

Systematic Review for Understanding Mexican Biodiversity: The Agaves of Hidalgo

Revisión sistemática para el conocimiento de la biodiversidad mexicana: Los agaves de Hidalgo

Mario A. García-Montes^{1*}; Carmen J. Figueredo-Urbina²; Pablo Octavio-Aguilar³

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Posgrado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, col. Carboneras. C. P. 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad km 1 s/n, Exhacienda Aquetzalpa. C. P. 43600. Tulancingo, Hidalgo, México.

³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Laboratorio de Genética. Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, col. Carboneras. C. P. 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

*Corresponding author: ga238881@uaeh.edu.mx; tel.: +52552 092 4118.

Abstract

Introduction: The genus *Agave*, a biological group of cultural and economic importance, is most diverse in Mexico. However, the exact number of species in the state of Hidalgo remains uncertain.

Objective: The aim of this study is to conduct a systematic literature review to examine the diversity of agave species found in the state of Hidalgo.

Materials and methods: A comprehensive literature review was conducted using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis) protocol, herbarium collections and digital databases were reviewed. A total of 65 information sources were identified, from which 22 were selected to create a database. Species names were reviewed and updated to avoid synonyms and repetitions.

Results and discussion: A total of 55 species were identified, with 26 having a 'very likely' presence in the region. *Agave mitis* Mart. was the most frequently recorded maguey (19), followed by *A. lechuguilla* Torr. (17). The species are primarily concentrated in the Barranca de Metztitlán Biosphere Reserve, Valle del Mezquital, and the central part of the state. *Agave peacockii* Croucher is subject to special protection according to NOM-059-SEMARNAT-2010.

Conclusions: Hidalgo can be considered among the states with a considerable number of *Agave* species. The generated information is useful; however, it should be used with caution, as it may be subject to spatial, temporal, and taxonomic biases in inventory data, collections, and lists.

Keywords: maguey; Asparagaceae; Agavaceae; *Agave mitis*; *Agave lechuguilla*.

Resumen

Introducción: El género *Agave*, grupo biológico de importancia cultural y económica, presenta su mayor riqueza en México, aunque en el estado de Hidalgo aún no es claro el número de especies presentes.

Objetivo: Analizar el número de especies de magueyes que se distribuyen en el estado de Hidalgo a través de una revisión sistemática de literatura científica.

Materiales y métodos: Se hizo una revisión exhaustiva de literatura científica mediante el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis) y se revisaron colectas de herbarios y bases de datos digitales. Se encontraron 65 fuentes de información, de los cuales se eligieron 22 y con ellos se creó una base de datos. Los nombres de las especies se revisaron y actualizaron para evitar sinonimias y repeticiones.

Resultados y discusión: Se encontraron 55 especies, de las cuales 26 tienen presencia 'muy probable' en la entidad. *Agave mitis* Mart. fue el maguey con mayor frecuencia de registro (19), seguido de *A. lechuguilla* Torr. (17). Las especies se concentran principalmente en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Valle del Mezquital y el centro de la entidad. *Agave peacockii* Croucher se encuentra sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Conclusiones: Hidalgo se puede considerar entre los estados con un número considerable de especies de *Agave*. La información generada es de utilidad; sin embargo, debe utilizarse con cautela, ya que pueden estar sujetos a sesgos espaciales, temporales y taxonómicos en datos de inventarios, colecciones y listas.

Palabras clave: Maguey; Asparagaceae; Agavaceae; *Agave mitis*; *Agave lechuguilla*.

Introduction

Since the year 2000, systematic reviews have been incorporated into the field of conservation, and to date, they remain relevant and effective in decision-making, demonstrating their impact in various scientific domains (Berger-Tal et al., 2019; Collaboration for Environmental Evidence [CEE], 2013). These reviews encompass studies on nurse plant conservation, dispersal, invasive species, and distribution models in protected areas (CEE, 2018; Driscoll et al., 2014; Filazzola & Lortie, 2014; Haddaway et al., 2015; Mačić et al., 2018; Ordóñez-Delgado et al., 2019; Robinson et al., 2017; Халугин, 2020). Systematic review, as a synthesis method, aims to address a specific question with the utmost precision; all relevant evidence available is critically assessed using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis) protocol. These guidelines help enhance the reporting of reviews, making them more reliable and solid, such that the final document can be shown as a literature review or a meta-analysis (Haddaway et al., 2015; Liberati et al., 2009; Molina, 2018).

Entities or countries often require reports generated through this type of analysis to ascertain the number of species, the quantity of individuals, and the geographical locations of their populations. Furthermore, these reports serve as foundational information for conservation programs. Integrating this information helps identify which species should be included in specific programs and which areas are crucial for conservation, because evaluations to assign some type of risk to species use criteria of distribution and population characteristics, as well as geographic location data (International Union for the Conservation of Nature [IUCN], 2017; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2010).

The genus *Agave* is endemic to the Americas and is distributed from the southern United States to northern Venezuela. This biologically significant group, with cultural and economic importance, exhibits its greatest diversity in Mexico, although the number of species present in the state of Hidalgo is still unclear. Gentry (1982) identified 15 species of agaves (considering intra-specific varieties) from two subgenera and seven groups in Hidalgo. Later, Granados (1993) listed 13 *Agave* species in the region. Years afterward, Villavicencio Nieto and Pérez Escandón (2006) documented eight agave species used medicinally for various conditions. Golubov et al. (2007), based on the classification of the Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), reported the species richness of the genus per state in protected natural areas (NPA) and concluded that 27 *Agave* species were recorded in four NPAs from Hidalgo, without specifying names. On the other hand,

Introducción

A partir del año 2000, las revisiones sistemáticas se incluyeron en el campo de la conservación y hasta la fecha siguen vigentes y efectivas en la toma de decisiones, pues han demostrado su alcance en varios campos de la ciencia (Berger-Tal et al., 2019; Collaboration for Environmental Evidence [CEE], 2013). Estas revisiones incluyen estudios sobre conservación de plantas nodrizas, dispersión, especies invasoras y modelos de distribución en áreas protegidas (CEE, 2018; Driscoll et al., 2014; Filazzola & Lortie, 2014; Haddaway et al., 2015; Mačić et al., 2018; Ordóñez-Delgado et al., 2019; Robinson et al., 2017; Халугин, 2020). La revisión sistemática, como método de síntesis, tiene el objetivo de responder una pregunta específica con la mayor precisión; toda la evidencia relevante disponible se evalúa de forma crítica mediante el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis). Estos lineamientos ayudan a mejorar los reportes de las revisiones para hacerlas más fiables y robustas, de tal modo que el documento final se pueda mostrar como una revisión bibliográfica o un metanálisis (Haddaway et al., 2015; Liberati et al., 2009; Molina, 2018).

Los reportes obtenidos con este tipo de análisis son requeridos por cualquier entidad o país para conocer su número de especies, la cantidad de individuos y la ubicación geográfica de sus poblaciones; además, pueden ser un punto de partida para los programas de conservación. La integración de dicha información permite conocer cuáles especies deben considerarse en algunos programas y qué áreas son de importancia para la conservación, ya que, por lo general, las evaluaciones para asignar algún tipo de riesgo a especies utilizan criterios de distribución y características poblacionales, así como datos de ubicación geográfica (International Union for the Conservation of Nature [IUCN], 2017; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2010).

El género *Agave* es endémico de América y se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Venezuela. Este grupo biológico de importancia cultural y económica presenta su mayor riqueza en México, aunque en el estado de Hidalgo todavía no es claro el número de especies presentes. En Hidalgo, Gentry (1982) encontró 15 especies de magueyes (considerando variedades intraespecíficas) de dos subgéneros y siete grupos. Después, Granados (1993) ubicó 13 especies del género *Agave* en la entidad. Años más tarde, Villavicencio Nieto y Pérez Escandón (2006) registraron ocho especies de magueyes que se usan de forma medicinal para varias afecciones. Por su parte, Golubov et al. (2007), con base en la clasificación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), enlistan la riqueza de especies del género por entidad federativa en áreas

Villaseñor (2016), in his checklist of native vascular plants in Mexico, mentioned the existence of 32 agave species in this state. Subsequently, Thiede (2020) compiled information and identified 20 taxa of this genus in the region, while more recently, Villaseñor et al. (2022), in their work on richness and distribution of vascular flora in the state of Hidalgo, recorded 21 agave species, with 14 of them being endemic to Mexico. These studies note that some records have not been validated or located in the field, cautioning that certain identifications may be incorrect, leading to common data gaps and variability in the reports.

Clearly, there is no unanimous agreement on the precise number of agave species in the state, with significant variations among authors attributed to publication years and taxonomic changes (The Angiosperm Phylogeny Group, 2016; Thiede, 2016). Furthermore, the digital database of the Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) records up to 37 species, subspecies, and varieties (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022). Some of these are classified as nationally and internationally at risk, underscoring the importance of consolidating and updating this information to develop more effective plans for the use, management, and conservation of this pivotal biological group in Mexico. In this context, the following question arises: How many agave species are officially recorded in Hidalgo? Thus, the primary goal of this study was to comprehensively review the distribution of agave species in the region, employing the synthesis of scientific literature, herbarium collections, and digital databases. This information enhances understanding of the natural resource in the region and proves valuable for proposing management and conservation plans.

Materials and Methods

An exhaustive review of scientific literature and data from publicly accessible databases was undertaken. Using this information, an updated list of accepted scientific names was generated. This process followed the outlined scheme below.

Delimiting search and sources

Only the state of Hidalgo was considered as the study area. The search for information on agaves in Hidalgo was conducted in both primary and secondary sources. As primary sources we considered the scientific literature of indexed articles, books with ISBN (International Standard Book Number), gray literature (books without ISBN and articles without DOI [Digital Object Identifier]), undergraduate and graduate theses from universities that have repositories (Universidad

naturales protegidas (ANP) y concluyen que en cuatro ANP de Hidalgo se tienen registros de 27 especies de *Agave*, pero no mencionaron nombres. Por otro lado, Villaseñor (2016), en su catálogo sobre plantas vasculares nativas de México, menciona que existen 32 especies de agaves en el estado. Posteriormente, Thiede (2020) hace una recopilación y ubica 20 taxones de este género en la entidad y, más recientemente, Villaseñor et al. (2022), en su trabajo sobre riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, registran 21 especies de magueyes, 14 de ellas endémicas de México. En los trabajos anteriores se explica que algunos registros no han sido validados ni ubicados en campo, advierten que algunas identificaciones podrían ser erróneas y, por ello, la falta de datos y la variabilidad de los reportes es común.

