuerdo con diversos autores (véase Khoshbakht y Hammer, 2008). La mayor parte de estas especies son cultivos de importancia local, regional o nacional para las cuales las políticas de conservación han sido sumamente limitadas, principalmente porque los altos costos de la conservación *ex situ* han conducido a implementarlas en las especies de mayor importancia en los sistemas de producción mundial. En México este grupo comprende alrededor de 250 especies nativas, entre las cuales se incluyen varias de las especies de cactáceas columnares, agaves, nopales, quelites, frutales nativos, plantas aromáticas y ornamentales, mayormente asociadas a sistemas de producción campesinos y frecuentemente coexistiendo con sus parientes silvestres. La diversidad de este grupo de especies depende fuertemente de la interacción con sus parientes silvestres y de la vigencia de los sistemas de manejo, de manera que su abandono puede significar su pérdida. Procesos como los cambios en el uso del suelo, la urbanización y la migración son algunos de los factores que afectan más drásticamente su conservación, pues determinan la eliminación de poblaciones enteras de parientes silvestres en algunos casos, o la pérdida del mantenimiento de variedades cultivadas con atributos especiales.

Un tercer grupo de especies lo constituyen las 800 a 1,000 especies de plantas bajo formas de manejo “incipiente”. Estas especies se encuentran íntimamente ligadas a los sistemas agrícolas tradicionales, en especial las milpas, los diversos sistemas agroforestales entre los cuales destaca una alta variedad de sistemas de traspatio, solares o huertos. Estos sistemas son verdaderos reservorios de agrobiodiversidad, y su permanencia se ve afectada por múltiples y complejos procesos. En primer lugar, los procesos de intensificación agrícola. Varios estudios realizados por nuestro grupo y otros colegas han identificado la sustitución de los sistemas tradicionales por sistemas



intensivos que dan al traste con la cobertura forestal que tradicionalmente se mantenía en ellos (Moreno-Calles et al. 2010, Vallejo et al. 2014, Rendón-Sandoval 2020). Se han identificado varios factores que influyen en la decisión de intensificar o remover tal cobertura forestal. Uno de ellos se encuentra relacionado con la tenencia de la tierra. La parcela de un agricultor eventualmente debe ser subdividida entre sus descendientes, quienes buscan lograr un mínimo de producción en un espacio más pequeño que el que manejaban sus progenitores. Este hecho frecuentemente se asocia con la búsqueda de tecnologías que prometen aumentar la producción, principalmente semillas “mejoradas”, fertilizantes y pesticidas. Estos paquetes tecnológicos a su vez repercuten en la pérdida de plantas arvenses que tradicionalmente proveía la milpa con distintos propósitos, la pérdida de polinizadores y de otros organismos reguladores de plagas y, sobre todo, la generación de condiciones de dependencia económica que motiva otros fenómenos sociales. El abandono de los sistemas tradicionales asociados a la urbanización o la migración también afecta la permanencia de la variabilidad generada por procesos incipientes de domesticación, mientras que los cambios de uso del suelo pueden determinar su pérdida total.

La conservación de esta fracción de la agrobiodiversidad debe pensarse ante todo bajo estrategias de conservación *in situ*, y en ello es fundamental la mirada agroecológica. El mantenimiento y fortalecimiento de los sistemas agroforestales tradicionales es la pieza clave para conservarla y, junto con los sistemas, los elementos culturales que le otorgan valor a los recursos (Moreno-Calles et al. 2016; Casas y Vallejo 2019). Será de gran importancia impulsar incentivos para mantener estos sistemas como parte de un legado biocultural. Para lograrlo, quienes trabajan en políticas públicas tienen en este un tema sin duda relevante. En estudios regionales que llevamos a cabo en el Valle de Tehuacán estamos trabajando en la propuesta para incorporar estos sistemas en los programas de conservación que impulsa la Dirección de la Reserva de la Biosfera. En nuestra opinión, es posible implementar diversas políticas para conservar los sistemas



agroforestales ligadas o complementarias a las políticas de áreas naturales protegidas, pues estos sistemas son reservorios fundamentales de agrobiodiversidad que se perdería con su desaparición.

El cuarto grupo de especies lo constituyen miles de especies silvestres (en México alrededor de 1,500 especies son comestibles y otras, alrededor de 5,000, son utilizadas con otros propósitos), las cuales se encuentran en los sistemas forestales de la gran variedad de ecosistemas del territorio nacional. Los riesgos y oportunidades de conservación de este amplio grupo de recursos son los que competen al conjunto de la biodiversidad y no los discutiremos en este informe. Es tan solo pertinente establecer la conexión explícita que guardan con los servicios de provisión de los ecosistemas naturales.

Seguridad y Soberanía alimentaria son los principales temas que subyacen al motivo y a la posibilidad de conservar la agrobiodiversidad, pues buena parte de la agrobiodiversidad aporta alimentos. De hecho, como mencionamos antes, las especies que son domesticadas y manejadas en los paisajes agrosilvopastoriles son en su gran mayoría plantas comestibles. Los procesos que han determinado ese estatus se basan en su aporte en la dieta. Desde la prehistoria, las plantas recolectadas, junto con la cacería, fueron un pilar de la subsistencia humana. Los estudios de la prehistoria en el Valle de Tehuacán (MacNeish 1967) mostraron que, paulatinamente, las plantas domesticadas fueron desplazando los alimentos silvestres. Los cultivos fueron componentes principales de la dieta entre las fases Abejas y Purrón, hace alrededor de 4,500 años. Y en ese mismo estudio se identificó que en la etapa inmediatamente previa a la conquista europea los alimentos vegetales recolectados constituían alrededor de 25% de la dieta en esa región. Nuestros estudios en alrededor de 20 comunidades rurales de diferentes partes del México (desde la Sierra Tarahumara, la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, la Montaña de Guerrero, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la Meseta



P'urhépecha, entre otras) han permitido identificar que hoy en día las plantas recolectadas siguen siendo constituyentes importantes de la dieta (Casas et al. 2022a prensa). En las comunidades estudiadas tal proporción puede variar desde 6% en algunas familias mestizas de la Montaña de Guerrero y el Valle de Tehuacán hasta cerca de 24% entre familias de la Sierra Tarahumara y la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Es decir, aún después de más de 10,000 años de domesticación y de practicar sistemas de producción de alimentos, las plantas recolectadas siguen siendo parte importante de la dieta. Y lo son en buena medida por su carácter complementario.

