



CONOCIMIENTO Y MANEJO TRADICIONAL DE *AGAVE KARWINSKII* EN EL SUR DE MÉXICO

TRADITIONAL KNOWLEDGE AND MANAGEMENT OF *AGAVE KARWINSKII* IN SOUTHERN MEXICO

NANCY VÁZQUEZ-PÉREZ¹, JOSÉ BLANCAS^{1*}, IGNACIO TORRES-GARCÍA², ABISAÍ GARCÍA-MENDOZA³, ALEJANDRO CASAS⁴, ANA ISABEL MORENO-CALLES², BELINDA MALDONADO-ALMANZA¹, BEATRIZ RENDÓN-AGUILAR⁵

¹Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.

²Laboratorio de Estudios Transdisciplinarios Ambientales, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

³Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

⁴Laboratorio de Manejo y Evolución de Recursos Genéticos, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad - Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, México.

⁵Departamento de Biología - Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México.

*Autor de correspondencia: jose.blancas@uaem.mx

Resumen

Antecedentes: La intensidad de manejo en plantas está influida por factores socioecológicos, destacando el valor económico y la disponibilidad espacial de los recursos. *Agave karwinskii* es un recurso cultural, económico y ecológicamente relevante, con alta diversidad morfológica, la cual se refleja en la compleja nomenclatura tradicional. Algunos etnotaxonones son mayormente valorados y enfrentan fuertes presiones debidas al auge en la demanda de mezcal.

Preguntas y/o hipótesis: ¿Cuáles etnotaxa de *Agave karwinskii* y con qué intensidad son manejados en su área de distribución? Los etnotaxa que son aprovechados para elaborar mezcales presentarán formas más intensas de manejo debido a su alto valor y demanda. Se identificarán distintas prácticas de manejo, desde las más incipientes hasta las más complejas, en función de su valor y disponibilidad.

Especie en estudio: *Agave karwinskii* Zucc.

Sitio de estudio y fechas: Puebla y Oaxaca, México. 2017-2018

Métodos: Se realizaron 43 entrevistas semiestructuradas a propietarios de fábricas de mezcal en el área de distribución. Se preguntó acerca del manejo de los distintos etnotaxa, prácticas de selección, atributos, valoración cultural y económica. Se calculó un índice de intensidad de manejo mediante un análisis de componentes principales.

Resultados: Se reconocieron 11 etnotaxonones de *A. karwinskii*, principalmente para producir mezcal y como cerco vivo. Estos formaron tres grupos, correspondiendo a un gradiente de intensidad de manejo. Destacan aquellos que se propagan vegetativamente y se siembran por semilla en espacios antropogénicos.

Conclusiones: Se advierten procesos selectivos, los cuales pueden marcar rasgos de domesticación incipiente, como tamaños de roseta más grandes.

Palabras clave: Conservación *in situ*, domesticación incipiente, mezcal, sistemas agroforestales.

Abstract

Background: The intensity of management in plants is explained by socio-ecological factors, highlighting the economic value and the spatial availability of resources. *Agave karwinskii* is a culturally, economically, and ecologically relevant resource, with high morphological diversity, which is reflected in the complex traditional nomenclature. Some ethnotaxa are mostly valued and it faces strong pressures due to the boom in demand for mescal.

Question / Hypothesis: Which are the ethnotaxa of *Agave karwinskii* and with what intensity are they managed in the area of distribution of the species? Ethnotaxa that are used to produce mescal will present more intense forms of management due to their high value and demand. A broad spectrum of management practices will be identified, from the most incipient to the most complex, depending on their value and availability.

Studied species: *Agave karwinskii* Zucc.

Study site and years of study: Puebla and Oaxaca, Mexico. 2017-2018

Methods: 43 semi-structured interviews were conducted with owners of mescal factories in the distribution area. We asked about the management of different ethnotaxa, selection practices, morpho-physiological attributes, cultural and economic value of varieties. A management intensity index was calculated performing a principal component analysis.

Results: Eleven ethnotaxa of *A. karwinskii* were recognized, mainly used to produce mescal. These ethnotaxa formed three groups, corresponding to a gradient of management intensity, highlight those that have vegetative propagation and are sown by seeds in human-made areas.

Conclusions: The existence of selective processes is noted, which can mark features of incipient domestication, such as larger rosette sizes.

Keywords: Agroforestry systems, incipient domestication, *in situ* conservation, mescal.



Las culturas tradicionales poseen modelos de percepción y apropiación de la naturaleza, los cuales se encuentran codificados en el Conocimiento Ecológico Tradicional (CET) ([Beaucage 2012](#), [Berkes & Folke 1998](#), [Toledo & Barrera-Bassols 1984, 2008](#)). Este se define como un cuerpo acumulativo de conocimientos acerca de las relaciones entre los seres vivos y su ambiente, el cual se transmite entre generaciones por mecanismos culturales, y es particularmente relevante en aquellas comunidades humanas que han tenido continuidad histórica en el tiempo y en el espacio ([Berkes 1999](#), [Brush 1993](#)). Su estudio resulta crucial porque en este se condensan cientos e incluso miles de años de interacciones y experiencias prácticas de manejo de los recursos naturales, mismas que pueden aportar a la sostenibilidad ([Boege 2008](#), [Casas et al. 2016](#), [Toledo & Barrera-Bassols 2008](#)), y replicarse en otros contextos por medio de su incorporación a las políticas públicas ([Berkes 1999](#), [Menzies 2006](#), [Toledo & Barrera-Bassols 2008](#)).

Sin embargo, muchos de estos conocimientos se están erosionando ([Saynes-Vásquez et al. 2013](#)), y entre estos se incluyen técnicas de manejo de la diversidad vegetal ([Martínez-Ballesté et al. 2006](#)), los cuales se pierden debido a modificaciones en las formas y ritmos del manejo ([Blancas et al. 2013](#)), así como a cambios en los patrones de aprovechamiento ([Beltrán-Rodríguez et al. 2017](#), [Hersch-Martínez 1995, 1997](#), [Torres et al. 2015a](#)).