Como se aprecia, no hay consenso sobre el número exacto de especies en el estado y las aproximaciones de los autores varían mucho debido al año de sus publicaciones y a los cambios taxonómicos (The Angiosperm Phylogeny Group, 2016; Thiede, 2016). Por otra parte, en la base digital del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) se pueden encontrar registros de hasta 37 especies, subspecies y variedades (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022); algunas de ellas se encuentran en categorías de riesgo nacional e internacional, por lo que es importante concentrar y actualizar la información para proponer mejores planes de uso, manejo y conservación de este importante grupo biológico para México. En tal contexto surge la pregunta ¿Cuántas especies de magueyes están registradas en Hidalgo?, por lo que el objetivo principal de este trabajo fue revisar qué especies de agaves se distribuyen en la entidad, utilizando como herramienta la síntesis de literatura científica, colectas de herbarios y bases de datos digitales. Esta información aumenta el conocimiento sobre el recurso natural en la entidad y es de utilidad para propuestas de planes de manejo y conservación.

Materiales y métodos

Se hizo una revisión sistemática de literatura científica e información de bases de datos disponibles en la red. Con esta información se generó una lista actualizada de los nombres científicos aceptados. Este proceso se realizó bajo el esquema que se describe a continuación.

Delimitación de la búsqueda y fuentes

Se consideró únicamente al estado de Hidalgo como área de estudio. La búsqueda sobre agaves en Hidalgo se hizo en fuentes primarias y secundarias. Como fuente primaria se consideró la literatura científica de artículos indexados, libros con ISBN (International Standard Book Number), literatura gris (libros sin ISBN y artículos sin DOI [Digital Object Identifier]), tesis de

Nacional Autónoma de México [UNAM], Instituto Politécnico Nacional [IPN], Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [UAEH]), all following the PRISMA protocol (Liberati et al., 2009). As secondary sources of information, some online databases of biological collections were considered, such as the National Herbarium of Mexico (MEXU) of the Institute of Biology of the Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM, 2021), the Herbarium of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (HGOM) was visited, databases of observations and identification were consulted on the website Naturalista (iNaturalist, 2022) and SNIB (CONABIO, 2022).

Search criteria

Keywords and Boolean operators used in the search for information in primary sources were: “Agave”, “Asparagaceae”, “Agavaceae”, “Agavoideae” “Agave* Hidalgo”, “Agave* diversidad”, “Agave*, lista”, “Agave AND Hidalgo”, “Agave AND especies”, “Agave AND lista”, “Agave SAME especies SAME Hidalgo”, “Agave SAME especies SAME México”. The “*” operator is used for the search engine to identify the word when it is not complete, “AND” was used to find two different terms and finally “SAME” was used to search for words found in the same sentence. Each search and its combinations were conducted in both Spanish and English. The search engines Google Scholar, Web of Science and Dimensions were chosen. An additional method was the search for articles of interest identified in the reference list of the documents analyzed.

Exclusion criteria

Articles with compatible keywords but not developed in Mexico or in the study area were considered of low relevance and were discarded. At least three databases were consulted and, for the most part, geographic data were taken from these secondary information sources; in addition, data from the visit to the HGOM herbarium were considered. The records of *Agave* sp. were discarded due to the lack of information they provide for this study.

Collection and systematization of information

Information was filtered by reviewing abstracts and results of articles, particularly focusing on national presence lists, and no restrictions were imposed based on the publication year. These lists were required to include species records per state, their scientific names, and geographical coordinates or the name of the nearest locality. To update the information and avoid synonymies, the scientific name of all recorded species was cross-referenced with the Royal Botanic Gardens Kew website (2022), which displays currently accepted scientific names.

licenciatura y posgrado de universidades que cuentan con repositorios (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], Instituto Politécnico Nacional [IPN], Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [UAEH]), todo esto siguiendo el protocolo PRISMA (Liberati et al., 2009). Como fuentes de información secundaria se contemplaron algunas bases de datos en línea de colecciones biológicas como la del Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM, 2021), se visitó el Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (HGOM), se consultaron bases de datos de observaciones e identificación en el sitio web Naturalista (iNaturalist, 2022) y SNIB (CONABIO, 2022).

Criterios de búsqueda

Las palabras clave y los operadores booleanos utilizados en la búsqueda de información en fuentes primarias fueron: “Agave”, “Asparagaceae”, “Agavaceae”, “Agavoideae” “Agave* Hidalgo”, “Agave* diversidad”, “Agave*, lista”, “Agave AND Hidalgo”, “Agave AND especies”, “Agave AND lista”, “Agave SAME especies SAME Hidalgo”, “Agave SAME especies SAME México”. El operador “*” es utilizado para que el buscador identifique la palabra cuando no está completa, “AND” se usó para hallar dos términos diferentes y por último “SAME” se empleó para buscar palabras que se encuentran en la misma oración. Cada búsqueda y sus combinaciones se hicieron en español e inglés. Se eligieron los motores de búsqueda Google Académico, Web of Science y Dimensions. Un método adicional fue la búsqueda de artículos de interés identificados en el listado de referencias de los documentos analizados.

Criterios de exclusión

Los artículos con palabras clave compatibles pero que no se desarrollaban en México o en el área de estudio se consideraron de poca relevancia y se descartaron. Al menos tres bases de datos se consultaron y, en su mayoría, los datos geográficos se tomaron de estas fuentes de información secundaria; además, se consideraron los datos de la visita al herbario HGOM. Los registros de *Agave* sp. se descartaron debido a la falta de información que aportan para este estudio.

Recopilación y sistematización de la información

La información se filtró leyendo los resúmenes y los resultados de los artículos cuando se trataba de listas de presencia a nivel nacional y no se impuso restricción basada en el año de publicación. Dichas listas debían incluir los registros de especies por estado, su nombre científico y las coordenadas geográficas o nombre de la localidad más cercana. Para actualizar la información y evitar sinonimias, el nombre científico de todas las especies registradas se consultó en la página del

To gather information from secondary sources such as SNIB (CONABIO, 2022) and Naturalista (iNaturalist, 2022), the search included the following criteria: kingdom Plantae, family Asparagaceae, genus *Agave*, and the state of Hidalgo. Species with a 'degree of investigation' were recorded, indicating proper identification and acceptance by a specialist. For the MEXU (IBUNAM, 2021), the criteria were vascular plant collection, family Asparagaceae, genus *Agave*, and the state of Hidalgo. Since the search with these parameters yielded no results, the family name was replaced with Agavaceae, resulting in records of specimens collected under that classic denomination.

Based on the gathered information, a data table was constructed, including the following elements: study number, authors, title of the study, publication date, document type (article, thesis, book, list, web), found scientific names, municipality, geographical coordinates, and national and international risk category. The subgenus to which each species belongs, along with the taxonomic descriptor, was also reviewed and included.

Data analysis

A map was created to visualize the species obtained in the review. When a species occurred in more than two locations without georeferences, the geographical coordinates of the municipality with the highest number of records were selected (Figure 1). Subsequently, total number of studies, number of studies with included species lists, overall number of species, and frequency with which these were mentioned in the consulted studies were quantified. Finally, each species with its updated name was cross-referenced with the Mexican Official Standard NOM-059-SEMARNAT-2010 regarding species at risk of extinction (SEMARNAT, 2010), updated as of November 14, 2019, with a modification to normative annex III, as well as the Red List of Threatened Species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2023).

Species were considered present in Hidalgo when mentioned in five or more studies. In the same category, some species recorded in four or fewer studies were included if their presence in the region was known from other sources (field validations and herbarium collections). Records with these characteristics were labeled as 'very likely.' A species labeled 'unlikely' was mentioned in one to four studies, and its distribution in the region remained uncertain. Subsequently, a word cloud was generated using the 'wordcloud' package (Fellows et al., 2018) in the R programming language (R Development Core Team, 2012) for visual identification of species with the highest number of records.

Jardín Botánico Real de Kew (Royal Botanic Gardens Kew, 2022), la cual muestra los nombres científicos aceptados actualmente.

Para recopilar información de las fuentes secundarias del SNIB (CONABIO, 2022) y Naturalista (iNaturalist, 2022), la búsqueda contempló los criterios siguientes: reino Plantae, familia Asparagaceae, género *Agave* y estado Hidalgo y se registraron las especies que mostraban 'grado de investigación', lo cual significa que están debidamente identificadas y aceptadas por un especialista. En el MEXU (IBUNAM, 2021), los criterios fueron: colección de plantas vasculares, familia Asparagaceae, género *Agave* y estado Hidalgo. Debido a que la búsqueda con estos parámetros no mostró resultados, el nombre de la familia se sustituyó por Agavaceae. De esta forma se obtuvieron registros de ejemplares colectados bajo esa denominación clásica.

A partir de la información obtenida se elaboró un cuadro de datos con los elementos siguientes: número del estudio, autores, título del trabajo, fecha de publicación, tipo de documento (artículo, tesis, libro, lista, web), nombres científicos encontrados, municipio, coordenadas geográficas y categoría de riesgo nacional e internacional. También se revisó e incluyó el subgénero al cual pertenece cada especie, así como el descriptor taxonómico.

Análisis de la información

Se construyó un mapa de las especies obtenidas en la revisión. Cuando la especie se presentaba en más de dos localidades sin georeferencias, se eligieron las coordenadas geográficas del municipio con el número mayor de registros (Figura 1). Después, se cuantificaron el número total de estudios, número de estudios con listas de especies incluidas, número total de especies, así como la frecuencia con que estas fueron mencionadas en los trabajos consultados. Por último, cada especie con su nombre actualizado se buscó en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 sobre especies en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010), actualizada al 14 de noviembre de 2019 con una modificación del anexo normativo III, así como en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023).