Los recursos silvestres y arvenses que forman parte de la agrobiodiversidad proporcionan nutrientes ausentes o escasos en los alimentos derivados de los granos básicos, especialmente fibras, vitaminas y en algunos casos carbohidratos y proteínas (Casas et al. 2022a). Asimismo, estos alimentos complementan la materia comestible. En años de escasez de productos agrícolas, los campesinos tienen bien identificados los denominados “recursos de emergencia” que por muchas generaciones han empleado en sus regiones para subsanar la escasez. En algunas regiones son las bellotas de encino, en otras los quiotes y botones florales de maguey, o las vainas de mezquite y nopales. De la misma manera, aún en un año de no escasez aguda, los almacenes de granos básicos disminuyen su disponibilidad de alimentos. Prácticamente en todas las comunidades campesinas que hemos investigado, la producción de maíz y frijol es deficitaria con respecto a los requerimientos de las unidades familiares. La escasez es especialmente aguda durante los primeros meses del temporal, cuando la gente prepara la tierra y falta aún tiempo para obtener los primeros productos. Durante esos meses aumenta la disponibilidad de recursos silvestres y arvenses y las familias hacen uso de tales recursos para subsanar la deficiencia de alimentos en sus despensas.

Tal complementariedad ha ocurrido por miles de años, de manera que los alimentos silvestres y arvenses se encuentran arraigados fuertemente en la subsistencia



campesina. Y tal arraigo milenario se traduce en una extraordinaria diversidad de alimentos y platillos preparados con los alimentos silvestres y arvenses. De manera que su aprovechamiento no es solamente un tema de seguridad alimentaria, sino también de la cultura de la alimentación que moldea la soberanía alimentaria. Mantener el abasto de estos alimentos es primordial para garantizar la soberanía alimentaria. Igualmente, mantener y promover la cultura de su inclusión en la dieta contribuye significativamente a la conservación de las especies y las variantes que durante siglos o milenios la gente ha manejado.

El aprovechamiento de estos recursos contribuye a su conservación. Pero existen problemas al respecto. La discriminación cultural y los embates de la industria de alimentos chatarra merman continuamente el contexto descrito. Nuestros estudios (Casas et al. 1994, 2022a; Casas y Pérez Negrón 2008) han detectado que en las comunidades rurales el consumo de plantas arvenses y silvestres es considerada por algunos sectores como “comida de indio” o “comida de pobre” en un sentido peyorativo. Para algunas familias (principalmente indígenas) su uso es motivo de orgullo, mientras que para otras es motivo de vergüenza, lo que denota el marcado carácter de identidad cultural y racismo, respectivamente en relación con este grupo de alimentos. En algunas comunidades estos alimentos son sustituidos por otros de “mayor prestigio”, principalmente alimentos chatarra, caros y de baja calidad nutricional. Un programa vigoroso de comunicación no solo es factible sino de enorme importancia para consolidar la cultura alimentaria milenaria y contribuir así a la conservación de tan importante agrobiodiversidad.

Desde finales del siglo 20 han adquirido auge los paradigmas de la Ciencia para la Sustentabilidad, la cual parte de reconocer el carácter sistémico, complejo de los procesos y problemas ambientales que hoy mantienen al planeta en un estado crítico. Este marco conceptual es de gran utilidad en la visualización de los sistemas



agroalimentarios y la conservación de la agrobiodiversidad. Problemas y desafíos para la conservación de la agrobiodiversidad como los señalados arriba merecen analizarse como parte de sistemas socioecológicos de gran complejidad en los que múltiples factores económicos, políticos, sociales, culturales, tecnológicos y ecológicos se encuentran en interacción influyendo varias rutas simultáneas. La conservación *in situ* de la agrobiodiversidad, ya sea domesticada, semi-domesticada, arvense o silvestre requiere un marco conceptual de esta naturaleza, en el que la investigación científica y los conocimientos de diferentes actores sociales es igualmente valiosa.

El desarrollo de aproximaciones transdisciplinarias para visualizar rutas viables en cada contexto es indispensable. Por eso, la documentación de especies, del conocimiento local sobre ellas, las técnicas de manejo desarrolladas en cada contexto y la investigación científica que puede complementar y organizar criterios son todas tareas de gran trascendencia. Y en estos procesos la sistematización de información de agrobiodiversidad adquiere una enorme relevancia, como fuente de información y como reservorio de memoria biocultural. De aquí la gran relevancia de continuar con el esfuerzo emprendido por el Proyecto de Agrobiodiversidad Mexicana en el que hemos participado.

Comenzar en casa es sin duda un paso muy importante, documentar el estado de la agrobiodiversidad mexicana-mesoamericana es la tarea inmediata que nos toca realizar. La experiencia mexicana es sin duda de las más adelantadas en Latinoamérica. Nuestro grupo está trabajando conjuntamente con colegas de Brasil, Colombia y Perú, principalmente, en diagnósticos y sistematización de información con la idea de tener un panorama de cómo es la agrobiodiversidad en las áreas reconocidas por su antigüedad en los procesos de domesticación y sistemas de producción hortícola y/o agrícola. Como en México, en estos países existen esfuerzos individuales e institucionales que requieren un concierto de colaboración. Desde Latinoamérica se ve el esfuerzo de la CONABIO como un ejemplo de la ruta a seguir. Y quizás por esta razón la difusión de los procesos



impulsados, la experiencia técnica y organizacional desarrollada es de particular importancia. Desde luego, todo ello como plataforma para impulsar una estrategia de cooperación a escala continental capaz de comparar de manera confiable la información y, sobre todo, para planear su aprovechamiento sustentable y conservación. La cooperación con los países de la Amazonia y la región andina es sin duda de alta prioridad, como base para sistematizar y entender la importancia del Neotrópico en la generación y conservación de la agrobiodiversidad regional. Los enlaces con otras áreas agrobiodiversas del mundo son igualmente de enorme trascendencia. Los esfuerzos mundiales para la conservación *ex situ* de los principales recursos genéticos ha tomado décadas y ha establecido una importante red de cooperación. Los esfuerzos para el conocimiento, uso y conservación de la agrobiodiversidad tienen una importancia en la misma proporción. Que sirva la experiencia de este proyecto para un proceso de tal dimensión.