Esta situación está impactando en la sustentabilidad de los procesos de apropiación de la naturaleza y sus elementos, así como en el mantenimiento de la diversidad biológica en sitios silvestres, pero también de diversos agroecosistemas ([Arnaiz-Schmitz et al. 2018](#), [Drew & Henne 2006](#), [Moreno-Calles et al. 2016](#), [Saynes-Vásquez et al. 2016](#), [Tang & Gavin 2016](#)). Específicamente, el cambio de una dinámica de autoabasto a una regida por la demanda del mercado, ha marcado pautas en el manejo con resultados ambivalentes ([Shackleton et al. 2015](#)), con una tendencia a tener saldos negativos en términos de viabilidad de los recursos y la dinámica social que se ha generado ([Lima-da Silva et al. 2019](#)).

Se ha definido como manejo a todas aquellas intervenciones dirigidas a transformar o adaptar los ecosistemas, sus componentes o sus procesos de acuerdo con un plan humano ([Blancas et al. 2013](#), [Casas et al. 2016](#), [González-Insuasti & Caballero 2007](#)). Conocer y estudiar en detalle las formas de manejo de los recursos naturales y los ecosistemas puede darnos elementos para entender la problemática que enfrentan, la dinámica socioecológica involucrada en sus distintas esferas (aprovechamiento, conservación, restauración y ordenamiento) ([Casas et al. 2016](#)) y escalas (local, regional, nacional y global) ([Gunderson & Holling 2002](#), [Kates et al. 2001](#)), así como para identificar y diseñar estrategias de manejo sustentable.

Asimismo, documentar el espectro de intensidades de manejo de los recursos bióticos, permite analizar la diversidad de prácticas y técnicas que posibilitaron la domesticación de plantas en el pasado ([Casas et al. 2016](#), [Casas et al. 1997a](#)), así como los factores socioculturales y ecológicos que inciden en la emergencia de algunas especies de plantas como recursos clave en las actividades productivas de muchas comunidades rurales en el presente ([Blancas et al. 2013](#), [Hildebrand 2003](#), [Rangel-Landa et al. 2017](#)).

El manejo de los agaves en México constituye un foco de interés, ya que éstos son recursos ampliamente utilizados desde hace miles de años, en diversos entornos ecológicos y con una multiplicidad de propósitos ([Colunga-GarcíaMarín & May-Pat 1993](#), [Colunga-GarcíaMarín et al. 1996](#), [Colunga-GarcíaMarín et al. 2017](#), [García-Mendoza & Galván 1995](#)). Los agaves son recursos cultural y económicamente muy valiosos para quienes hacen uso y manejo de éstos, y a su vez enfrentan una serie de problemáticas socio-ecológicas que requieren la participación de diversos esfuerzos y enfoques ([Colunga-GarcíaMarín & May-Pat 1993](#), [Colunga-GarcíaMarín & Zizumbo-Villarreal 2006](#), [Colunga-GarcíaMarín & Zizumbo-Villarreal 2007](#), [Delgado-Lemus et al. 2014](#), [Félix-Valdez et al. 2016](#), [Torres et al. 2015a](#), [Torres-García et al. 2019](#), [Vargas-Ponce et al. 2007](#), [Zizumbo-Villarreal et al. 2012](#)).

De las 159 especies del género *Agave* en México ([García-Mendoza et al. 2019](#)), alrededor de 74 son reportadas como alimento y aproximadamente 50 (entre especies, complejos de especies y etnotaxones) se usan para elaborar bebidas destiladas en 26 estados de México ([Colunga-GarcíaMarín & Zizumbo-Villarreal 2007, 2017](#), [Figueroedo-Urbina et al. 2017](#), [Torres et al. 2015b](#), [Vargas-Ponce et al. 2009](#)). Específicamente, algunas especies poseen una gran diversidad de etnotaxa, los cuales se usan y manejan para diversos propósitos. El término etnotaxón se utiliza para determinar categorías o variedades tradicionales que reflejan las discontinuidades entre la misma o distintas entidades taxonómicas, aunque no necesariamente obedecen a principios filogenéticos o evolutivos de la clasificación linneana ([Berlin 1992](#)), reflejan la diversidad cultural en cuanto a usos y variaciones morfológicas. Es precisamente en especies de agaves con gran número de etnotaxones en las cuales reviste particular importancia documentar el manejo, ya que existe una gran presión por la creciente demanda y popularidad de algunos destilados, a fin de dar pautas para la sostenibilidad en su aprovechamiento.

En particular, el manejo de *Agave karwinskii* puede ejemplificar esta compleja dinámica de los sistemas socioecológicos, ya que es una especie que tiene una distribución relativamente restringida -en el Valle de Tehuacán (Puebla) y en los Valles Centrales y Sierra Sur de

Oaxaca-, y está siendo aprovechada de forma intensiva, sobre todo en los últimos cinco años, debido al auge en la producción de mezcal ([Vázquez-Pérez 2015](#)). Esto ha tenido importantes consecuencias, en lo ecológico y en lo social, ya que la demanda de materia prima para los destilados está provocando extinciones locales en la vegetación natural de algunas variedades de esta especie, las cuales son preferidas para la producción y el consumo de mezcal ([Vázquez-Pérez 2015](#)).

Estudios previos en el área de distribución de *A. karwinskii* han documentado diversos etnotaxa de esta especie, todos ellos nombrados y reconocidos por atributos particulares ([Vázquez-Pérez 2015](#)). Aunque se desconocen aún los factores que han influido en tal diversificación, es factible suponer que el manejo de los etnotaxa deseados puede ser responsable de tal diversificación. Esto se ha observado en otras especies del género *Agave*, en donde el manejo ha conducido a la diversidad morfológica, fisiológica e incluso genética de este grupo de plantas ([Casas *et al.* 2016](#), [Colunga-GarcíaMarín *et al.* 1993](#), [Colunga-GarcíaMarín & May-Pat 1993, 1997](#), [Figueroedo *et al.* 2014](#)). En particular, la intensificación en el manejo puede conducir a distintos grados de domesticación, y una forma de reconocerlos es mediante el desarrollo de síndromes de domesticación ([Colunga-GarcíaMarín *et al.* 1996, 2017](#)).