Las especies se consideraron presentes en Hidalgo cuando fueron mencionadas en cinco trabajos o más; en esta misma categoría, se incluyeron algunas especies registradas en cuatro estudios o menos, pero que se sabe por otras fuentes (validaciones en campo y colectas de herbario) de su presencia en la entidad. A los registros con estas características se les colocó la etiqueta de 'muy probable'. La especie 'poco probable'

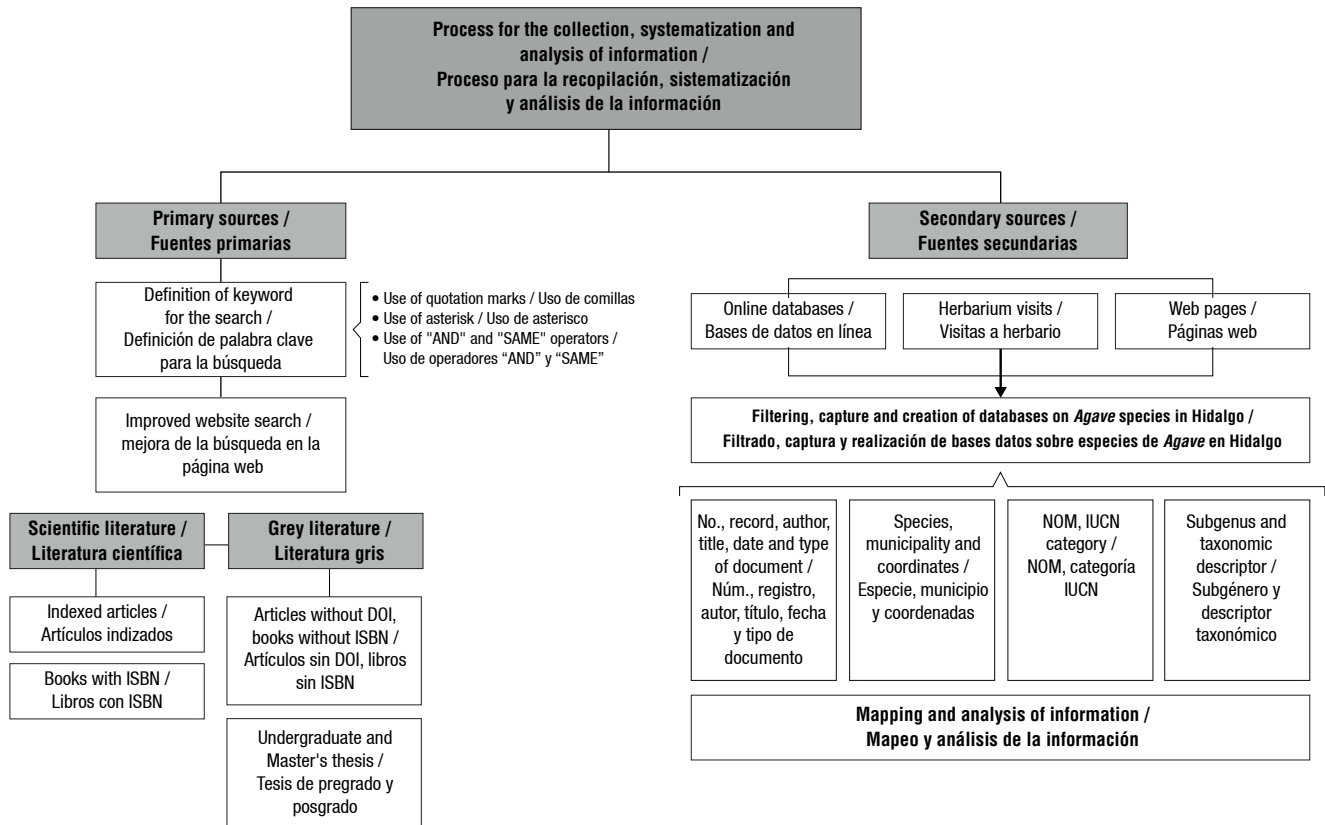


Figure 1. Methodological Process Outline for the Systematic Analysis of the State of Knowledge of the *Agave* Genus in Hidalgo, Mexico. Adapted from Ordóñez-Delgado et al. (2019). ISBN: International Standard Book Number, DOI: Digital Object Identifier, NOM: Mexican Official Standard NOM-059-SEMARNAT-2010; IUCN: International Union for Conservation of Nature.

Figura 1. Esquema del proceso metodológico para el análisis sistemático del estado de conocimiento del género *Agave* en Hidalgo, México. Tomado y modificado de Ordóñez-Delgado et al. (2019). ISBN: International Standard Book Number, DOI: Digital Object Identifier, NOM: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Results

Number of studies and records

Table 1 contains data on the diversity of *Agave* species in Hidalgo, derived from 22 sources of primary and secondary information. Out of the total selected publications, 13 are indexed articles (59 %), mostly presenting lists and catalogs of species per federal entity. Four correspond to digital databases of herbaria and websites (18 %); three are books with ISBNs (14 %), providing information on the presence of some agave species in the region and geographical data. Finally, two referenced studies are undergraduate theses (9 %), primarily focusing on the reproductive biology of some species.

In the 22 analyzed studies, 293 records were identified, representing 55 species, subspecies, or intraspecific varieties present in the region. The information is summarized in Table 2 and Figure 2. *Agave mitis* Mart. had the highest frequency of records (19), followed by

es aquella que se mencionó en uno a cuatro estudios y cuya distribución en la entidad aún es dudosa. Posteriormente, se construyó una nube de palabras con ayuda del paquete 'wordcloud' (Fellows et al., 2018) en el lenguaje de programación R (R Development Core Team, 2012), para la identificación visual de las especies que obtuvieron mayor número de registros.

Resultados

Número de estudios y registros

El Cuadro 1 contiene datos sobre la diversidad de especies de *Agave* en Hidalgo, provenientes de 22 fuentes de información primaria y secundaria. Del total de las publicaciones elegidas, 13 corresponden a artículos indexados (59 %) que, en su mayoría, mostraban listas y catálogos de especies por entidad federativa; cuatro corresponden a bases de datos digitales de herbarios y páginas web (18 %); tres libros con ISBN (14 %), los cuales brindaron información de presencia de algunas especies de agaves en la

Table 1. Primary and secondary information sources used in the systematic review for understanding the biodiversity of agaves in Hidalgo.**Cuadro 1. Fuentes de información primarias y secundarias utilizadas en la revisión sistemática para el conocimiento de la biodiversidad de agaves en Hidalgo.**

Study number/ Número estudio	Species number/ Número de especies	Reference/ Referencia	Title/ Título	Source of reference/ Fuente de consulta
1	15	Gentry (1982)	Agaves of continental North America	ISBN
2	17	Espejo-Serna and López-Ferrari (1998)	Las monocotiledóneas mexicanas: una sinopsis florística	ISBN
3	4	Barrios-Rodríguez and Medina-Cota (1996)	Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, estado de Hidalgo	Article
4	8	Villavicencio Nieto and Pérez Escandón (2006)	Plantas útiles del estado de Hidalgo	Article
5	28	Villaseñor et al. (2016)	Checklist of the native vascular plants of Mexico	Article
6	11	Peña and Peña (2007)	Estudio etnofarmacológico de las diferentes especies endémicas de <i>Agave</i> en la medicina tradicional del estado de Hidalgo	Undergraduate thesis
7	7	Pérez-Escandón (2003)	Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo	ISBN book
8	2	Espejo-Serna (2012)	El endemismo en las Liliopsidas mexicanas	Article
9	21	Thiede (2020)	Agavaceae: <i>Agave</i>	Article
10	1	Villaviencio-Nieto et al. (2010)	Plants traditionally used as pesticides in the state of Hidalgo, Mexico	Article
11	3	Rojas et al. (2013)	Florística y relaciones fitogeográficas del matorral xerófilo en el Valle de Tecozautla, Hidalgo, México	Article
12	2	Juárez (2014)	The current state of <i>Agave salmiana</i> and <i>A. mapisaga</i> in the valley of Mexico	Article
13	10	Rangel (1987)	Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital	Undergraduate thesis
14	6	Eguiarte and Sheinvar (2008)	Agaves y cactáceas de Metztlán: Ecología, evolución y conservación	Article
15	12	Cornejo-Latorre et al. (2011)	Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México	Article
16	2	Gerardo Salazar (colector, 2009)	Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (HGOM)	Herbarium specimen
17	35	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022)	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Agaves en Hidalgo.	Digital database
18	26	iNaturalist (2022)	Agaves de Hidalgo	Digital database
19	20	Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología (IBUNAM, 2021)	IBdata v3 «Helia Bravo Hollis» Herbario Nacional de México (MEXU).	Digital herbarium data
20	21	Villaseñor et al. (2022)	Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México	Article
21	6	Figueredo-Urbina et al. (2021)	Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico	Article
22	37	Villavicencio et al. (1998)	Lista florística del estado de Hidalgo	Article
Total	293			

ISBN (International Standard Book Number).

A. lechuguilla Torr. (17), *A. striata* Zucc. and *A. mapisaga* Trel. (15), while *A. filifera* Salm-Dyck, *A. difformis* Berger and *A. xylonacantha* Salm-Dyck had the same number of records (12). Four agaves (*A. americana* L., *A. applanata* Hort. ex K. Koch, *A. funkiana* K. Koch & C. D. Bouché and *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck) had nine records. On the other hand, there were 10 species with only one record each (*A. coetocapnia* [M. Roem.] Govaerts & Thiede

entidad y datos geográficos, y, por último, dos trabajos consultados son tesis de licenciatura (9 %). Estos últimos se han centrado principalmente en la biología de la reproducción de algunas especies.

En los 22 estudios analizados se encontraron 293 registros que se traducen en 55 especies, subespecies o variedades intraespecíficas presentes en

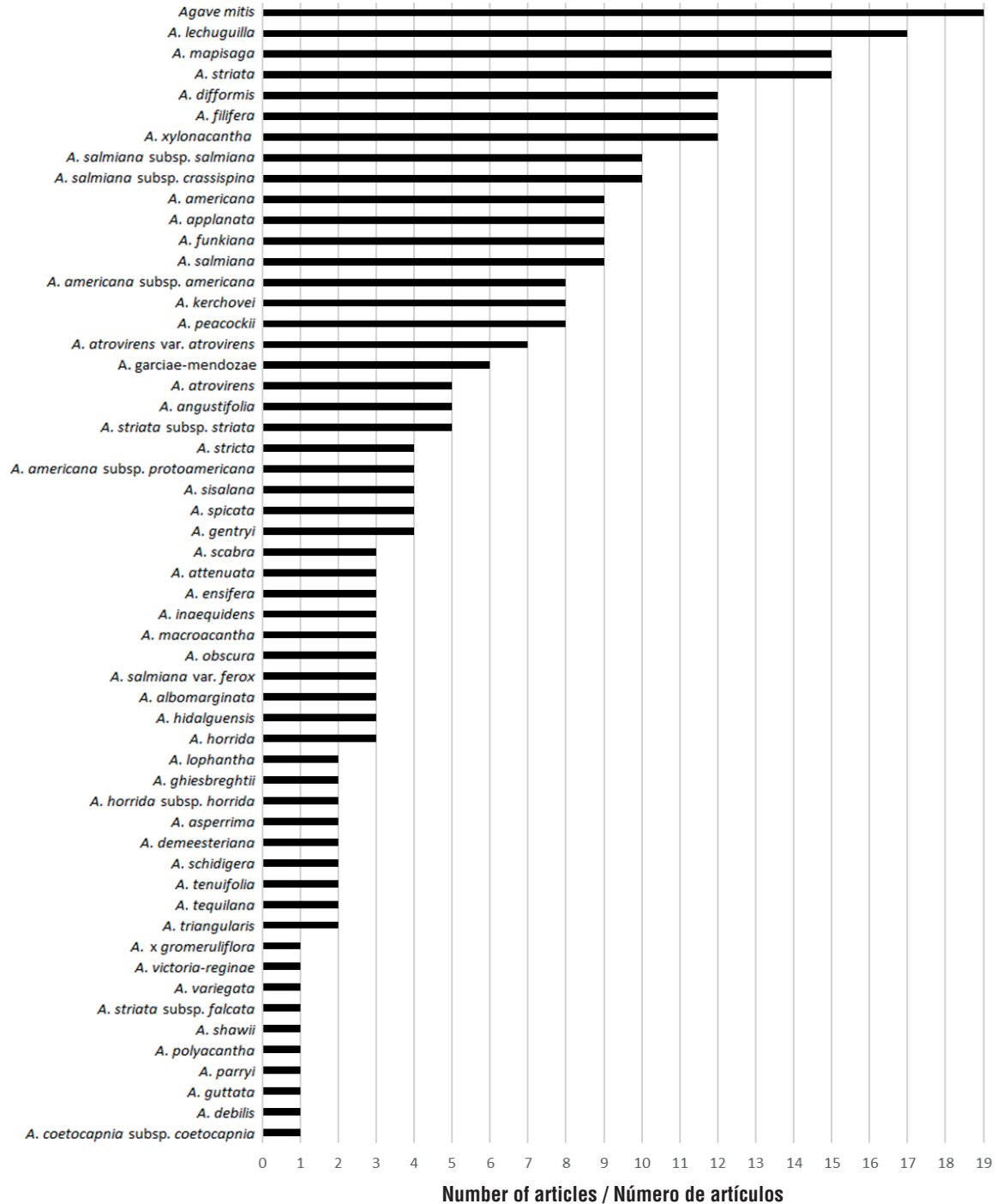


Figure 2. Number of articles where *Agave* species with presence in the state of Hidalgo are mentioned.