## **VII) Recomendaciones**

### ***Pertinencia y utilidad de plataforma Kobo, para colecta, almacenamiento de datos.***

Luego de concluir el proyecto, podemos decir que la experiencia en el uso de la plataforma KoBO como herramienta principal para coleccionar y almacenar la información, en términos generales ha sido satisfactoria. La vemos pertinente para un proyecto a escala nacional, ya que facilita el acceso y edición a la base de datos completa y actualizada, desde cualquier lugar con acceso a internet. Asimismo, facilita la sistematización de información de una forma estandarizada, para sistemas que pueden llegar a ser muy heterogéneos, como lo son los sistemas en los que se encuentra la agrobiodiversidad mexicana. Sin embargo, también apreciamos limitaciones, y consideramos que en lo futuro podría explorarse la inclusión de información cualitativa en los formatos.



Gracias a las capacitaciones brindadas por el equipo de CONABIO, y a la retroalimentación que cada grupo de trabajo aportó para el mejoramiento de la plataforma, observamos a lo largo del proyecto que las dificultades para la sistematización de la información eran cada vez menores y que la edición de registros se podía hacer de manera más sencilla. Este es un proceso que debe mantenerse, incluso con mayor periodicidad. No solo para mejorar el sistema sino para sintonizar al conjunto de participantes en el proyecto. Entendemos que la logística para realizar esta actividad de manera presencial es cara y complicada, pero si algo positivo nos deja la pandemia es la inercia en el uso de comunicación en línea para este tipo de interacciones.

En general, la plataforma presentó grandes ventajas para almacenar la información derivada del proyecto. Sin embargo, se presentaron algunas dificultades asociadas al manejo de bases de datos muy grandes, o diferencias de criterio al momento de llenar los campos dentro del formulario. Como recomendación, consideramos pertinente que, dentro del mismo formulario, haya una explicación sencilla de la forma en que debe llenarse cada campo. Ello favorecería la uniformidad de criterios al momento de registrar información, y la eficiencia en la sistematización, disminuyendo así las exhaustivas correcciones posteriores. Para lograrlo, se puede agregar una pequeña pestaña en cada campo en donde se indique de forma sencilla y clara la manera en que debe llenarse; por ejemplo, en el caso de datos ausentes (ND, 999, campo vacío). Es decir, ayudaría significativamente especificar el formato adecuado para reportar la información numérica o las unidades de medida que deben utilizarse en los diferentes campos.

También recomendamos mejorar el funcionamiento de la aplicación móvil de la KoboToolbox, a través de una versión más sencilla que pueda funcionar en el almacenamiento de la información en contextos de conexiones nulas o limitadas de



internet, así como una efectiva recuperación de la información capturada en tales contextos. En la experiencia de nuestro equipo de trabajo, esta situación (que es muy común en el trabajo de campo en muchas áreas) representó algunas dificultades, especialmente en la recuperación de información de registros hechos en campo, ya sea por fallas en la conexión a servidores o por fallas específicas del equipo utilizado (celular o tablet).

***Continúa asesoría sobre el uso del cuestionario y plataforma.*** Para nuestro equipo de trabajo fueron de gran valor y utilidad los talleres de capacitación que CONABIO brindó de manera simultánea a los grupos de trabajo, sobre el uso de la plataforma web, la aplicación móvil KoBoToolbox y el cuestionario. Así como el taller sobre retroalimentación y experiencias en el uso de la aplicación y la plataforma.

Consideramos que estas actividades permitieron familiarizarnos rápidamente con la plataforma, entender los campos del cuestionario y manejarla de manera más eficiente al momento del levantamiento de datos. Además, los talleres permitieron resolver dudas de forma mucho más clara que a través de la comunicación por correo. El hecho de compartir nuestras experiencias y dudas con colegas de otros proyectos nos permitió visualizar estrategias logísticas y metodológicas (en las salidas a campo, en la captura de información o en la edición de datos) que no teníamos en cuenta, y que, al conocerlas, pudimos poner en práctica dentro de nuestro equipo de trabajo.

Sugerimos no limitar estos talleres a la etapa inicial y final de los proyectos, sino en la medida de lo posible, realizar al menos un taller de capacitación y retroalimentación en cada etapa de los proyectos. Consideramos que esto es pertinente porque la constante capacitación de los integrantes de los equipos de trabajo ayuda a resolver problemas, en especial con una plataforma que tiene actualizaciones frecuentes o mejoras en las funciones de la app y la plataforma. Es igualmente importante, porque en los proyectos (como fue nuestro caso), suele haber sustituciones en los integrantes del



equipo de trabajo, de manera que los talleres con mayor periodicidad abren la oportunidad de que aquellos nuevos integrantes que no recibieron el taller inicial fortalezcan sus capacidades y con ello las de los grupos de trabajo.

Además de los talleres presenciales y/o en línea, consideramos que sería de gran utilidad generar una serie de tutoriales en vídeo, los cuales estuvieran disponibles para los grupos de trabajo. Los temas de los video tutoriales podrían ser funciones sencillas, pero que pueden significar una complicación mayor para las personas que no están familiarizadas con la plataforma web o app móvil. Por ejemplo, ¿cómo descargar una actualización del cuestionario y sustituirlo por la versión anterior?, ¿cómo descargar la base de datos?, ¿cómo hacer consultas de información? o ¿cómo editar registros de manera más eficiente? Generar estos videos si bien es un esfuerzo importante al inicio, después solventan con gran eficiencia la resolución de dudas para cada equipo de trabajo.

***Disponibilidad de la plataforma y cuestionarios para futuras investigaciones.*** Los cuestionarios siempre son mejorables y pueden incorporar nuevos campos de acuerdo con la temática y contexto de cada proyecto en particular. Sin embargo, sugerimos que el cuestionario utilizado en esta etapa para el levantamiento de información sobre agrobiodiversidad y agroecosistemas pueda guardar cierta integridad y continuidad.

Consideramos que el cuestionario y sus campos reflejan de manera adecuada un amplio espectro de áreas de información sobre la agrobiodiversidad, como información taxonómica, espacial, manejo, uso y aspectos culturales de los manejadores. Por lo tanto, mantenerlo permitiría que futuras investigaciones (tanto apoyadas por CONABIO, como las realizadas por los grupos de trabajo que colaboraron en el presente proyecto) tomemos esta plataforma como una base sólida que permita (1) dar continuidad a la documentación sobre la agrobiodiversidad bajo un formato común que permita almacenar



y compartir información de manera ágil y sistemática, y (2) incrementar la capacidad de análisis sobre diferentes tópicos sobre la agrobiodiversidad, con una calidad y cantidad importante de información disponible, capturada y sistematizada de manera rigurosa, consistente y comparable y almacenada en un servidor confiable como el de la CONABIO.