El manejo ha promovido la abundancia de algunos etnotaxa en respuesta a la demanda, esto estimula su fomento o cultivo en diversos agroecosistemas (milpas, potreros, huertos). En contraste, algunas prácticas tienen efectos negativos sobre las poblaciones de agaves, ejemplo de esto es el caso de la cosecha intensiva de todo el conjunto de individuos de una población, sin tomar en cuenta la edad o la talla para ser aprovechados, lo que repercute de forma negativa en la calidad del producto, así como en la capacidad de recuperación de las poblaciones bajo aprovechamiento ([Delgado-Lemus *et al.* 2014](#), [Torres *et al.* 2013, 2015a](#)).

Dado que no existe información detallada acerca del manejo de *Agave karwinskii*, esta investigación pretende mostrar un panorama general acerca de los etnotaxa que son aprovechados para los distintos propósitos, poniendo especial énfasis en aquellos que son usados para la elaboración de mezcales, al ser esta la práctica que genera mayor presión sobre sus poblaciones y plantaciones. Se documentan los conocimientos y prácticas asociadas al manejo tradicional de *A. karwinskii* en su área de distribución natural, los distintos entornos de manejo y la intensidad con que son manejados dichos etnotaxa, con el propósito de inventariar técnicas probadas y procesos de innovación que pueden ser de gran utilidad para diseñar estrategias de manejo sustentable.

Partimos de la premisa de que, al igual que otros agaves en Mesoamérica, los distintos etnotaxa que forman el complejo *Agave karwinskii* están siendo manejados de forma diferencial en entornos diversos, desde los silvestres hasta los espacios humanizados con distintos grados de intensidad. Por lo que, aquellos etnotaxa que son aprovechados para elaborar mezcales presentarán formas más intensas de manejo debido a su alto valor y demanda. Asumimos que es factible identificar un amplio espectro de prácticas de manejo, desde las más incipientes hasta las más complejas, en función de su valor *sensu lato* y de su disponibilidad.

Materiales y métodos

Área de estudio. Se eligió una localidad de estudio en el Valle de Tehuacán, Puebla, tres en los Valles Centrales y dos en la Sierra Sur de Oaxaca ([Figura 1](#)). Con respecto a la caracterización socioeconómica de las localidades seleccionadas, todas son comunidades rurales con niveles altos de marginación, en donde la actividad económica principal es la agricultura de temporal, principalmente de maíz y frijol para autoconsumo. En menor medida, también se presentan algunos cultivos comerciales como el tomate, chile y limón ([Apéndice 1](#)). A excepción de Zapotitlán Salinas, Puebla, en todas las comunidades estudiadas, la actividad mezcalera es un eje importante de la economía local y también un fuerte componente de la identidad cultural. Otras actividades económicas lo constituyen la confección de objetos y artesanías de palma y carrizo, y el ecoturismo. El nivel de instrucción formal se circunscribe a los niveles básicos, por la poca cobertura educativa. Todas poseen un importante componente cultural indígena, sin embargo, el número de hablantes de idiomas locales ha decaído dramáticamente en los últimos 20 años (ver [Apéndice 2](#)).

Conocimiento local de A. karwinskii. Se efectuaron 48 entrevistas abiertas y 43 semiestructuradas ([Bernard 2011](#); [Martin 2004](#)). Las primeras sirvieron para documentar el sistema de clasificación de las variedades locales de *A. karwinskii*, nomenclatura y categorías de uso. Las segundas permitieron identificar las estrategias y prácticas de manejo que les procuran, las razones que expone la gente para hacer tales prácticas, así como los espacios en donde se propagan, incluyendo el bosque y zonas manejadas.

La mayor parte de los colaboradores corresponden a maestros mezcaleros (personas que aprendieron el oficio de hacer mezcal de generación en generación y poseen conocimientos excepcionales de todo el proceso), quienes trabajan y/o son propietarios de “*palenques*” (pequeñas fábricas artesanales de mezcal), ya que son los que poseen mayor conocimiento sobre el uso y manejo de esta especie.



Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio.

La muestra incluyó a 25 hombres y 18 mujeres, éstas últimas fueron amas de casa y/o esposas de maestros mezcaleros de las diferentes comunidades. El número de personas entrevistadas por comunidad y el tipo de entrevista aplicada se indica en el [Apéndice 2](#). La información se completó con notas de campo, fotografías, video y con la estrecha convivencia con los pobladores, por medio de observación participante ([Martin 2004](#)).

Análisis de la información y estimación del Índice de Intensidad de Manejo. Para documentar y analizar en detalle las formas de manejo que se les procuran a cada uno de los etnotaxonones de *A. karwinskii*, así como la relación con los espacios en donde son promovidos, se construyó una matriz de datos, la cual incluyó once etnotaxa de *A. karwinskii* en las columnas, las cuales fueron clasificadas de acuerdo con 27 variables que fueron evaluadas. Entre las variables se consideraron aspectos ecológicos y socioculturales del manejo de esta especie y se ponderaron de acuerdo con la complejidad de las prácticas, tiempo invertido en estas, y el número de personas involucradas en dichas prácticas ([Apéndice 3](#)). Para categorizar las estrategias y prácticas de manejo se consideró la clasificación propuesta por [Blancas et al. \(2013\)](#).

A partir de esta base de datos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) mediante el programa NTSyS ([Rohlf 2000](#)), usando la matriz anteriormente mencionada. Los datos fueron estandarizados, a fin de

reducir el efecto de las distintas escalas empleadas y que esto pudiera sub o sobreestimar el efecto de alguna variable. Se usó como factor de sustracción la media y como factor de división la desviación estándar. Se calculó una matriz de similitud usando el índice de correlación. Se calculó el porcentaje de la variación explicada por el modelo, así como la matriz de cargas, la cual indica las variables más importantes en cada uno de los componentes principales.