Figura 2. Número de artículos donde son mencionadas las especies de agave con presencia en el estado de Hidalgo.

Table 2. Species recorded in the systematic review of agave biodiversity in Hidalgo. *Records not considered due to the limited information they provide.

Cuadro 2. Especies registradas en la revisión sistemática de biodiversidad de agaves en Hidalgo. *Registros no considerados debido a la poca información que aportan.

No./ Núm.	Species/ subspecies/var./ Especie/ subsp./var.	Subgenus/ Subgénero	Taxonomic descriptor/ Descriptor taxonómico	Municipality with the most records/ Municipio con más registros	Risk category/ Categoría de riesgo		Source of information ¹ / Fuente de información ¹	Presence/ Presencia
					NOM-059	IUCN		
1	<i>Agave albomarginata</i>	<i>Littaea</i>	Gentry	Huasca	No	EN	5, 7, 18	Unlikely/ Poco probable
2	<i>A. americana</i>	<i>Agave</i>	Linneo	Tizayuca	No	LC	1, 5, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
3	<i>A. americana</i> subsp. <i>americana</i>	<i>Agave</i>		Tula	No	ND	2, 4, 6, 7, 13, 17, 22	Very likely/ Muy probable
4	<i>A. americana</i> subsp. <i>protamericana</i>	<i>Agave</i>	Gentry	Eloxochitlán	No	ND	6, 13, 17, 22	Very likely/ Muy probable
5	<i>A. angustifolia</i>	<i>Agave</i>	Haw	Nicolás Flores	No	LC	5, 17, 18, 19, 20	Very likely/ Muy probable
6	<i>A. applanata</i>	<i>Agave</i>	Hort. ex K. Koch	Tulancingo	No	LC	1,2,5,9,17,18,19,20,22	Very likely/ Muy probable
7	<i>A. asperrima</i>	<i>Agave</i>	Jacobi	Ixmiquilpan	No	LC	17,18	Unlikely/ Poco probable
8	<i>A. atrovirens</i>	<i>Agave</i>	Karw. ex Salm-Dyck	Tepeapulco	No	LC	5,17,18,20,22	Very likely/ Muy probable
9	<i>A. atrovirens</i> var. <i>atrovirens</i>	<i>Agave</i>		Actopan	No	LC	1, 2, 3, 5, 17, 20, 22	Very likely/ Muy probable
10	<i>A. attenuata</i>	<i>Littaea</i>	Salm-Dyck	Metztitlán	No	LC	5, 18	Unlikely/ Poco probable
11	<i>A. coetocapnia</i> subsp. <i>coetocapnia</i>	<i>Manfreda</i>		Pachuca	No	ND	9	Unlikely/ Poco probable
12	<i>A. debilis</i>	<i>Manfreda</i>	Berger	Zempoala	No	ND	9	Unlikely/ Poco probable
13	<i>A. demeesteriana</i>		Jacobi	Alfajayucan	No	ND	17, 18	Unlikely/ Poco probable
14	<i>A. difformis</i>	<i>Littaea</i>	Berger	Metztitlán	No	LC	1, 2, 5, 9, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
15	<i>A. ensifera</i>	<i>Littaea</i>	Jacobi	Pachuca	No	ND	2, 5, 22	Unlikely/ Poco probable
16	<i>A. filifera</i>	<i>Littaea</i>	Salm-Dyck	Zempoala	No	LC	1, 2, 3, 5, 9, 15, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
17	<i>A. funkiana</i>	<i>Littaea</i>	K. Koch & C. D. Bouché	Alfajayucan	No	LC	1, 2, 5, 9, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
18	<i>A. garciae- mendozae</i>	<i>Littaea</i>	Galván & L. Hern.	Metztitlán	No	VU	9, 14, 17, 18, 19, 20	Very likely/ Muy probable
19	<i>A. gentryi</i>	<i>Agave</i>	B. Ullrich	Zimapán	No	LC	5, 9, 18, 19	Unlikely/ Poco probable
20	<i>A. ghiesbreghtii</i>	<i>Littaea</i>	Verschaff.	Zapotlán	No	LC	4, 22	Unlikely/ Poco probable
21	<i>A. guttata</i>	<i>Manfreda</i>	Jacobi & C. D. Bouché	Zimapán	No	ND	9	Unlikely/ Poco probable
22	<i>A. "hidalguensis"</i>	<i>Littaea</i>	No publicado	Metztitlán	No	ND	14, 15, 19	Very likely/ Muy probable

NOM: Official Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = special protection); IUCN: International Union for Conservation of Nature (EN = endangered, VU = vulnerable, LC = least concern, ND = no data). ¹Source of information corresponding to the list indicated in Table 1.

NOM: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = protección especial); IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (EN = en peligro, VU vulnerable, LC = preocupación menor, ND = sin datos). ¹Fuente de información correspondiente al listado señalado en el Cuadro 1.

Table 2. Species recorded in the systematic review of agave biodiversity in Hidalgo. *Records not considered due to the limited information they provide. (cont.)

Cuadro 2. Especies registradas en la revisión sistemática de biodiversidad de agaves en Hidalgo. *Registros no considerados debido a la poca información que aportan. (cont.)

No./ Núm.	Species/ subspecies/var./ Especie/ subsp./var.	Subgenus/ Subgénero	Taxonomic descriptor/ Descriptor taxonómico	Municipality with the most records/ Municipio con más registros	Risk category/ Categoría de riesgo		Source of information ¹ / Fuente de información ¹	Presence/ Presencia
					NOM-059	IUCN		
23	<i>A. horrida</i>	<i>Littaea</i>	Lem. ex Jacobi	Mixquiahuala	No	LC	5, 17, 18, 22	Unlikely/ Poco probable
24	<i>A. horrida</i> subsp. <i>horrida</i>	<i>Littaea</i>		Metztitlán	No	ND	15	Unlikely/ Poco probable
25	<i>A. inaequidens</i>	<i>Agave</i>	K. Koch	San Agustín Tlaxiaca	No	LC	5, 9, 22	Unlikely/ Poco probable
26	<i>A. kerchovei</i>	<i>Littaea</i>	Lem.	Metztitlán	No	ND	1, 2, 5, 15, 17, 18, 20, 22	Very likely/ Muy probable
27	<i>A. lechuguilla</i>	<i>Littaea</i>	Torr.	Metzquititlán	No	LC	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
28	<i>A. lophantha</i>	<i>Littaea</i>	Schiede	San Salvador	No	LC	22	Unlikely/ Poco probable
29	<i>A. macroacantha</i>	<i>Agave</i>	Zucc.	Metztitlán	No	EN	5, 15	Unlikely/ Poco probable
30	<i>A. mapisaga</i>	<i>Agave</i>	Trel.	El Cardonal	No	ND	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21	Very likely/ Muy probable
31	<i>A. mitis</i>	<i>Littaea</i>	Mart.	Metztitlán	No	LC	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable
32	<i>A. obscura</i>	<i>Littaea</i>	Schiede ex Schltldl.	El Cardonal	No	LC	2, 5	Unlikely/ Poco probable
33	<i>A. parryi</i>	<i>Agave</i>	Engelm.	Pachuca	No	LC	5	Unlikely/ Poco probable
34	<i>A. peacockii</i>	<i>Littaea</i> x <i>Agave</i>	Croucher	Mixquiahuala	Pr	VU	5, 6, 13, 15, 17, 19, 20	Very likely/ Muy probable
35	<i>A. polyacantha</i>	<i>Littaea</i>	Haw.	Tepeapulco	No	LC	17	Unlikely/ Poco probable
36	<i>A. salmiana</i>	<i>Agave</i>	Otto ex Salm-Dyck	Epazoyucan	No	ND	5, 6, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 21	Very likely/ Muy probable
37	<i>A. salmiana</i> subsp. <i>crassispina</i>	<i>Agave</i>		Mineral del Monte	No	ND	1, 2, 3, 6, 7, 9, 13, 17, 21	Very likely/ Muy probable
38	<i>A. salmiana</i> subsp. <i>salmiana</i>	<i>Agave</i>		San Salvador	No	ND	1, 2, 4, 6, 9, 13, 17, 21, 22	Very likely/ Muy probable
39	<i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i>	<i>Agave</i>		Eloxochitlán	No	ND	14, 17, 21	Very likely/ Muy probable
40	<i>A. scabra</i>	<i>Manfreda</i>	Ortega	Mineral del Chico	No	ND	9, 20, 22	Unlikely/ Poco probable
41	<i>A. schidigera</i>	<i>Littaea</i>	Lem.	Mineral del Monte	No	LC	17, 18	Unlikely/ Poco probable
42	<i>A. shawii</i>	<i>Agave</i>	Engelm.	Pachuca	No	LC	18	Unlikely/ Poco probable
43	<i>A. sisalana</i>	<i>Agave</i>	Perrine	Metztitlán	No	ND	5, 17, 19, 20	Unlikely/ Poco probable

NOM: Official Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = special protection); IUCN: International Union for Conservation of Nature (EN = endangered, VU = vulnerable, LC = least concern, ND = no data). ¹Source of information corresponding to the list indicated in Table 1.

NOM: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = protección especial); IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (EN = en peligro, VU vulnerable, LC = preocupación menor, ND = sin datos). ¹Fuente de información correspondiente al listado señalado en el Cuadro 1.

Table 2. Species recorded in the systematic review of agave biodiversity in Hidalgo. *Records not considered due to the limited information they provide. (cont.)

Cuadro 2. Especies registradas en la revisión sistemática de biodiversidad de agaves en Hidalgo. *Registros no considerados debido a la poca información que aportan. (cont.)