Consideramos la plataforma como una gran herramienta de trabajo. El trabajo y esfuerzo realizado desde la conformación del servidor para almacenar la información, el diseño del cuestionario, la captura y curaduría de datos, así como su almacenamiento y posterior publicación para consulta, ha tenido resultados satisfactorios, por tanto, debe darse continuidad a ello. Algo que sin duda fortalecerá el sistema de información de la CONABIO.

Fomentar la continuidad de los estudios sobre agrobiodiversidad permitirá tener una visión más integral del estado de los agroecosistemas, prioridades de información, investigación y acciones que permitan el resguardo y aprovechamiento a largo plazo de estos recursos, prioritarios para el bienestar de las diferentes poblaciones y grupos culturales de México.

***Modelos de distribución potencial de especies.*** Con respecto al desarrollo de los modelos de distribución potencial de las especies, podemos resaltar algunos aspectos relacionados con el proceso, más que con el método que está ampliamente documentado y sistematizado. Nuestra experiencia muestra que consultar a grupos de expertos en tema y grupos taxonómicos promueve una elección de especies ágil y eficiente. Asimismo, esta participación promueve, de manera simultánea, la depuración de las bases de datos utilizadas, información sobre la distribución e historia natural de las especies y los contextos de manejo de las especies. Ello contribuye a que la información utilizada sea confiable, robusta y apegada a lo que en realidad ocurre con las especies



en el territorio. Después de hacer un primer modelado, presentar estos mapas nuevamente a los expertos (con amplia experiencia en campo) y tener su punto de vista crítico, permite ajustar la primera modelación y regenerar los modelos.

Un aspecto que queda como tarea a futuro, y que consideramos muy necesaria, es la validación de los modelos, con diversos actores, entre ellos los manejadores regionales y locales, además de investigadores de otros grupos de trabajo. El ejercicio de validación colectiva es una herramienta óptima para la verificación en campo, sobre todo porque en el proyecto se trabajó con especies de alto interés para las comunidades locales. Todas las especies analizadas se encuentran bajo manejo, y tratamos de representar casos con diferente grado de intensidad de manejo y amplitud de distribución, algunas a escala nacional, y otras con una distribución restringida a una región. Visualizar y analizar de manera colectiva dónde están (o pueden estar) presentes las especies es información importante para el diseño de estrategias de conservación y manejo sustentable de los recursos. Con ello, la toma de decisiones puede ser diseñada y validada en campo, con las personas que manejan y toman decisiones prácticas sobre los territorios y las especies. Esto permitiría, por ejemplo, diseñar áreas de conservación, áreas de regeneración y áreas con tasas de extracción, o evitar la traslocación de especies en áreas donde carecen de viabilidad o pueden representar riesgos para otras especies.

***Hacia una estrategia nacional de diagnóstico de la agrobiodiversidad.*** Documentar y sistematizar la información sobre agrobiodiversidad de México son tareas de una alta prioridad, como lo hemos discutido. Lograrlo requerirá grandes esfuerzos conjuntos entre las instituciones académicas, gubernamentales, organizaciones sociales y civiles, las autoridades locales y las comunidades rurales y semiurbanas. El esfuerzo de la CONABIO hasta el presente es quizás el de mayor envergadura, por el equipo de trabajo, la infraestructura y la agilidad que logra. La CONABIO estará en condiciones de hacer un



alto y analizar el estado de la información almacenada, con el fin de identificar prioridades en las tareas de investigación en campo que quedan por delante. Identificar las regiones y grupos culturales menos estudiados puede ser un criterio para sugerir prioridades de investigación. También lo es la identificación de grupos taxonómicos de importancia estratégica y aquellos menos estudiados y con alto potencial, entre otros temas. Asimismo, la documentación de la diversidad de sistemas agroforestales que existe en el país es muy relevante, pues estos sistemas albergan una considerable proporción de agrobiodiversidad y pueden constituir importantes unidades de análisis y de acciones para la conservación. Y como estos temas que referimos, podrán establecerse otros y un conjunto de criterios para definir una agenda de investigación que brinde sugerencias a los académicos, a las ONGs y a otras organizaciones de la sociedad civil de lo que es prioritario documentar. Igualmente para la propia CONABIO y entidades gubernamentales tal agenda puede normar criterios para apoyar la investigación que es importante en determinadas áreas y temas.

***Hacia una Base de Datos Nacional de Agrobiodiversidad.*** El gran esfuerzo que requiere documentar la agrobiodiversidad necesita concertar acuerdos y esfuerzos para concentrar información en una gran Base de Datos Nacional de Agrobiodiversidad. La información que se ha generado a través de esfuerzos grandes y pequeños, institucionales y hasta personales, publicada y no publicada, y que aún permanece dispersa en el país debe reunirse. En nuestra opinión, es la CONABIO la institución más adecuada para liderar un proyecto de esta naturaleza, pues es la que ha dado pasos más firmes en esta dirección y la que cuenta con la mejor infraestructura, capacidad técnica y visión para lograrlo. Sabemos el gran reto que esto significa, pero también sabemos que ha sido posible avanzar.

***Marco regulatorio de compartición y acceso a la información.*** Un tema que surgió recurrentemente en las discusiones de nuestro grupo y con el resto de los equipos de



trabajo del proyecto es el que se refiere a la regulación del acceso a la información. Hay temas, recursos, técnicas para los cuales los propios manejadores solicitan discreción en el manejo de la información, y es necesario atender las diferentes inquietudes, construyendo un marco regulatorio flexible, con amplitud, pero con capacidad de identificar posibles conflictos. Un marco adecuado facilitaría el trabajo en campo, ordenaría los flujos de información y ampliaría el marco de colaboración entre los diferentes sectores interesados en conocer, utilizar y conservar la agrobiodiversidad.

**Información para la conservación in situ y ex situ.** Desde nuestra perspectiva, el tema de manejo es el que ha sido abordado más limitadamente y, sin embargo, la sistematización de las experiencias técnicas es de extraordinaria importancia para establecer bases para el manejo sustentable de la agrobiodiversidad y su conservación *in situ*. Es, por lo tanto, un tema en el que vale la pena incidir y continuar desarrollando las herramientas adecuadas para documentar y sistematizar la información. Asimismo, el proyecto debe contemplar la identificación de áreas, regiones, variedades cuya conservación *ex situ* sea pertinente con base en los criterios de las instituciones que manejan las colecciones.