Se construyó un índice de intensidad de manejo, modificando el método desarrollado por [González-Insuasti & Caballero \(2007\)](#). Este índice consideró aspectos socio ecológicos del manejo, tales como: número de usos, número de formas de manejo, complejidad en el uso de herramientas para la obtención y el procesamiento de los productos usados o aprovechados, labores de mantenimiento (tipo de actividades realizadas para asegurar su disponibilidad), criterios de selección y tipo de selección practicada, forma de reproducción, número de unidades de manejo en las que se encuentra presente (tanto en la vegetación silvestre como en ambientes antropogénicos) ([Apéndice 3](#)). Los registros del primer componente principal (CP1) constituyeron el Índice de intensidad de manejo, bajo el supuesto que el CP1 refleja la mayor proporción de variabilidad del modelo.

Colecta de material botánico. Para conocer la identidad taxonómica de los distintos etnotaxonones de *Agave karwinskii*, se colectaron ejemplares botánicos, los cuales fueron identificados y depositados en el Herbario Nacional de México (MEXU).

Resultados

Usos y partes útiles. Se documentaron siete usos principales, destacando por su frecuencia de mención: la producción de mezcal (82 %), cercos vivos (71 %), combustible (58 %) y alimento (36 %). En contraste, la obtención de fibras (24 %), construcción (18 %) y medicinal (9 %), fueron poco mencionados. En cuanto a las partes útiles, destaca el uso del tallo y bases foliares para la producción de mezcal (90 %) y la planta completa para cercos vivos (100 %). En menor proporción se utiliza el escapo como combustible (45 %), los botones florales como alimento (20 %) y las hojas para la obtención de fibras (5 %).

Nomenclatura local de los etnotaxa de Agave karwinskii. En la [Tabla 1](#) se resume información sobre la nomenclatura local de los distintos etnotaxa de *A. karwinskii*, características, usos, partes útiles, formas de manejo, así como espacios en los que son manejados. Se documentaron once etnotaxones, los cuales se pueden diferenciar por el desarrollo o no de un tallo evidente, la forma y tamaño de las espinas, dientes en los márgenes y por la coloración de las hojas ([Figura 2](#)). De manera general, los etnotaxa *Madrecuishe*, *San Martín* y *Tripón* no muestran un tallo evidente, en contraste con el resto, en los cuales el tallo puede llegar a medir entre 1.0 a 1.5 m.

En cuanto a la presencia de dientes en los márgenes de las hojas, los etnotaxa que los presentan de manera muy conspicua son *Bicuishe*, *Espina negra* y *Sierrudo*. En cuanto a la coloración de las hojas, se presenta un gradiente de intensidad, el cual va del verde claro en *Cachitún* y *Cirial*, verde azulado en *Madrecuishe*, hasta un color verde intenso en *Bicuishe*, *Espina negra*, *Sierrudo* y *Marteño*.

En este sentido, los pobladores reconocen y diferencian las características de cada maguey, de modo que han establecido una nomenclatura local para nombrar “magueyes largos” a *Bicuishe*, *Tobasiche*, *Sierrudo*, *Cirial* y *Marteño* (con tallos de 1 a 1.5 m), y “barriles” a *San Martín*, *Tripón* y *Madrecuishe* (tallos menores de 0.4 m). Aunque también refirieron algunos etnotaxones como tipo “chino” y uno de *Madrecuishe* tipo “coyote”. Sin embargo, no se pudo corroborar la identidad taxonómica de estos últimos.

Formas de manejo. a) Recolección. Los etnotaxa *Cachitún*, *Cirial* y *Cuishe* son recolectados de la vegetación silvestre y no se practican otras labores de mantenimiento, debido a que se asocian con poca productividad para la elaboración del mezcal, por la forma alargada de sus tallos. Aunque, en caso de escasez de materia prima, estos pueden ser cosechados. b) Tolerancia. Los etnotaxa *Bicuishe*, *Espina negra*, *Sierrudo*, *Tobasiche* y *Madrecuishe* se valoran

ampliamente, por lo que se dejan en pie cuando se apertura la vegetación natural para terrenos de cultivo, ya que perciben que pueden aprovecharse en el futuro. c) Fomento. Se promueve la abundancia de los etnotaxa *Bicuishe* y *Madrecuishe*, ya que en la vegetación silvestre se trasplantan propágulos vegetativos *in situ* de las plantas madre. Presentan un gran desarrollo de la roseta, por lo que son altamente valorados, sobre todo *Madrecuishe*, ya que está asociado a una gran calidad y rendimiento superior en la obtención de mezcal. d) Fomento *ex situ*. Se documentó en *Bicuishe*, *Espina negra*, *Sierrudo*, *Tobasiche*, *Madrecuishe*, *Marteño* y *Tripón*, específicamente por trasplante de propágulos vegetativos de las áreas silvestres, para plantarse en forma de cercos vivos en solares y huertos. A excepción de *Marteño* y *Tripón*, que únicamente se encuentran como cerco vivo, en los demás etnotaxones se procuran prácticas como deshierbe, abono, riego y remoción de las hojas muertas. Estas prácticas se realizan con el fin de acortar los tiempos de crecimiento y producción del escapo floral. e) Cultivo por propagación vegetativa. Se documentó para *San Martín*, *Madrecuishe* y *Tripón*, principalmente sembrados en linderos dentro de las milpas. Estos etnotaxa son los que reciben mayores cuidados, a fin de permitir un mayor desarrollo de las hojas y las espinas. En el caso de *Madrecuishe*, se busca la mejora en las condiciones de crecimiento para obtener mayores tamaños de la roseta, importante en la productividad del mezcal. Algunas de estas prácticas buscan acelerar el crecimiento de las plantas y comprenden el deshierbe manual, poda de hojas secas, abonado con estiércol de chivo, riego con manguera en el solar o huerto, deshije (la separación de la planta madre) y trasplante de hijuelos a diversos agroecosistemas. f) Cultivo por semillas en vivero. Se registró en *Sierrudo*, *Espina Negra*, *Marteño*, *Bicuishe* y *Madrecuishe*, aunque es esporádico y de muy reciente práctica, ya que antes del auge del mezcal no se consideraba importante. Se asocia a estrategias de largo plazo, por lo que las plantas cultivadas por semilla tardan más tiempo en poder ser cosechadas, en contraste con las obtenidas por hijuelos vegetativos. Sin embargo, las personas refieren que han comenzado a cultivar por semilla desde hace cinco años, como una respuesta a la escasez de la materia prima, sobre todo de *Madrecuishe*, cuyo destilado es muy apreciado y demandado en ciudades como Oaxaca o Ciudad de México. Cabe resaltar que, aunque del etnotaxa *Tripón* se obtiene un destilado muy apreciado, no desarrolla semillas viables ([Figura 3](#)).