No./ Núm.	Species/ subspecies/var./ Especie/ subsp./var.	Subgenus/ Subgénero	Taxonomic descriptor/ Descriptor taxonómico	Municipality with the most records/ Municipio con más registros	Risk category/ Categoría de riesgo		Source of information ¹ / Fuente de información ¹	Presence/ Presencia
					NOM-059	IUCN		
*	<i>Agave</i> sp.	-	-	Chilcuautla	-	-	6, 13, 19	-
44	<i>A. spicata</i>	<i>Littaea</i>	Cav.	Mineral del Monte	No	ND	2, 5, 8	Unlikely/ Poco probable
45	<i>A. striata</i>	<i>Littaea</i>	Zucc.	Mineral del Monte	No	LC	2,4,5,6,7,9,11,14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	Very likely/ Muy probable
46	<i>A. striata</i> subsp. <i>falcata</i>	<i>Littaea</i>		Metztitlán	No	ND	17	Very likely/ Muy probable
47	<i>A. striata</i> subsp. <i>striata</i>	<i>Littaea</i>		Ixmiquilpan	No	ND	1, 9, 13, 17	Very likely/ Muy probable
48	<i>A. stricta</i>	<i>Littaea</i>	Salm-Dyck	Metztitlán	No	LC	17, 18, 20	Unlikely/ Poco probable
49	<i>A. tenuifolia</i>	<i>Littaea</i>	Zamudio & E. Sánchez	Metztitlán	No	LC	5, 9	Unlikely/ Poco probable
50	<i>A. tequilana</i>	<i>Agave</i>	F. A. C. Weber	Atotonilco de Tula	No	ND	17, 18	Unlikely/ Poco probable
51	<i>A. triangularis</i>	<i>Littaea</i>	Jacobi	Huasca	No	VU	17, 18	Unlikely/ Poco probable
52	<i>A. variegata</i>	<i>Manfreda</i>	Jacobi	El Cardonal	No	ND	9	Unlikely/ Poco probable
53	<i>A. victoria-reginae</i>	<i>Littaea</i>	T. Moore	Zapotlán	No	LC	17	Unlikely/ Poco probable
54	<i>A. x gromeruliflora</i>	<i>Littaea</i>	(Engelm.) A. Berger	Zempoala	No	ND	20	Very likely/ Muy probable
55	<i>A. xylonacantha</i>	<i>Littaea</i>	Salm-Dyck	Metztitlán	No	LC	1, 2, 5, 7, 9, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22	Very likely/ Muy probable

NOM: Official Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = special protection); IUCN: International Union for Conservation of Nature (EN = endangered, VU = vulnerable, LC = least concern, ND = no data). ¹Source of information corresponding to the list indicated in Table 1.

NOM: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr = protección especial); IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (EN = en peligro, VU vulnerable, LC = preocupación menor, ND = sin datos). ¹Fuente de información correspondiente al listado señalado en el Cuadro 1.

subsp. *coetocapnia*, *A. debilis* Berger, *A. horrida* Lem. ex Jacobi subsp. *horrida*, *A. parryi* Engelm., *A. polyacantha* Haw., *A. scabra* Ortega, *A. shawii* Engelm., *A. striata* subsp. *falcata*, *A. variegata* Jacobi, *A. victoria-reginae* T. Moore). Nine records were found without identification (*Agave* sp.) but were excluded. Through a word cloud, Figure 3 illustrates the number of species records based on the size of the font.

According to Table 2, most species belong to the subgenus *Littaea* (28), followed by *Agave* (20), *Manfreda* (5), and finally, the natural hybrid *Littaea* x *Agave* (1). The information about the group to which *A. demeesteriana* Jacobi belongs is not clear. Finally, 26 species are classified as 'very likely' to be present in Hidalgo, while 29 are categorized as 'unlikely.' The data reported for species with a 'very likely' distribution include

la entidad; la información se resume en el Cuadro 2 y Figura 2. *Agave mitis* Mart. fue el maguey con mayor frecuencia de registro (19), seguido de *A. lechuguilla* Torr. (17), *A. striata* Zucc. y *A. mapisaga* Trel. (15), mientras que *A. filifera* Salm-Dyck, *A. difformis* Berger y *A. xylonacantha* Salm-Dyck presentaron el mismo número de registros (12). Cuatro agaves (*A. americana* L., *A. applanata* Hort. ex K. Koch, *A. funkiana* K. Koch & C. D. Bouché y *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck) obtuvieron nueve registros. Por otra parte, hubo 10 especies con un solo registro (*A. coetocapnia* [M. Roem.] Govaerts & Thiede subsp. *coetocapnia*, *A. debilis* Berger, *A. horrida* Lem. ex Jacobi subsp. *horrida*, *A. parryi* Engelm., *A. polyacantha* Haw., *A. scabra* Ortega, *A. shawii* Engelm., *A. striata* subsp. *falcata*, *A. variegata* Jacobi, *A. victoria-reginae* T. Moore). Se encontraron nueve registros sin identificación (*Agave* sp.), pero fueron descartados. A través de una nube de



Figure 3. Word cloud of species of agaves recorded in Hidalgo. The symbol ‘-’ was added to subspecies and varieties to recognize them as a single word.

Figura 3. Nube de palabras de las especies de agaves registradas en Hidalgo. A las subspecies y variedades se les agregó el símbolo ‘-’ para que fuesen reconocidas como una sola palabra.

demographic, ecological, and population georeference information that ensures their presence in the region.

Regarding risk categories, *A. peacockii* Croucher is subject to special protection according to NOM-059-SEMARNAT-2010, and the remaining species are not listed in this standard. In the IUCN Red List (2023), *A. albomarginata* Gentry and *A. macroacantha* Zucc. are classified as endangered; *A. garciae-mendozae* Galván & L. Hern., *A. kerchovei* Lem., *A. peacockii* and *A. triangularis* Jacobi fall under the vulnerable category. Twenty-eight species are classified as least concern, and the remaining 21 species do not have information available in this regard.

Time frame of studies and geographic distribution

With respect to the temporal scale, most studies relevant to this research were published between 2004 and 2014. The most recent data corresponds to 2022, and digital databases were only reviewed in 2021. Some of the most recent studies and database records provide relevant information. Figure 4 shows that the species are distributed throughout the entire state but are concentrated mainly in the Biosphere Reserve Barranca de Metztitlán, Valle del Mezquital, and the central part of the region. Specifically, Metztitlán, Ixmiquilpan, and some municipalities near the state capital have the highest number of recorded species. The northeast region (Huejutla, Huehuetla, and Atlapexco) lacks records due to its warm-humid climate (Figure 5).

palabras, la Figura 3 dimensiona el número de registros de las especies con base en el tamaño de la letra.

De acuerdo con el Cuadro 2, la mayoría de las especies pertenecen al subgénero *Littaea* (28), seguido de *Agave* (20), *Manfreda* (5) y por último el híbrido natural *Littaea* x *Agave* (1). La información sobre el grupo al que pertenece *A. demeesteriana* Jacobi no es clara. Finalmente, 26 especies cuentan con una distribución ‘muy probable’ en Hidalgo y a 29 se les asignó la categoría ‘poco probable’. Los datos reportados para las especies de distribución ‘muy probable’ incluyen información demográfica, ecológica y georreferencias poblacionales que aseguran su presencia en la entidad.

En cuanto a las categorías de riesgo, *A. peacockii* Croucher se encuentra sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y el resto de las especies no aparecen en dicha norma. En la lista roja de la IUCN (2023), *A. albomarginata* Gentry y *A. macroacantha* Zucc. aparecen en peligro; *A. garciae-mendozae* Galván & L. Hern., *A. kerchovei* Lem., *A. peacockii* y *A. triangularis* Jacobi aparecen bajo la categoría de vulnerable; 28 especies son de preocupación menor y el resto (21) no presentan información al respecto.

Temporalidad de los estudios y distribución geográfica

Con respecto a la escala temporal, el mayor número de estudios útiles para esta investigación se publicaron entre 2004 y 2014. Los datos más recientes corresponden

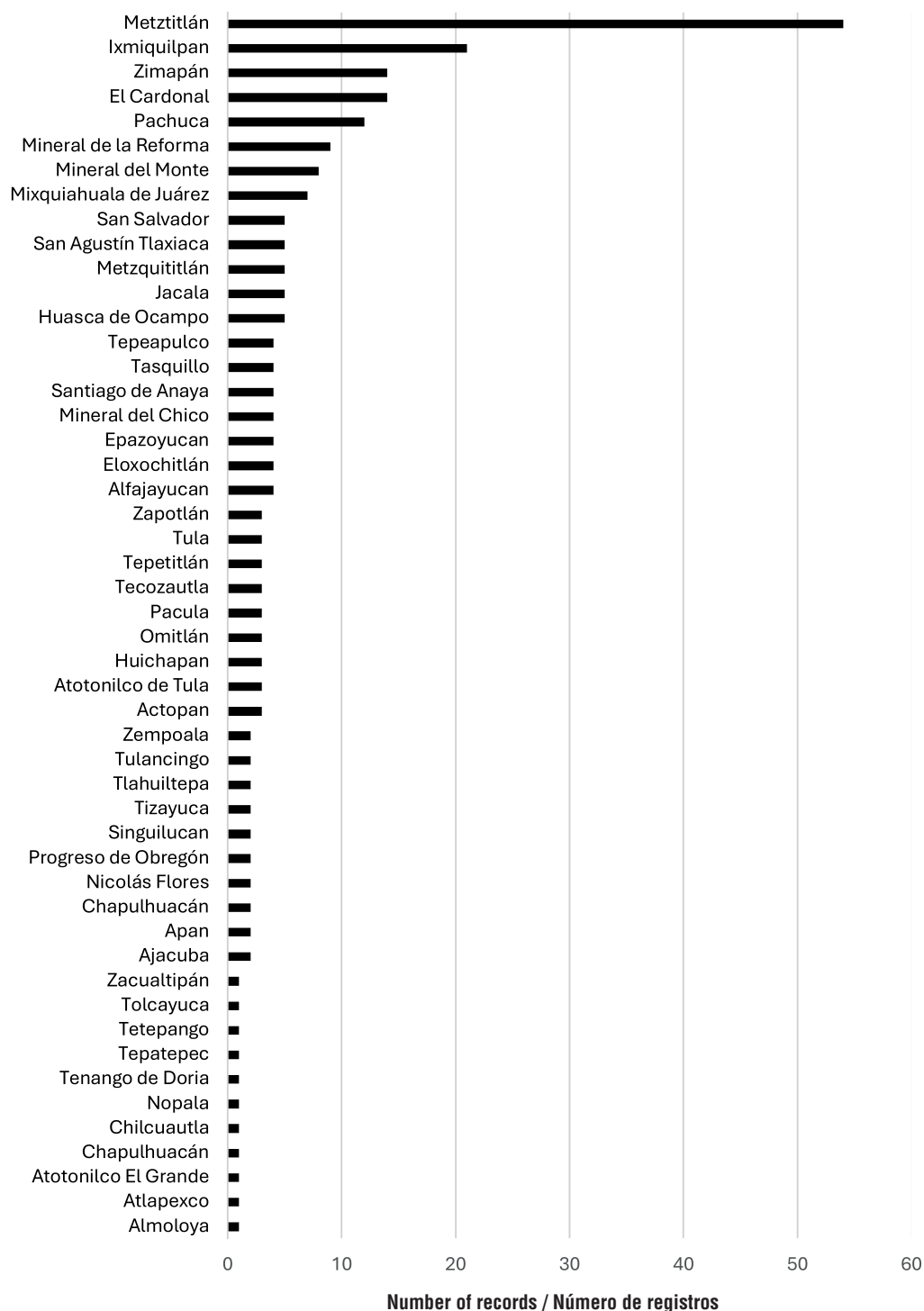


Figure 4. The frequency of 293 records of *Agave* species by municipalities in Hidalgo
Figura 4. Frecuencia de 293 registros de especies de *Agave* por municipios en Hidalgo.