**Difusión, uso y manejo sustentable de la agrobiodiversidad.** Hemos discutido arriba la íntima relación que existe entre el uso, el manejo y la conservación de la agrobiodiversidad y la importancia de vincular estos aspectos con diversos temas para los que se elaboran políticas públicas (conservación, restauración, soberanía alimentaria, educación, cultura, derechos patrimoniales, tenencia de la tierra, entre otros). Difundir la importancia de la agrobiodiversidad en todas las dimensiones sociales y ecológicas es crucial para que los tomadores de decisiones y los que legislan y elaboran políticas lo hagan de manera informada.

En el campo, la difusión de las vastas virtudes de la cultura local es una actividad pertinente, y promoverla puede estar en la agenda de las distintas instituciones y personas interesadas en conocer y conservar la agrobiodiversidad. Incentivar y realizar



tareas de comunicación es una tarea multisectorial. Es de gran importancia para contribuir a afianzar valores e identidad, un aspecto central para la conservación de la agrobiodiversidad en una nación multicultural como lo es México.

### **VIII. ARCHIVOS ANEXOS AL INFORME**

ANEXO 1. Registros herbario RG023\_reporte final

ANEXO 2. Entrega de ejemplares a herbarios RG023

ANEXO 3. Validación registros duplicados RG023-SNIB

ANEXO 4. Explicación asociada a ejemplares duplicados RG023-SNIB

ANEXO 5. Reporte de respuestas generales a observaciones MIB22016\_Registros Herbario\_RG023 Informe final

ANEXO 6. Respuesta a observaciones MIB22016\_Registros de herbario\_RG023 Informe Final

ANEXO 7. Reporte de respuestas generales a observaciones MIB22011\_Registros Kobo\_RG023 Informe final

ANEXO 8. Respuesta a observaciones MIB22011\_Registros KoBo\_RG023 Informe final

ANEXO 9. Mapas en formato imagen

ANEXO 10. Archivos completos de modelos, Shape files, Mapas en formato TIFF y

Respuesta a SIGPR-2022-002-RG023.

ANEXO 11. Bases de datos

ANEXO 12. Metadatos mapas



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

ANEXO 13. Tesis concluidas

ANEXO 14. Publicaciones académicas arbitradas

ANEXO 15. Publicaciones de divulgación

ANEXO 16. Videos de divulgación

ANEXO 17. Ejercicio presupuestal del proyecto RG023

## **IX AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo desean expresar su profundo agradecimiento a numerosas personas, organizaciones civiles instituciones gubernamentales que hicieron posible su realización.

Ante todo, agradecemos la generosidad de numerosas personas, mujeres y hombres de las comunidades que en las distintas regiones en donde hicimos esta investigación colaboraron con nosotros. Su compañía en el campo, en diversos talleres para identificar sus nombres, usos y conocimiento ecológico, y frecuentemente también en muestreos de vegetación, fue la base sobre la que se ha construido esta memoria.

Especial gratitud nos merecen las organizaciones “Guacamayas Calentanas”, de Michoacán, “Sansekan Tinemi” de Guerrero, “Alternativas, A. C. en Tehuacán-Cuicatlán.

Agradecemos el apoyo institucional que nos brindó el IIES, UNAM campus Morelia. No solo sus instalaciones y equipo, sino también su personal administrativo y técnico que ayudaron continuamente a impulsar el trabajo, aún en los momentos más complicados de la pandemia. Desde luego, agradecemos el apoyo financiero de la CONABIO, la FAO y el GEF (Proyecto ID 9380), instituciones que impulsaron el proyecto de Agrobiodiversidad Mexicana, de invaluable trascendencia para el país. Nuestro



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

proyecto en particular recibió apoyo complementario de programa PAPIIT de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM (proyecto IN206520) y del CONACYT-Ciencia Básica (proyecto A1-S-14306).

Para el desarrollo del trabajo, contamos con el apoyo de colegas botánicos y ecólogos, quienes han trabajado en algunas de las regiones que estudiamos y cuyo apoyo logístico, establecimiento de contactos y asesoría acerca de la seguridad fue clave. En la ardua tarea de determinar algunos grupos de especies de plantas, contamos con la ayuda de especialistas; varios de ellos también tuvieron una valiosa participación en la elaboración de modelos de distribución. Nuestra gratitud a Arnulfo Blanco García, Juan Ismael Calzada, Guadalupe Cornejo Tenorio, Mario Adolfo Espejo Serna, Ángeles García Guzmán, Guillermo Ibarra Manríquez, Ana Rosa López Ferrari, Consuelo Medina García, Rosalinda Medina Lemos, Mauricio Antonio Mora Jarvio, Darisol Pacheco Rivera, Rosario Redonda Martínez, Gerardo Salazar Chávez, Francisco Javier Santana Michel, Victor Werner Steinmann, Susana Valencia Ávalos, Alfonso Valiente Banuet, Ernesto Velázquez Montes, José Luis Villaseñor Ríos, Sergio Zamudio Ruíz y Silvia Guadalupe Zumaya Mendoza.

Expresamos nuestro especial agradecimiento a Rosalinda Medina Lemos, encargada de la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán del Herbario Nacional MEXU, Gerardo Adolfo Salazar Chávez responsable del Herbario Nacional MEXU, Rosa Isabel Fuentes Chávez responsable del Herbario de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo EBUM, Emmanuel Pérez Cáliz responsable del Herbario Regional del Bajío IEB y Pablo Carrillo Reyes responsable del Herbario Luz María Villarreal de Puga IBUG. El apoyo de estos colegas fue fundamental en el acceso a las colecciones que permitió corroborar la identidad del material colectado, el procesamiento para incorporar el material que colectamos a las colecciones, las consultas indispensables para este trabajo. Todo ello en un periodo sumamente complicado debido a la pandemia por COVID-19.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

Otros miembros de nuestro grupo de investigación colaboraron con el proyecto realizando colectas, determinaciones, registros o participando en talleres para la elaboración de los modelos de distribución. Nuestro profundo agradecimiento a Hernán Alvarado Sizzo, Viviana Yasmín Andrade Erazo, Edna Arévalo Marín, Yven Echeverría Ayala, Berenice Farfán Heredia, Carmen Julia Figueredo Urbina, Erandi Lizbeth Guzmán Gómez, Rosario Jiménez-Salazar, Ricardo Lemus-Fernández, Alana Pacheco Flores, Amaranta Paz Navarro, Edgar Pérez Negrón-Souza, Lucía Pérez Volkow, Francisco Javier Rendón Sandoval, Erandi Rivera Lozoya, María Fernanda Salazar Ramírez, Leonor Solís Rojas, Ignacio Torres García, Mariana Vallejo Ramos y Mariana Zarazúa Carbajal.