*Espacios en donde son aprovechados y propagados los etnotaxa de *A. karwinskii*.* Todos los etnotaxones son aprovechados en la vegetación silvestre, con excepción de *Marteño*, *Tripón* y *San Martín*. Estos mayormente se presentan en los distintos agroecosistemas, tales como los

Conocimiento y manejo tradicional de *Agave karwinskii*

Tabla 1. Enotaxones de *A. karwinskii* con su nomenclatura local, características distintivas, partes útiles, formas de manejo y sitios de propagación.

Etnotaxones / características	Usos	Partes útiles	Formas de manejo	Sitios de propagación
Bicuishe / tallo evidente con hojas secas	Comestible, producción de mezcal, fibras, combustible y cercos vivos	Botones florales (vigas), tallo, hojas, escapo y planta completa	Tolerancia y trasplante de hijuelos	Vegetación silvestre, milpas, huertos y casas
Cachitún / en forma de candel	Comestible, medicinal y combustible	Botones florales (cacayas o vigas), espinas, escapo	Recolección	Vegetación silvestre
Cirial / tallo evidente sin hojas secas	Ocasionalmente para producir mezcal	Tallo	Recolección	Vegetación silvestre
Cuishe / tallo corto sin hojas secas	Ocasionalmente para producir mezcal y combustible	Tallo y escapo	Recolección	Vegetación silvestre
Espina negra / maguey largo con espinas gruesas	Cercos vivos y ocasionalmente para producir mezcal	Planta completa y tallo	Traslante de hijuelos y promoción	Vegetación silvestre y milpas
Madrecuishe / barril de color cenizo y espinas gruesas	Mayormente para producir mezcal, comestible, cercos vivos y combustible	Tallo, botones florales, planta completa y escapo	Recolección, tolerancia, promoción, protección y cultivo por hijuelos y por semillas	Vegetación silvestre, milpas
Marteño / maguey largo y espinas largas y delgadas	Mayormente para producir mezcal y cercos vivos	Tallo y planta completa	Traslante de individuos y cultivo de partes vegetativas	Milpas
San Martín / barril con muchas hojas de color verde limón	Producción de mezcal	Tallo	Tolerancia, promoción, protección y cultivo	Huertos y milpas
Sierrudo / maguey largo con abundantes espinas gruesas	Cercos vivos, fibras y ocasionalmente para producir mezcal	Planta completa, hojas y tallo	Recolección, promoción y trasplante	Vegetación silvestre, huertos, milpas y casas
Tobasiche / maguey largo con hojas en forma de cuchara y espinas gruesas	Cercos vivos, combustible y ocasionalmente para producir mezcal	Planta completa, escapo y tallo	Traslante de hijuelos, fomento	Vegetación silvestre, huertos, milpas y casas
Tripón / barril con hijuelos que crecen en forma de espiral	Producción de mezcal	Tallo	Tolerancia, fomento y trasplante de hijuelos	Vegetación silvestre, huertos, milpas y casas

huertos familiares, casi siempre como cercos vivos, como en el caso de *Marteño*. Los etnotaxa *Cachitún*, *Cuishe* y *Cirial* sólo se encuentran y aprovechan en la vegetación silvestre. Por el contrario, *Sierrudo*, *Espina negra*, *Tobasiche*, *Bicuishe* y *Madrecuishe*, además de que se aprovechan en la vegetación silvestre, también se presentan en los agroecosistemas como cercos vivos y en linderos en el caso de *Madrcuishe* ([Tabla 1](#)).

Intensidad de manejo de los etnotaxa de A. karwinskii. En el análisis de componentes principales (ACP), los dos

primeros componentes explican el 71.77 % de la variación, y en particular el primer componente explica el 52.31 %. En la [Figura 4](#) se observan los tres grupos que se obtuvieron en el ACP de acuerdo con la intensidad de manejo de los distintos etnotaxones. El primer grupo (círculo morado) lo constituyen *Cachitún*, *Cuishe* y *Cirial*, que no reciben labores de mantenimiento y cuya estrategia de manejo se limita a la recolección simple en áreas de vegetación silvestre. El uso de herramientas para su manejo no implica un grado de especialización, ya que estas se circunscriben a las propias de las labores agrícolas. Además, la existencia