Discussion

This study marks the initial systematic exploration of agave diversity in Hidalgo, based on the review of scientific literature, although the topic has already been addressed in other places (Arulnayagam et al., 2021; Jakobsson et al., 2018; Spafford et al., 2013; Szewczyk &

a 2022 y las bases de datos digitales se revisaron solo en 2021. Algunos de los trabajos más recientes y registros de bases de datos aportan información relevante. La Figura 4 muestra que las especies se distribuyen por casi todo el estado, pero se concentran mayormente en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Valle del Mezquital y el centro de la entidad; específicamente, Metztlán,

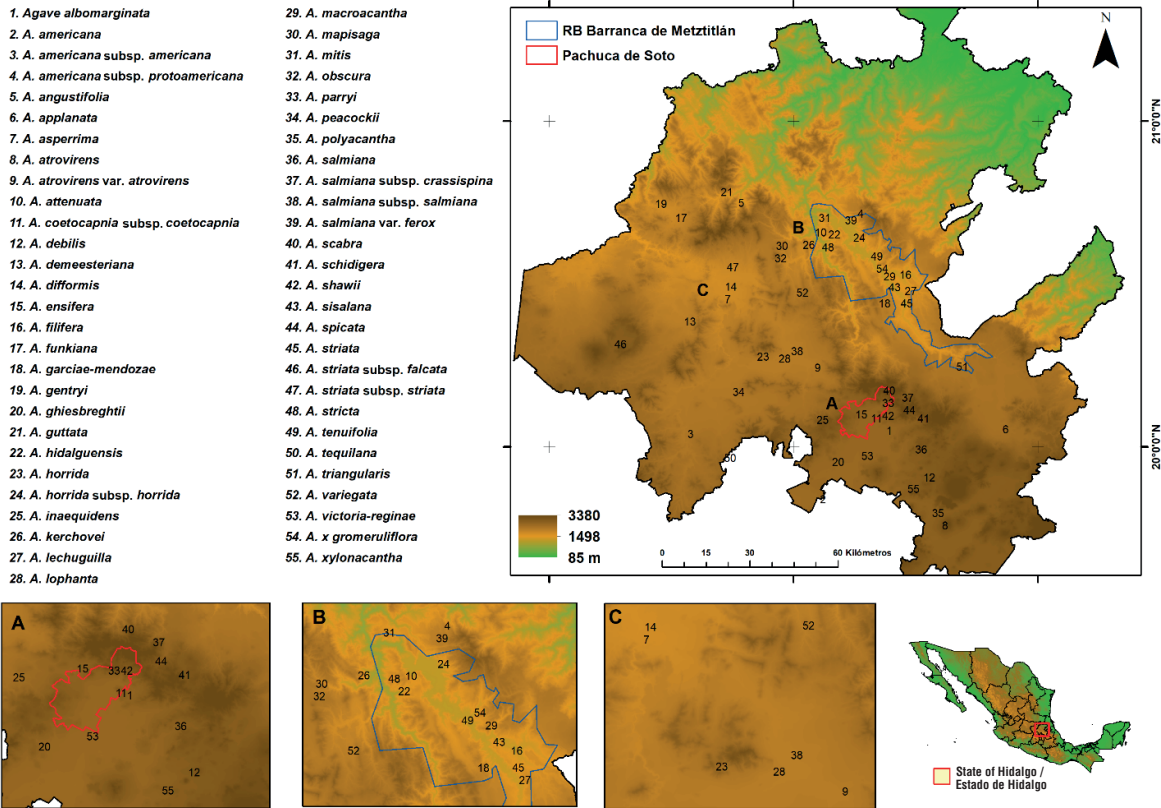


Figure 5. Distribution of the 55 *Agave* species in the state of Hidalgo according to the records from 22 analyzed sources of information. A: Central Zone; B: Barranca de Metztlán; C: Valle del Mezquital
 Figura 5. Distribución de las 55 especies de *Agave* en el estado de Hidalgo de acuerdo con el registro en 22 fuentes de información analizadas. A: Zona centro; B: Barranca de Metztlán, C: Valle del Mezquital.

McCain, 2016; Yan & Yang, 2017). These reviews analyzed the available evidence regarding a specific, structured and specific research question, either only in scientific literature (primary) or in any available source such as databases, books, web pages and theses (secondary). The systematic review is qualitative because it shows the evidence in a descriptive way, without a statistical analysis (meta-analysis). Systematic reviews have an explicit and reproducible methodology, provide an accurate and reliable evaluation, and also allow comparison of results between studies; however, they are time-consuming and limited by the quantity and quality of the studies (Aguilera-Eguía & Arroyo-Jofre, 2016). On the other hand, updated species inventories provide information about the distribution of their richness for macroecological analysis and provide tools for planning priority conservation areas. With respect to online databases, their use has expanded rapidly, as the number of species that can be consulted in electronic format has increased since the beginning of the year 2000.

In the present study, one of the advantages of considering both primary and secondary sources of

information (primary) or in any available source such as databases, books, web pages and theses (secondary). The region northeast (Huejutla, Huehuetla y Atlapexco) no cuenta con registros debido a su clima cálido-húmedo (Figura 5).

Discusión

Este trabajo constituye el primer análisis sistemático de diversidad de agaves de Hidalgo, con base en la revisión de literatura científica, aunque en otros lugares ya se ha abordado el tema (Arulnayagam et al., 2021; Jakobsson et al., 2018; Spafford et al., 2013; Szewczyk & McCain, 2016; Yan & Yang, 2017). Estas revisiones analizaron la evidencia disponible con respecto a una pregunta de investigación específica, estructurada y explícita, ya sea solo en literatura científica (primaria) o en cualquier fuente disponible como bases de datos, libros, páginas web y tesis (secundaria). La revisión sistemática es cualitativa debido a que muestra la evidencia en forma descriptiva, sin un análisis estadístico (metanálisis). Las revisiones sistemáticas tienen una metodología explícita y reproducible, brindan una evaluación precisa y fiable, además que permiten comparar resultados

information is that it led to the recording of a greater number of species; in addition, it was visualized which type of source provided more information on the number of records. The primary source providing the highest number of records was the article by Villaseñor et al. (2016), who initially mention 32 species. However, when reviewing the valid and updated names, it was reduced to 28 species reported for Hidalgo; in this case, considering one or the other number will depend on the researcher's criteria. The secondary source of information that provided the most species records was the SNIB online database (CONABIO, 2022) with 35 species; however, this high number is because it includes species outside their natural distribution and, sometimes, these records are an individual of the species in a garden or on a walkside. For instance, *A. tequilana* Weber serves as an example, being naturally present in Jalisco and less common in Sonora, Sinaloa, Michoacán and Oaxaca (Thiede, 2020). Similar cases occur with *A. shawii*, as this species is naturally distributed in Sonora, Baja California, Baja California Sur, in addition to California in the United States (Morin et al., 2015). In the case of *A. demeesteriana*, the species is considered native to Veracruz and Sinaloa, so its presence in other states is still doubtful. *Agave ghiesbreghtii* Verschaff. according to García-Mendoza (2011), is an agave distributed in Estado de México, Puebla, Oaxaca, and even Guatemala. In the same study, *A. triangularis* is reported only in the southwest of the country, in Puebla, Oaxaca, and Guerrero.

Finally, *A. sisalana* Perrine is exclusively recorded in the Yucatán Peninsula (Brown, 2002). For some agaves with one to four records, such as *A. victoriae-reginae*, *A. coetocapnia* subsp. *coetocapnia*, *A. parryi*, *A. debilis*, *A. guttata* Jacobi & C. D. Bouché, *A. gentryi* Ullrich, *A. obscura* Schiede ex Schltdl., *A. albomarginata* y *A. ensifera* Jacobi field validations of natural populations and more rigorous identifications are recommended. This is particularly crucial for species like *A. gentryi*, as there are botanical collections deposited in the MEXU herbarium, which were consulted on its website.

Nomenclature Updates

Espejo-Serna (2012) identifies two agave species as endemic to Hidalgo. One of them is *A. scabra*, and the accepted names database of the Royal Botanic Gardens, Kew, confirms the exclusivity of this plant to the region. The other species is *A. mitis* var. *albidior*, but due to recent changes in the nomenclature and taxonomy of this species and subspecies complex, only the name *A. mitis* is currently considered valid. Consequently, the notion that this species is endemic to the state is dismissed. The decision not to impose restrictions on the publication year was crucial to observe the increasing studies on agaves in the state based on

entre estudios; sin embargo, consumen gran cantidad de tiempo y está limitada por la cantidad y calidad de los estudios (Aguilera-Eguía & Arroyo-Jofre, 2016). Por otro lado, los inventarios de especies actualizados proveen información acerca de la distribución de su riqueza para análisis macroecológicos y proporcionan herramientas para la planeación de áreas prioritarias de conservación. Con respecto a las bases de datos en línea, su uso se ha expandido de forma acelerada, debido a que el número de especies que puede ser consultado en formato electrónico ha incrementado desde inicios del año 2000.