Agradecemos también a los directores, personal administrativo y técnicos de las Reservas de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Zicuirán-Infiernillo, Mariposa Monarca y Montes Azules. Su apoyo fue fundamental.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre-Dugua, X.; A. González; L. Eguiarte y A. Casas. 2012. Large and round: Morphological and genetic consequences of artificial selection on the gourd tree *Crescentia cujete* by the Maya from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Annals of Botany* 109(7): 1307-1316.

Aguirre-Dugua X., Casas A., Pérez-Negrón E. 2013. Phenotypic differentiation between wild and domesticated varieties of *Crescentia cujete* and culturally relevant uses of fruits as bowls in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9:76.

Aguirre-Dugua, X. J. Llanderal-Mendoza, A. González-Rodríguez, L. Eguiarte y A. Casas. 2018. Anthropogenic dispersion of selected germplasm creates a new phylogeographic mosaic of *Crescentia cujete* populations in Mesoamerica. *Tree Genetics and Genomes* 14:18.

Alvarado-Sizzo, H., A. Casas, F. Parra, H.J. Arreola-Nava, T. Terrazas. Terrazas, y C. Sánchez. 2018. Species Delimitation in the *Stenocereus griseus* (Cactaceae) Species Complex Reveals a New Species, *S. huastecorum*. *PLOS ONE* 13 (1): e0190385.

Alvarado-Sizzo, H., A. Casas, A. González-Rodríguez, H.J. Arreola-Nava, y T. Terrazas. 2019. Clave dicotómica y distribución del complejo de especies de *Stenocereus griseus* (Cactaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90.

Alvarado-Sizzo, H y A. Casas. *Stenocereus* spp. CACTACEAE. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) *Ethnobotany of the mountain regions of Mexico*. Libro en prensa a publicarse por Springer.

Álvarez-Ríos, G.D., F. Pacheco-Torres C.J. Figueredo-Urbina y A. Casas. 2020a. Management, Morphological and Genetic Diversity of Domesticated Agaves in



Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16 (1): 3  
<https://doi.org/10.1186/s13002-020-0353-9>

Álvarez-Ríos, G.D., C.J. Figueredo-Urbina y A. Casas. 2020b. Physical, chemical and microbiological characteristics of pulque: Management of a fermented beverage in Michoacán, Mexico. *Foods* 2020, 9, 361

Ashworth, L., M. Quesada, A. Casas, R. Aguilar y K. Oyama. 2009. Pollinator – dependent food production in Mexico. *Biological Conservation* 142 (5): 1050-1057.

Bates, D.M. 1985. Plant Utilization: Patterns and Prospects. *Economic Botany* 39(3): 241-265.

Begazo, D., I. Torres; E. Márquez-Castellanos, J. Segovia, M. Zarazúa, F. Parra, J. Torres-Guevara y A. Casas. 2019. Sachas, araccas, k'ipas y cultura andina: las bases de la diversidad de papas. *LEISA revista de agroecología*.

Blancas, J., A. Casas, S. Rangel-Landa, I. Torres, E. Pérez-Negrón, L. Solís; A.I. Moreno, A. Delgado, F. Parra, Y. Arellanes, J. Caballero, L. Cortés, R. Lira y P. Dávila. 2010. Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* 64(4): 287-302.

Blancas, J., A. Casas, D. Pérez-Salicrup, J. Caballero y E. Vega. 2013. Ecological and sociocultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9: 39

Brush, S. B., 2004. *Farmers' Bounty: Locating crop diversity in the contemporary World*. Yale University Press; New Haven.

Caballero, J.; L. Cortés; C. Mapes; J. Blancas; S. Rangel-Landa; I. Torres-García; B. Farfán-Heredia; A. Martínez-Ballesté y A. Casas. En prensa. Ethnobotanical knowledge in Mexico: Use, management, and other interactions between people and plants. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) *Ethnobotanical knowledge in Mexico: use,*



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

management and other interactions between people and plants. Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_2-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_2-1)

Camou-Guerrero, A., A. Casas, A. I. Moreno-Calles, J. Aguilera-Lara, D. Garrido-Rojas, S. Rangel-Landa, I. Torres, E. Pérez-Negrón, L. Solís, J. Blancas, S. Guillén, F. Parra, E. Rivera. 2016. Ethnobotany in Mexico: History, development and perspectives. En: Lira, R., A. Casas y J. Blancas (Eds.). Ethnobotany of Mexico. Interactions of peoples and plants in Mesoamerica. Capítulo 2. Springer, Utrecht, ISBN 978-1-4614-6669-7, pp. 21-39. DOI: 10.1007/978-1-4614-6669-7\_2

Casas, A., J.L. Viveros y J. Caballero. 1994. Etnobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero. Instituto Nacional Indigenista CONACULTA, México.

Casas, A., M.C. Vázquez, J.L. Viveros y J. Caballero. 1996. Plant management among the Nahua and the Mixtec of the Balsas river basin: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24 (4): 455-478.

Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. 2007. *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100(5): 1101-1115.

Casas, A. y F. Parra. 2007. Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura: LEISA revista de agroecología 23(2): 5-8.

Casas, A. y A.I. Moreno-Calles. 2014. Seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina. LEISA revista de agroecología 30(4): 5-7.

Casas, A. 2016. Capítulo 12. Manejo *in situ* y *ex situ* de recursos genéticos En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación y en el Continente Americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina, pp. 347-359.