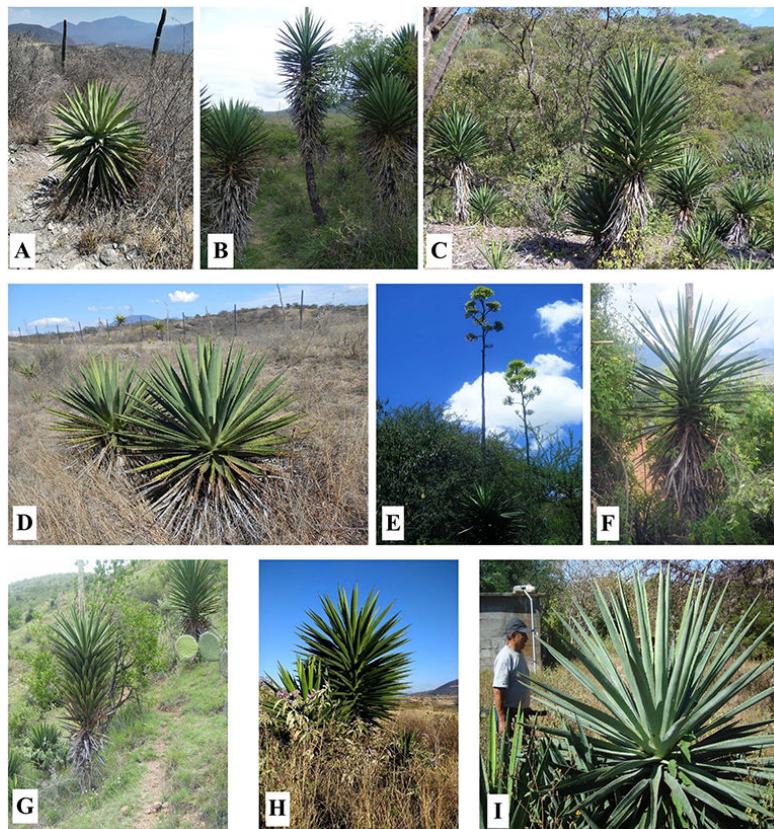


Figura 2. Algunos de los distintos etnotaxones de *Agave karwinskii* documentados en la zona de estudio y principales características que refieren las personas para diferenciarlos: A) *Cachitún* (en forma de candel), B) *Cirial* (tallo evidente sin hojas secas), C) *Cuishe /* (tallo corto sin hojas secas), D) *San Martín* (barril con muchas hojas de color verde limón), E) *Espina negra* (maguey largo con espinas gruesas), F) *Marteño* (maguey largo y espinas largas y delgadas), G) *Sierrudo* (maguey largo con abundantes espinas gruesas), H) *Bicuishe* (tallo evidente con hojas secas), I) *Madrecuishe* (barril de color cenizo y espinas gruesas) (Fotos: Nancy Vázquez Pérez).

de regulación o normas de acceso comunitario al recurso es inoperante, ya que, aunque existen multas cuando se cortan magueyes sin permiso, estas raramente se aplican.

El segundo grupo (círculo rojo) lo conforman *San Martín*, *Espina negra*, *Tripón*, *Marteño*, *Tobasiche* y *Sierrudo*, y se caracterizan por recibir deshierbe, remoción de hojas secas, deshije (remover propágulos vegetativos y trasplantarlos a nuevas áreas), ablandamiento del suelo, e incluso en algunos casos riego. Todas estas labores se realizan en contextos de proximidad a los huertos y parcelas de cultivo, y en menor medida en la vegetación silvestre. El uso de herramientas e insumos es más amplio que en el grupo anterior, no necesariamente por el manejo de las plantas en el lugar donde crecen, sino por el proceso para la obtención del mezcal. De ahí que, además de las herramientas propias de las labores agrícolas, se usan otros implementos como alquiler de animales de tiro para la molienda de los tallos cocidos, recipientes para la fermentación, leña para la destilación, etc. Las normas para acceder a estos recursos son inexistentes, ya que la mayoría

de los individuos de estos etnotaxones se encuentran en parcelas de cultivo y huertos, en donde los manejadores deciden tolerarlos o eliminarlos en función de sus intereses, sin necesidad de consultar a ninguna autoridad.

El tercer grupo (círculo verde), lo constituyen *Bicuishe* y *Madrecuishe*, que al ser los preferidos en la producción de mezcal, son los que reciben el mayor número de labores de mantenimiento ([Figura 5](#)). Destacan, el deshije, deshierbe, riego y aplicación de insumos para evitar el ataque de insectos. Estas labores se realizan sobre todo en *Madrecuishe*, que se encuentra en parcelas de cultivo, formando pequeños linderos y es propagado por medio de trasplante de hijuelos. Ambos etnotaxones también pueden ser propagados por siembra de semillas. En cuanto al uso de herramientas para el manejo y a la complejidad de éstas, destacan las propias para las labores agrícolas, además de las necesarias para el procesamiento y obtención del mezcal.

Un número considerable de maestros mezcaleros mantienen el uso de herramientas tradicionales, como los

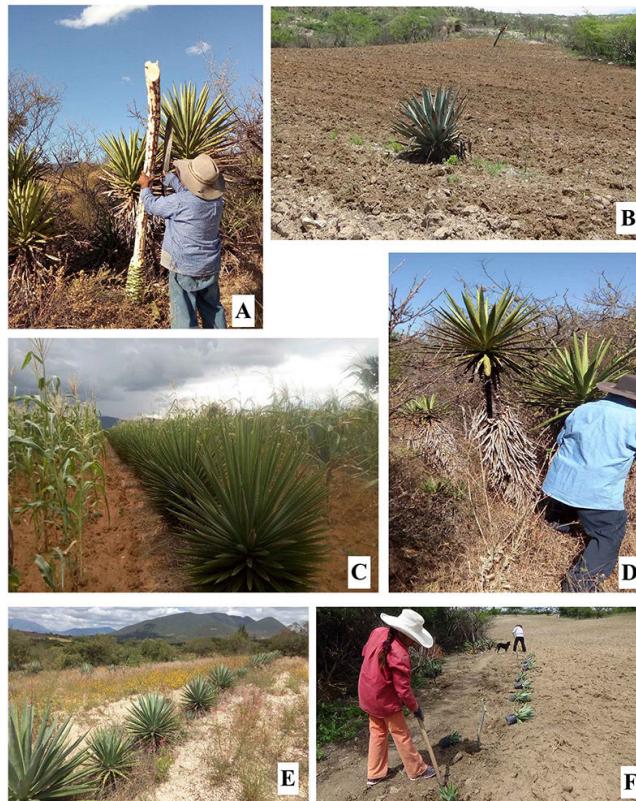


Figura 3. Estrategias de manejo documentadas para *Agave karwinskii* en la zona de estudio: A) recolección de *Bicuishe* en la vegetación silvestre; B) Tolerancia de *Madrecuishe* en parcelas de cultivo; C) Cultivo de *San Martín* por propagación de hijuelos en milpas; D) Protección de *Tobasiche* por medio de poda de hojas muertas; E) Cultivo de *Madrecuishe* por propagación de hijuelos; y F) Trasplante de individuos de *Madrecuishe* cultivados por semilla. (Fotos: Nancy Vázquez-Pérez).