En el presente estudio, una de las ventajas de tomar en cuenta fuentes de información primarias y secundarias es que se logró el registro de un número mayor de especies; además, se visualizó qué tipo de fuente aportó más información sobre el número de registros. La fuente primaria que aportó el mayor número de registros fue el artículo de Villaseñor et al. (2016), quienes inicialmente mencionan 32 especies. No obstante, al revisar los nombres válidos y actualizados se redujo a 28 especies reportadas para Hidalgo; en este caso, tomar en cuenta uno u otro número dependerá del criterio del investigador. La fuente de información secundaria que aportó más registros de especies fue la base de datos en línea del SNIB (CONABIO, 2022) con 35 especies; sin embargo, este número alto se debe a que incluye a especies fuera de su distribución natural y, en ocasiones, esos registros son un individuo de la especie en algún camellón o jardín. Un ejemplo de esto es *A. tequilana* Weber que se puede encontrar de manera natural en Jalisco y es menos abundante en Sonora, Sinaloa, Michoacán y Oaxaca (Thiede, 2020). Casos similares se presentan con *A. shawii*, pues esta especie se distribuye naturalmente en Sonora, Baja California, Baja California Sur, además de California en Estados Unidos (Morin et al., 2015). En el caso de *A. demeesteriana*, la especie se considera nativa de Veracruz y Sinaloa, por lo que su presencia en otros estados aún es dudosa. *Agave ghiesbreghtii* Verschaff., de acuerdo con García-Mendoza (2011), es un maguey que se distribuye en el Estado de México, Puebla, Oaxaca y hasta Guatemala; en ese mismo trabajo, *A. triangularis* se reporta únicamente en el suroeste del país, en Puebla, Oaxaca y Guerrero.

Por último, *A. sisalana* Perrine está registrada únicamente en la península de Yucatán (Brown, 2002). Para algunos agaves que tuvieron de uno a cuatro registros como *A. victoriae-reginae*, *A. coetocapnia* subsp. *coetocapnia*, *A. parryi*, *A. debilis*, *A. guttata* Jacobi & C. D. Bouché, *A. gentryi* Ullrich, *A. obscura* Schiede ex Schltdl., *A. albomarginata* y *A. ensifera* Jacobi se recomienda hacer validaciones en campo de poblaciones naturales e identificaciones más rigurosas, ya que algunas de ellas podrían estar presentes potencialmente en la entidad.

seasonality. On the other hand, this strategy allowed for the observation of changes in some scientific names and rearrangements over the years. However, it also reflects that these taxonomic updates are not always accepted by some more conservative scientists.

The earliest study recorded 15 species distributed in the region (Gentry, 1982) and showed some changes in the nomenclature of only one of them. In contrast, more recent studies (excluding online databases) reported 21 species for Hidalgo (Thiede, 2020; Villaseñor et al., 2022), which also exhibit taxonomic errors. However, these studies assert that their findings are grounded in classifications and nomenclatures. As evident, the magnitude of differences among recorded species is not directly proportional to the difference in years between them, given the 38-year gap between the studies. *A. mitis* had the highest number of records, being mentioned in 19 out of the 22 sources consulted. Recently, this species has been cataloged with an expanded distribution range, and its name has been modified to account for its subspecies and varieties; it was previously recognized under the name *A. celsii* Hook (Thiede, 2016).

Geographic Distribution of Agaves in Hidalgo

The georeferences of each record reveal the collecting trends and how geographic information systems are employed for species analysis in the region (Greene & Pick, 2012). In this study, the Metztitlán ravine and the Mezquital Valley have the highest concentration of records.

Out of the 55 species records for Hidalgo, 26 have a category of 'very likely' and are naturally distributed in the state. As mentioned, *A. lechuguilla* was the second most common species in the studies and databases, which is due to its natural history, because of its natural history, as it is a widely distributed, abundant species with large population densities (Gentry, 1982). Furthermore, this species is of importance to some communities in the region, as there is evidence of the use of its fiber to produce bags and cleaning utensils. *Agave hidalgensis* is also included, which, despite having few records and no formal description, has specimens deposited in herbarium and has been the subject of a study (Eguiarte & Sheinvar, 2008). Other examples of this type are *A. salmiana* var. *ferox* and *A. americana* subsp. *protoamericana*, since they obtained three and four records respectively, which may be due to a taxonomic bias, but these data are considered reliable due to the information source; in addition, it is known from other sources that these two species of magueys are harvested and managed in the state. Similarly, *A. striata* subsp. *falcata*, despite having only one mention, was included in the 'very likely' category, because the information

Tal es el caso de *A. gentryi*, ya que existen colectas botánicas depositadas en el herbario MEXU, las cuales se consultaron desde su sitio web.

Actualizaciones en la nomenclatura

Espejo-Serna (2012) indica que existen dos especies de agaves endémicas de Hidalgo. Una de ellas es *A. scabra*; al respecto, la base de nombres aceptados del Jardín Botánico Real de Kew confirma lo exclusivo de la planta para la entidad. La otra especie es *A. mitis* var. *albidior*, pero con los cambios recientes en la nomenclatura y taxonomía de este complejo de especies y subespecies, actualmente solo es válido el nombre de *A. mitis*, por lo que se descarta que esta especie sea endémica del estado. Con base en la temporalidad, el hecho de no poner restricciones en el año de publicación fue determinante para observar cómo es que los estudios sobre agaves en el estado han aumentado. Por otro lado, esta estrategia permitió observar el cambio en algunos nombres científicos y reacomodos conforme avanzan los años, pero también refleja que no siempre estas actualizaciones taxonómicas son aceptadas por algunos científicos más conservadores.

El estudio más antiguo registró 15 especies distribuidas en la entidad (Gentry, 1982) y mostró algunos cambios en la nomenclatura de solo una de ellas; por otra parte, los estudios más recientes (sin considerar bases de datos en línea) registraron 21 especies para Hidalgo (Thiede, 2020; Villaseñor et al., 2022), los cuales también cuentan con errores taxonómicos, pero en dichos trabajos argumentan que se basan en clasificaciones y nomenclaturas anteriores. Como puede apreciarse, la magnitud de las diferencias entre especies registradas no es la misma comparada con la diferencia de años que existe entre ellas, ya que transcurrieron 38 años entre un estudio y otro. De igual forma, *A. mitis* fue el agave con más registros, pues se mencionó en 19 de las 22 fuentes consultadas. Recientemente, esta especie fue catalogada con una mayor amplitud en su área de distribución y se modificó el nombre tomando en cuenta sus subespecies y variedades; esta era reconocida con el nombre de *A. celsii* Hook (Thiede, 2016).

Distribución geográfica de agaves en Hidalgo

Las georeferencias de cada registro muestran la tendencia de colectas y cómo es que los sistemas de información geográfica se usan para el análisis de las especies en la entidad (Greene & Pick, 2012). En este estudio la barranca de Metztitlán y el Valle del Mezquital cuentan con la mayor concentración de registros.

De los 55 registros de especies para Hidalgo, 26 tienen categoría de 'muy probable' y se distribuyen de manera natural en el estado. Como se ha mencionado, *A.*

source presented field validation of natural populations and other necessary information (Table 2). Finally, the species in the article published by Thiede (2020) do not show detailed geographic information, but despite this, almost all of them fall into the ‘very likely’ category, so they could be a very good reference when consulting about magueyes in Mexico and Hidalgo. Similarly, the digital database of MEXU (IBUNAM, 2021) and the social network Naturalista (iNaturalist, 2022) show a similar number of species.

The results of this review stem from information sources that, despite being useful, should be approached with caution, as they may be subject to three types of bias in inventory data, collections, and lists. 1) Spatial Bias: There is a clear tendency for collections to be strongly associated with roads, protected natural areas, and large human settlements. Additionally, less accessible sites are generally less collected and, consequently, less known. 2) Temporal Bias: collected only once at any given locality, making it very challenging to track the presence/absence of the species over time. 3) Taxonomic Bias: There is a clear pattern of collecting and studying the ‘preferred’ species of researchers or the most common and abundant species of economic or cultural importance compared to a collection that includes many species of the same genus. Sometimes dubious or erroneous identifications are made, due to the complexity of distinguishing between species, subspecies and varieties; in addition, synonymies and recently described or not yet formally described species are part of these taxonomic biases (Golubov et al., 2007; Soberón, 1999). If we take these already refined data, Hidalgo can be considered among the states with a considerable number of *Agave* species (26) if we compare it with Oaxaca, the state with the greatest richness (35 species) of the genus in the country (García-Mendoza & Franco-Martínez, 2018).

Conclusions

Twenty-six species of *Agave* have a ‘very likely’ distribution in the state of Hidalgo, according to the information available in the records. On the contrary, 29 species mentioned in different studies have ‘unlikely’ distribution, due to the omission of important data to corroborate their presence. This could be attributed to the fact that they are mentioned only once in older works or included for ornamental purposes.

Acknowledgments

Corresponding authors thank CONAHCYT for their support during the study program.

End of English version

lechuguilla fue la segunda especie que más aparece en los estudios y bases de datos, lo cual se debe a su historia natural, ya que es una especie de distribución amplia, abundante y con densidades poblacionales grandes (Gentry, 1982). Además, esta especie es de importancia para algunas comunidades de la entidad, pues se tiene evidencia del uso de su fibra para la elaboración de bolsas y utensilios de limpieza (Ramsay, 2004). También se incluye *A. hidalguensis* que, a pesar de tener pocos registros y de no tener una descripción formal, cuenta con ejemplares depositados en herbario y ha sido objeto de estudio en un trabajo (Eguiarte & Sheinvar, 2008). Otros ejemplos de este tipo son *A. salmiana* var. *ferox* y *A. americana* subsp. *protoamericana*, ya que obtuvieron tres y cuatro registros respectivamente, lo cual puede deberse a un sesgo taxonómico, pero dichos datos se consideran confiables debido a la procedencia de la información; además, se conoce por otras fuentes que estas dos especies de magueyes son aprovechadas y manejadas en la entidad. De igual forma, *A. striata* subsp. *falcata*, a pesar de tener una sola mención, se consideraron en la categoría ‘muy probable’, debido a que la fuente de información presentaba la validación en campo de poblaciones naturales y demás información necesaria (Cuadro 2). Por último, las especies en el artículo publicado por Thiede (2020) no muestran información geográfica detallada, pero a pesar de ello, casi todas entran en la categoría ‘muy probable’, así que podría ser una muy buena referencia cuando se quiera consultar sobre magueyes en México e Hidalgo. De igual forma, la base de datos digital del MEXU (IBUNAM, 2021) y la red social Naturalista (iNaturalist, 2022) arrojan un número similar de especies.