- Casas, A.; A. I. Moreno-Calles; M. Vallejo; F. Parra. 2016. Capítulo 2. Importancia actual y potencial de los recursos genéticos. En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación y en el Continente Americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México / Universidad Nacional Agraria La Molina, pp. 51-74.
- Casas, A. y F. Parra. 2016. Capítulo 5. La domesticación como proceso evolutivo. En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación y en el Continente Americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México / Universidad Nacional Agraria La Molina, pp. 133-158.
- Casas, A.; J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). 2016. Domesticación en el Continente Americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo mundo. Universidad Nacional Autónoma de México / Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Casas, A.; F. Parra, X. Aguirre-Dugua, S. Rangel-Landa, J. Blancas, M. Vallejo, A. I. Moreno-Calles, S. Guillén, I. Torres, A. Delgado-Lemus, E. Pérez-Negrón, C. J. Figueredo, J. M. Cruse-Sanders, B. Farfán-Heredia, L. Solís, A. Otero-Arnaiz, H. Alvarado-Sizzo y A. Camou-Guerrero. 2017. Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica. Una estrategia de investigación. Capítulo 3. En: Casas, A.; J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). Domesticación en el Continente Americano. Volumen 2. Perspectivas de investigación y manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina / CONACYT, Morelia, Michoacán, México, pp. 69-102.
- Casas, A. y M. Vallejo. 2019. Las condiciones de la biodiversidad: diagnóstico y política pública. En: Merino L. y A. Velázquez (Coord.). Medioambiente y sociedad en México. UNAM, México.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

- Casas, A., B. Farfán-Heredia, A. Camou-Guerrero, I. Torres, S. Rangel-Landa. 2022a. Wild, weedy and domesticated plants for food security and sovereignty. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. En prensa a publicar por Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_3-1).
- Casas, A., J. Blancas y H. Vibrans. 2022b. Perspectives of the ethnobotanical research in Mexico. En: Casas, A. y J. Blancas (eds.) Ethnobotany of the mountain regions of Mexico. Libro en prensa a publicar por Springer.
- Castro-Sánchez, E. I., A. I. Moreno-Calles, S. Meneses-Eternod, B. Farfán-Heredia, J. Blancas-Vásquez y A. Casas. 2019. Wild edible fungi management in the Meseta Purépecha, Mexico: Ethnomycology from ethnoecological perspectives Sustainability 11: 3779.
- Clement R.C., A. Casas, F.A. Parra-Rondinel, C. Levis, N. Peroni, N. Hanazaki, L. Cortés-Zárraga, S. Rangel-Landa, R. Alves, M. J. Ferreira, M. Cassino, S. Coelho, A. Cruz, M. Pancorbo-Olivera, J. Blancas, A. Martínez-Ballesté, G. Lemes, E. LoteroVelásquez, V. Mutti Bertin, G. Mazzochini. 2021. Disentangling domestication from food production systems in the Neotropics. Quaternary 4(1): 4.
- CONABIO, 2021. Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México. Base de datos SNIB-CONABIO, México. Disponible en <http://www.snib.mx/taxonomia/descarga/>
- Corona, E., A. Casas, A. Argueta-Villamar y C. I. Alvarado-León. 2021. La domesticación de especies y paisajes en México. En: Bali, J. (Ed.). México. Grandeza y diversidad. Capítulo 3. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México. Pp. 78-98. ISBN: 978-607-539-498-5
- Crowley, E., L. Collette, E. Dulloo, J. Mulongoy, J. Scout, S. Mathur y N. O. Haddad. 2007.



Agricultura y desarrollo rural sostenible (ADRS). Sumario de política. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Roma, Italia.

Cruse-Sanders J. M., E. A. Friar, K. C. Parker, D. I. Huang, S. Mashayekhi, L. M. Prince, A. Otero-Arnaiz, A. Casas. 2013. Managing diversity: domestication and gene flow in *Stenocereus stellatus* Riccob. in Mexico. *Ecology and Evolution* 3(5): 1340-1355.

FAO. 1999. Agricultural biodiversity, multifunctional character of agriculture and land conference. Background Paper 1. Maastricht, Holanda.

FAO. 2016. Agricultura sostenible y biodiversidad. Un vínculo indisoluble. FAO, Roma.  
<http://www.fao.org/publications/es/>

Farfán-Heredia, B., A. Casas y S. Rangel-Landa. 2018a. Cultural, economic and ecological factors influencing management of wild plants and mushrooms interchanged in Purépecha markets of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14:68 pp. 1-21

Farfán, B.; A. Casas y S. Rangel-Landa. 2018b. Cultural, economic and ecological factors influencing management of wild plants and mushrooms interchanged in Purépecha markets of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14:68 pp. 1-21

Fick, S.E. y R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol*, 37: 4302-4315.  
<https://doi.org/10.1002/joc.5086>

Figueredo-Urbina, C. J.; A. Casas e I. Torres-García. 2017. Morphological and genetic divergences among the wild *Agave inaequidens* and *A. cupreata* with the domesticated species *Agave hookeri*. An analysis of their evolutionary relationships. *PLoS ONE* 12(11): e0187260.

Figueredo-Urbina, C. J., A. Casas, Y. Martínez-Díaz, L. Santos-Zea, y J. A. Gutiérrez Uribe. 2018. Domestication and saponins content in a gradient of management



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

intensity of agaves: *Agave cupreata*, *A. inaequidens* and *A. hookeri* in central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 65: 1133–1146.

Figueredo-Urbina, C.J., G.D. Álvarez-Ríos, y L. Cortés-Zárraga. 2021a. Edible Flowers Commercialized in Local Markets of Pachuca de Soto, Hidalgo, Mexico. *Botanical Sciences*, 19.

Figueredo-Urbina, C.J., G.D. Álvarez-Ríos, M.A. García-Montes, y P. Octavio-Aguilar. 2021b. Morphological and Genetic Diversity of Traditional Varieties of Agave in Hidalgo State, Mexico. *PLOS ONE* 16 (7): e0254376.

Guillén, S.; T. Terrazas y A. Casas. 2015. Effect of natural and artificial selection on survival of columnar cacti seedlings: The role of adaptation to xeric and mesic environments. *Ecology and Evolution* 5(9): 1759-1773.

Hernández, P.A., Franke, I., Herzog, S.K., Pacheco, V., Paniagua, L., Quintana, H.L., Soto, A., Swenson, J.J., Tovar, C., Valqui, T.H., Vargas, J., Young, B.E., 2008. Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodivers. Conserv.* 17, 1353–1366

Kates, R. W., W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopin, A. Grubler, B. Huntley, J. Jager, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Matson, H. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan y U. Svedin. 2001. *Sustainability Science*. *Science*, New Series 292(5517): 641-642.

Khoshbakht K. y Hammer K. 2008) How many plant species are cultivated? *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 925-928.