mazos de madera, los cuales se ocupan en el proceso de molienda una vez cocido el maguey. Sin embargo, debido al auge mezcalero y a la alta demanda del mercado, muchas técnicas que emplean herramientas tradicionales se han ido perdiendo.

La diferencia en el manejo de estos etnotaxones con respecto a los del segundo grupo, es la intensidad y la frecuencia con que se utilizan. *Bicuishe* y *Madrecuishe* son promovidos o fomentados dentro de la vegetación silvestre a diferencia de los otros, en donde no se llevan a cabo tales estrategias. En *Madrecuishe* y *Bicuishe* se documentaron casi todas las categorías de manejo y esto puede estar relacionado con que ambos son altamente apreciados por las cualidades organolépticas del mezcal. En cuanto a la existencia de regulación o normas de acceso comunitario para acceder al recurso, en estos etnotaxones no se presenta, ya que la mayor parte de los individuos se encuentran en áreas en donde la propiedad está bien definida. Por lo tanto, la normatividad no opera en estos espacios, ya que esta se refiere a los espacios de uso común.

En cuanto al índice de intensidad de manejo, los registros del primer componente principal, muestran a *Madrecuishe*

como el etnotaxon más intensamente manejado. En contraste, *Cachitún* es el menos intensamente manejado. Estos dos etnotaxones serían los extremos de un gradiente de intensidad de manejo, en donde también se encontrarían los nueve restantes ([Tabla 2](#)).

De acuerdo con la matriz de cargas ([Tabla 3](#)), las variables más importantes en el componente principal 1 (CP1) son: número de formas de manejo distintas que se les procuran, número de personas que las propagan por medio de hijuelos, número de personas que las promueven, número de labores de mantenimiento que reciben, número de personas que las protegen y la proximidad de los sitios de colecta (más de 5 km). A su vez, el componente principal 2 (CP2) separa a los etnotaxones del círculo rojo del resto. Las variables más importantes en este componente fueron: la presencia de los etnotaxa en zonas silvestres, el número de personas que los recolectan y la proximidad de hasta 1 km a los sitios de colecta.

Discusión

La compleja nomenclatura con que se designan los distintos etnotaxones de *A. karwinskii* refleja el

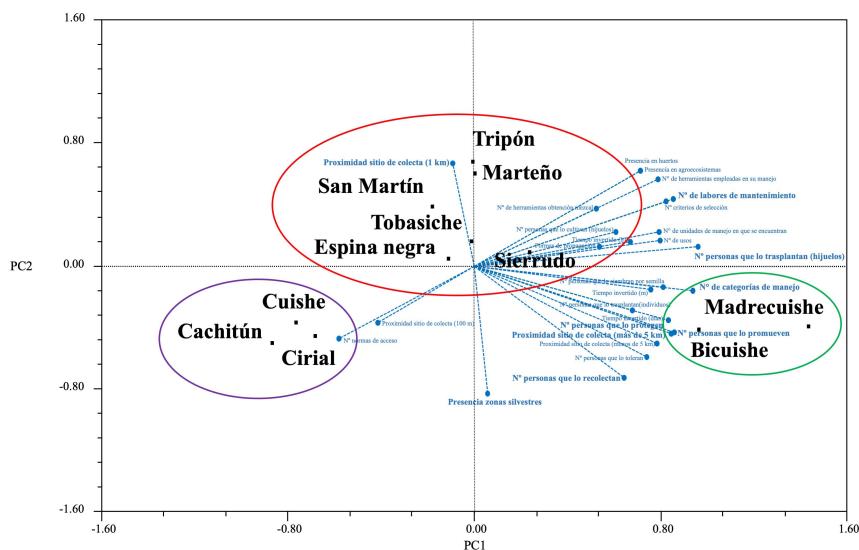


Figura 4. Ordenación de los etnotaxones de *A. karwinskii* en función de la intensidad con que son manejados.

reconocimiento cultural de las discontinuidades en la naturaleza ([Berlin 1992](#)), ya sea debido a la plasticidad fenotípica de la especie, la heterogeneidad ambiental en que crece, o las fuerzas selectivas humanas que también dan lugar a la diversidad vegetal ([Bye 1993](#)). De acuerdo con [Beaucage \(2012\)](#), la gran diversidad y cantidad de nombres con que se conoce a una determinada especie, puede ser un indicio de la importancia cultural de este recurso en su área de distribución natural y tener un sentido práctico, ya que puede estar relacionado con la gran variedad de usos registrados ([Hunn 1982](#)).

Los siete usos registrados en *A. karwinskii* contrastan con la gran cantidad que se han reportado para otras especies del género *Agave*, por ejemplo 14 en *A. potatorum* ([Torres et al. 2013](#)), y 16 en *A. inaequidens* ([Torres et al. 2015a; 2016](#)). Destacan los casos de *A. salmiana* y *A. angustifolia* con 20 y 16 respectivamente, aunque la primera es una especie domesticada, y la segunda una silvestre con una amplia distribución ([Colunga-GarcíaMarín et al. 1996](#), [Colunga-GarcíaMarín & May-Pat 1993](#)).