Los resultados de esta revisión provienen de fuentes de información que, a pesar de ser de utilidad, deben ser tomados con cautela, ya que pueden estar sujetos a tres tipos de sesgo en datos de inventarios, colecciones y listas. 1) espaciales: la tendencia apunta a que las colectas se encuentran fuertemente asociadas a caminos, áreas naturales protegidas y grandes asentamientos humanos; además, los sitios poco accesibles son generalmente los menos colectados y, por ende, los menos conocidos. 2) temporales: se colecta una sola vez en alguna localidad, lo cual hace muy difícil el seguimiento de la presencia/ausencia de la especie a lo largo del tiempo. 3) taxonómicos: hay un patrón claro de colecta y estudio de especies ‘preferidas’ de los investigadores o las más comunes y abundantes de importancia económica o cultural con respecto a una colecta que abarque muchas especies del mismo género. En ocasiones se hacen identificaciones dudosas o erróneas, debido a la complejidad para distinguir entre especies, subspecies y variedades; además, las sinonimias y especies recién descritas o aun no descritas formalmente son parte de estos sesgos taxonómicos (Golubov et al., 2007; Soberón, 1999). Si tomamos estos datos ya depurados, Hidalgo se puede considerar entre

References / Referencias

- Aguilera-Eguía, R., & Arroyo-Jofre, P. (2016). ¿Revisión sistemática? ¿metaanálisis? O ¿resumen de revisiones sistemáticas? *Nutrición Hospitalaria*, 33(2), 503 %–504. <https://doi.org/10.20960/nh.528>
- The Angiosperm Phylogeny Group (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arulnayagam, A., Khim, J. S., & Park, J. (2021). Floral and faunal diversity in Sri Lankan mangrove forests: A systematic review. *Sustainability*, 13(17), 9487. <https://doi.org/10.3390/su13179487>
- Barrios-Rodríguez, M. A., & Medina-Cota, J. M. (1998). *Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, estado de Hidalgo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Politécnico Nacional. <https://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-G014>
- Berger-Tal, O., Greggor, A. L., Macura, B., Adams, C. A., Blumenthal, A., Bouskila, A., & Blumstein, D. T. (2019). Systematic reviews and maps as tools for applying behavioral ecology to management and policy. *Behavioral Ecology*, 30(1), 1 %–8. <https://doi.org/10.1093/beheco/ary130>
- Brown, K. (2002). *Agave sisalana* Perrine. <https://www.se-eppc.org/wildlandweeds/pdf/summer2002-brown-pp18-21.pdf>
- Collaboration for Environmental Evidence (CEE). (2013). *Guidelines for systematic review and evidence synthesis in environmental management. Version 4.2. Environmental evidence*. <https://www.environmentalevidence.org/Documents/Guidelines/Guidelines4.2.pdf>
- Collaboration for Environmental Evidence (CEE). (2018). *Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management. Version 5.0*. <https://www.environmentalevidence.org/information-for-authors>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares*. <https://www.snib.mx/ejemplares/descarga/>
- Cornejo-Latorre, C., Rojas-Martínez, A. E., Aguilar-López, M., & Juárez-Castillo, L. G. (2011). Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Therya*, 2(2), 169 %–182. <https://doi.org/10.12933/therya-11-38>
- Driscoll, D. A., Banks, S. C., Barton, P. S., Ikin, K., Lentini, P., Lindenmayer, D. B., & Westgate, M. J. (2014). The trajectory of dispersal research in conservation biology. Systematic review. *PloS ONE*, 9(4), e95053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095053>
- Eguiarte, L., & Scheinvar, E. (2008). *Agaves y cactáceas de Metztlán: ecología, evolución y conservación*. https://www.researchgate.net/publication/316631605_Agaves_y_Cactaceas_de_Metztlán_Ecologia_Evolucion_y_Conservacion
- Espejo Serna, A. (2012). El endemismo en las Liliopsida mexicanas. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 195 %–257. <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n100/n100a8.pdf>
- los estados con un número considerable de especies de *Agave* (26) si lo comparamos con Oaxaca, el estado con mayor riqueza (35 especies) del género en el país (García-Mendoza & Franco-Martínez, 2018).

Conclusiones

Veintiséis especies de *Agave* tienen una distribución ‘mucho probable’ en el estado de Hidalgo, de acuerdo con la información disponible en los registros. Por el contrario, 29 especies mencionadas en diversos trabajos tienen una distribución ‘poco probable’, debido a la omisión de datos importantes que permitan corroborar su presencia, porque son menciones únicas en trabajos antiguos o porque fueron introducidas con fines ornamentales.

Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT por el apoyo otorgado durante el programa de estudios.

Fin de la versión en español

Fellows, I., Fellows, M. I., Rcpp, L., & Rcpp, L. (2018). *Package ‘wordcloud’*. R package version, 2, 331. <https://cran.r-project.org/web/packages/wordcloud/index.html>

Figueredo-Urbina, C. J., Álvarez-Ríos, G. D., García-Montes, M. A., & Octavio-Aguilar, P. (2021). Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico. *PloS ONE*, 16(7), e0254376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254376>

Filazzola, A., & Lortie, C. J. (2014). A systematic review and conceptual framework for the mechanistic pathways of nurse plants. *Global Ecology and Biogeography*, 23(12), 1335 %–1345. <https://doi.org/10.1111/geb.12202>

García-Mendoza, A. J. (2011). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 88. AGAVACEAE*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/2012/F88_Agav.pdf

García-Mendoza, A. J., & Franco-Martínez, I. S. (2018). *Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcateras* [conjunto de datos]. SNIB-CONABIO. <https://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-NE012>

Gentry, H. S. (1982). *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press.

Golubov, J., Mandujano, M. C., Arizaga, S., Martínez, P. A., & Koleff, P. (2007). Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. In S. P. Colunga-García Marín, L. E. Eguiarte, S. A. Larque, & V. D. Zizumbo (Eds.), *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves* (pp. 133–152). CICY-CONACYT-CONABIO-SEMARNAT-INE. https://www.academia.edu/1198453/Inventarios_y_conservacion_de_Agavaceae_y_Nolinaceae

Granados, D. (1993). *Los agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo.

- Greene, R. P., & Pick, J. B. (2012). *Exploring the urban community: A GIS approach*. Prentice Hall. <https://inspire.redlands.edu/work/ns/f151725a-ce70-4f41-ae20-eee63388aad7>
- Haddaway, N. R., Woodcock, P., Macura, B., & Collins, A. (2015). Making literature reviews more reliable through application of lessons from systematic reviews. *Conservation Biology*, 29(6), 1596 %–1605. <https://doi.org/10.1111/cobi.12541>
- International Union for the Conservation of Nature (IUCN). (2017). In L. M. Bland, D. A. Keith, R. M. Miller, N. J. Murray, & J. P. Rodríguez (Eds.), *Guidelines for the application of IUCN Red List of ecosystems categories and criteria, version 1.1*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.RLE.3.en>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1* [conjunto de datos]. <https://www.iucnredlist.org>
- Jakobsson, S., Bernes, C., Bullock, J. M., Verheyen, K., & Lindborg, R. (2018). How does roadside vegetation management affect the diversity of vascular plants and invertebrates? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7, 1 %–14. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0129-z>
- Juárez, B. A. (2014). The current state of *Agave salmiana* and *A. mapisaga* in the valley of Mexico. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(2), 106 %–120. <https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/RMAE-2014-11-Agave.pdf>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 151(4), e1-e34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Mačić, V., Albano, P. G., Alpanidou, V., Claudet, J., Corrales, X., Essl, F., & Katsanevakis, S. (2018). Biological invasions in conservation planning: a global systematic review. *Frontiers in Marine Science*, 5, e178. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00178>
- Molina, M. (2018). El todo es mayor que la suma de las partes. Revisión sistemática y metaanálisis. *Revista Electrónica AnestesiaR*, 10(9), 1 %–7. <https://doi.org/10.30445/rear.v10i9.663>
- Morin N. R., Brouillet, L., & Levin, G. A. (2015). Flora of North America North of Mexico. *Rodriguésia*, 66(4), 973 %–981. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566416>
- iNaturalist. (January 8, 2022). Naturalista. https://www.naturalista.mx/observations?locale=es-MX&place_id=11167&preferred_place_id=6793&taxon_id=290804
- Ordóñez-Delgado, L., Ramón-Vivanco, C., & Ortiz-Chalan, V. (2019). Systematic review of the state about the knowledge of the Vertebrates of the Podocarpus National Park. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 7 %–18. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>
- Peña, A., & Peña, A. (2007). *Estudio etnofarmacológico de las diferentes especies endémicas de agave en la medicina tradicional del estado de Hidalgo* [Tesis de pregrado]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/1725>
- Pérez-Escandón, B. E. (2003). *Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- R Development Core Team (2012). *R: A language and environment for statistical computing* [software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramsay, R. M. (2004). El maguey en Gundhó, Valle del Mezquital (Hidalgo, México): variedades, propagación y cambios en su uso. *Etnobiología*, 4(1), 54 %–66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5294404>
- Robinson, N. M., Nelson, W. A., Costello, M. J., Sutherland, J. E., & Lundquist, C. J. (2017). A systematic review of marine-based species distribution models (SDMs) with recommendations for best practice. *Frontiers in Marine Science*, 4, 421. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00421>
- Rojas, S., Castillejos-Cruz, C., & Solano, E. (2013). Florística y relaciones fitogeográficas del matorral xerófilo en el Valle de Tecozautla, Hidalgo, México. *Botanical Sciences*, 91(3), 273 %–294. <https://doi.org/10.17129/botsci.8>
- Royal Botanic Gardens Kew (2022). *Plants of the world online*. www.plantsoftheworldonline.org
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Soberón, J. (1999). Linking biodiversity information sources. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(7), 291. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01617-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01617-1)
- Spafford, R. D., Lortie, C. J., & Butterfield, B. J. (2013). A systematic review of arthropod community diversity in association with invasive plants. *Neobiota*, 16, 81 %–102. <http://doi.org/10.3897/neobiota.16.4190>
- Szewczyk, T., & McCain, C. M. (2016). A systematic review of global drivers of ant elevational diversity. *PloS ONE*, 11(5), e0155404. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155404>
- Thiede, J. (2016). A review of *Agave mitis* (Asparagaceae/Agavaceae). *Bradleya*, (34), 200 %–216. <https://doi.org/10.25223/brad.n34.2016.a8>
- Thiede J. (2020) *Agave AGAVACEAE*. In U. Eggl, & R. Nyffeler (Eds.), *Monocotyledons. Illustrated handbook of succulent plants* (pp. 21 %–311). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56486-8_111
- Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología (IBUNAM). (2021). *IBdata v3 «Helia Bravo Hollis» Herbario Nacional de México (MEXU). Plantas vasculares. Portal de datos abiertos UNAM. Colecciones universitarias*. <https://www.ibdata.abaco3.org/web/web-content/admin-queryfilter/queryfilter.php>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559 %–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E., & Sánchez-González, A. (2022). Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93(1), 1870 %–3453. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3920>

- Villavicencio, M. A., Pérez, B. E., & Ramírez, A. A. (1998). *Lista florística del estado de Hidalgo*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Villavicencio Nieto, M. Á., & Pérez Escandón, B. E. (2006). *Plantas útiles del estado de Hidalgo* (vol. 3). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Villavicencio-Nieto, M. Á., Pérez-Escandón, B. E., & Gordillo-Martínez, A. J. (2010). Plants traditionally used as pesticides in the state of Hidalgo, Mexico. *Polibotánica*, 30, 193 %–238. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62114250012>
- Хапугин, А. А. (2020). A global systematic review on orchid data in protected areas. *Nature Conservation Research*. Заповедная наука, 5(1), 19 %–33. <https://dx.doi.org/10.24189/nscr.2020.019>
- Yan, P., & Yang, J. (2017). Species diversity of urban forests in China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 28, 160 %–166. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.0>