Linares-Rosas, M. I.; B. Gómez; E. M. Aldasoro-Maya y A. Casas. 2021. Nahua biocultural richness: an ethnoherpetological perspective. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17: 33



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

- MacNeish, R. S. 1967. A summary of the subsistence. En: Byers, D. (Ed.). The prehistory of the Tehuacan Valley. Vol 1. Environment and subsistence. University of Texas Press, Austin, E. U. pp. 290-331.
- Mapes, C. y F. Basurto. 2016. Biodiversity and edible plants of Mexico. En: Lira, R.; A. Casas y J. Blancas (Ed.). Ethnobotany of Mexico. Interactions of people and plants in Mesoamerica. Springer, Nueva York, pp. 83-132.
- Moreira, P. A., X. Aguirre-Dugua, C. Maria, A. Casas, C. R. Clement y Y. Vigouroux. 2017. Prehistoric routes of treegourd introduction and dispersal into Amazonia. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: 150.
- Moreno-Calles, A.I., V.M. Toledo y A. Casas. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91 (4): 375-398.
- Moreno-Calles A.I., A. Casas, A. D. Rivero-Romero, Y.A. Bautista-Romero, D. Garrido-Rojas, R.A. Fisher, F. Alvarado-Ramos, S. Rangel-Landa, M. Vallejo-Ramos y D. Santos Fita. 2016. Ethnoagroforestry: Integration of biocultural diversity for food sovereignty in Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12:54.
- Ojeda-Linares, C.I., M. Vallejo. P. Lappe y A. Casas. 2020. Traditional management of fermented beverages from cactus fruits in Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16(1): 1-12.
- Ojeda-Linares, C.I., G.D. Álvarez-Ríos, C.J. Figueredo-Urbina, I. Torres; L. Islas; M. Vallejo y A. Casas. 2021. Traditional fermented beverages of Mexico: a biocultural unseen foodscape. *Foods* 10: 2390.
- Ojeda-Linares, C.I., I.A. Solís-García y A. Casas. 2022. Constructing micro environments: management and selection practices on microbial communities in a traditional fermented beverage. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 821268:1-17



- Parra, F., A. Casas, J. Peñaloza-Ramírez, A.C. Cortés-Palomec, V. Rocha-Ramírez y A. González-Rodríguez. 2010. Evolution under domestication: Ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, Mexico. *Annals of Botany* 106: 483-496.
- Parra, F., J. Blancas y A. Casas. 2012. Landscape management and domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley: human guided selection and gene flow. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8: 32
- Parra F., A. Casas, V. Rocha, A. González-Rodríguez, S. Arias-Montes y H. Rodríguez-Correa. 2015. Spatial distribution of genetic variation of *Stenocereus pruinosus* in Mexico: Analyzing the origins of its domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution* 62(6): 893-912.
- Parra-Rondinel, F., A. Casas, D. Begazo, A. Paco, E. Márquez, A. Cruz, J. Segovia, I. Torres-García, M. Zarazúa, L. Lizárraga y J. Torres-Guevara. 2021. Natural and cultural processes influencing gene flow among wild (atoq papa), weedy (araq papa and k'ipa papa), and crop potatoes in the Andean region of southern Peru *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:617969.
- Pearson, R.G., C.J. Raxworthy, M. Nakamura y A. Townsend Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34: 102-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
- Pérez-Negrón, E. y A. Casas. 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The case of Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70(2): 356-379.
- Phillips, S. J. 2005. A brief tutorial on Maxent. *AT&T Research*, 190(4), 231-259.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E., 2006, Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, Vol 190/3-4 pp 231-259.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

POWO. 2019. Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew. Disponible en <http://www.plantsoftheworldonline.org/>

Rangel-Landa S., A. Casas, E. Rivera-Lozoya, I. Torres, y M. Vallejo. 2016. Ixcatec ethnoecology: Biocultural principles of plant management in Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12:30

Rangel-Landa, S., A. Casas, E. García-Frapolli y R. Lira. 2017. Socio-cultural and ecological factors influencing plants management: comparing edible, medicinal and ceremonial plants in Santa María Ixcatlán, Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 13:59

Rendón-Sandoval, F.J., A. Casas, A.I. Moreno-Calles M.I. Torres-García y E. García Frapolli. 2020. Traditional agroforestry systems and conservation of native plant diversity of seasonally dry tropical forests. *Sustainability* 12, 4600.

Rendón-Sandoval, F.J., A. Casas, P.G. Sinco-Ramos, E. García-Frapolli y A.I. Moreno Calles. 2021. Peasants' motivations to maintain vegetation of tropical dry forests in traditional agroforestry systems from Cuicatlán, Oaxaca, Mexico. *Frontiers in Environmental Science* 9: 682207.

Solís, L. y A. Casas. 2019. Cuicatec ethnozoology: traditional knowledge, use and management of fauna by people of San Lorenzo Pápalo, Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* (2019) 15:58

The Plant List. 2013. The Plant List versión 1.1. Disponible en <http://www.theplantlist.org/>

Torres-García, I., A. León, E. Vega, A.I. Moreno-Calles, A. Casas. 2020. Integral projection models and sustainable forest management of *Agave inaequidens* in western Mexico. *Frontiers in Plant Sciences* 11:122. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01224>



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD · UNAM

Tropicos.org. 2021. Tropicos. Missouri Botanical Garden. Disponible en <http://www.tropicos.org/>

Vallejo, M.; I. Ramírez; A. Reyes-González; A. I. Moreno-Calles y A. Casas. 2019. Agroforestry systems of the Tehuacán Valley: changes and maintenance of their distribution at regional level. *Land* 2019 8(24):1-26.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Vitousek P. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75: 1861-1876.

Zarazúa-Carbajal, M. 2016. Capítulo 10. Del guajolote a las chichatanas. Uso, manejo y domesticación de recursos genéticos animales en Mesoamérica. En: Casas, A., J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds.). *Domesticación y en el Continente Americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina*, pp. 283-316.

Zarazúa-Carbajal, M., M. Chávez-Gutiérrez, Y. Romero-Bautista, S. Rangel-Landa, A. I. Moreno-Calles, F. Alvarado-Ramos, J. Blancas-Vázquez, E. del Val de Gortari, M. C. Arizmendi, A. Casas. 2020. Use and management of wild fauna by peoples of the Tehuacán-Cuicatlán Valley and the surrounding areas, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16(4): 1-23.

Zarazúa-Carbajal, M., M. Chávez-Gutiérrez, J.L. Peña-Mondragón y A. Casas. Ecological knowledge and management of fauna among the Mexicatl of the Sierra Negra, México: an interpretive approach. Aceptado en: *Frontiers in Ecology and Evolution*.