Las partes útiles documentadas para esta especie concuerdan en general con lo que se ha reportado para muchas especies de agaves ([Colunga-GarcíaMarín et al. 2017](#)). No obstante, en *A. karwinskii*, a pesar de que los tallos y bases foliares se usan para la producción de mezcal, hay etnotaxones que primeramente se seleccionaron como cercos vivos, ya que sus hojas poseen dientes conspicuos, aunque eventualmente también pueden ser aprovechados para hacer mezcal.

La extracción y uso de sus fibras ha caído en desuso, producto de diversos factores, entre estos la sustitución de las fibras naturales por sintéticas. Esto ha sido documentado en diversas especies de agaves que se distribuyen en el

estado de Oaxaca ([Palma-Cruz 1999](#)) y en otras partes de México ([Colunga-GarcíaMarín et al. 2011](#)).

El uso medicinal de las espinas del etnotaxa *Cachitún* para combatir picaduras de insectos venenosos, es un dato relevante que no había sido documentado en otras especies de agaves. Sin embargo, el uso medicinal es uno de los más amenazados en los agaves. Esto quizás guarde relación con la cada vez más amplia cobertura de los servicios de salud oficiales. Lamentablemente, esta extensión de los servicios médicos también se ha traducido en el abandono de las formas tradicionales de aliviar diversas afecciones, ya que a menudo desde el Estado se ejerce un tipo de coerción social que condiciona la atención médica al abandono de la medicina local y, en muchos casos, se traduce en una desvalorización del uso de las plantas medicinales ([Arjona-García 2018](#)).

Se documentó un amplio espectro de formas de manejo: *Agave karwinskii* está presente en múltiples entornos y forma parte de una matriz que conecta los entornos silvestres con los agroecosistemas ([Tabla 1](#)), lo que evidencia que dependiendo del uso, el manejo puede tener distintas intensidades, y eventualmente conducir a procesos de domesticación, tal y como se ha documentado en distintas especies de agave ([Colunga-GarcíaMarín et al. 1996, 1997, 2007, 2017, Vargas-Ponce et al. 2007, León-Vázquez et al. 2009, Carrillo-Galván 2011, Delgado-Lemus et al. 2014, Torres et al. 2015a, 2015b, Rivera-Lugo 2018](#) y en otras plantas de zonas áridas ([Blancas et al. 2016](#))).

No obstante, a diferencia de lo que se ha reportado en otras especies de agave, en donde los sistemas y prácticas de manejo se han circunscrito y reducido a entornos antropogénicos; como en los casos de *Agave tequilana* ([Valenzuela-Zapata 1995](#)), *A. fourcroydes* ([García-Frapolli](#)



Figura 5. Aprovechamiento de *Agave karwinskii* para elaboración de mezcal: A) Tallos cocidos ligeramente alargados, característicos del etnotaxón *Madrecuishe* (Foto: Nancy Vázquez-Pérez); B) Molido y machacado de tallos de *A. karwinskii* antes de ponerse a fermentar (Foto: Itzel Abad-Fitz); y C) Mezcal de *A. karwinskii* producido en San Luis Amatlán, Oax. (Foto: Itzel Abad-Fitz).

[et al. 2008](#)) y *A. salmiana* ([Martínez-Salvador et al. 2012](#)); en *A. karwinskii* los entornos de manejo y las prácticas son diversas, ya que se presentan formas de manejo tanto *in situ* como *ex situ*, este patrón concuerda con lo reportado para otras especies silvestres de agave ([Torres et al. 2015a](#)).

Además, cada categoría de manejo puede relacionarse con los etnotaxones que están siendo manipulados, destacando aquellos que son preferidos para la elaboración del mezcal ([Tabla 1](#)), los cuales están seriamente amenazados por el auge de esta industria. No obstante, en el pasado *A. karwinskii* era considerado un maguey de segunda categoría, ya que generalmente se mezclaba con otros agaves a fin de incrementar el rendimiento en la producción de mezcal.

Desafortunadamente la mayoría de los agaves mezcaleros hoy en día enfrentan la disyuntiva de ser aprovechados de manera sostenible conservando la vegetación natural o ser propagados en forma de monocultivos a gran escala a fin de satisfacer la demanda de materia prima ([Delgado-Lemus et al. 2014](#)).

De acuerdo con los resultados, las personas han desarrollado criterios de selección en esta especie dependiendo de los usos a los que están destinados. Por ejemplo, para cercos vivos se prefieren *Espina negra*, *Bicuishe*, *Marteño*, *Tobasiche* y *Sierrudo*, ya que poseen un

porte arborescente y márgenes de las hojas mayormente armados. Esto se ha documentado para *A. salmiana* var. *ferox*, ya que es preferida para el diseño de cercos vivos a fin de impedir el paso de ganado a las parcelas de cultivo o simplemente para delimitar los terrenos ([Mora-López et al. 2011](#)).

Para la producción de mezcal se prefiere *San Martín*, *Tripón* y *Madrecuishe* por su forma arrosetada y menor tiempo de cosecha, a fin de aprovechar la mayor cantidad de biomasa, porque sus jugos son más dulces y por el rendimiento. Esto ha sido documentado para *A. angustifolia* var. *angustifolia* que crece cultivada en el estado de Guerrero ([Huerta 2018](#)), en donde el síndrome de domesticación podría estar relacionado con características como el gigantismo ([Colunga-GarcíaMarín et al. 1996](#)) y la disminución del tamaño de las espinas y dientes como ocurre en *A. mapisaga* ([Mora-López et al. 2011](#)).

Esta modificación en los criterios de selección no sólo incide en la intensidad de manejo, también está condicionando la presencia de los distintos etnotaxones en los distintos entornos. Ahora se buscan individuos de gran tamaño y de formas arrosetadas ya que son preferidos por su rendimiento. Esto eventualmente puede ir en detrimento de los etnotaxones que se aprovechaban por la fibra (*Cuishe* y *Cirial*), o en menor medida de las formas con tallos

erguidos que se usan como cercos vivos. De esta forma, el mercado parece marcar pautas para la intensificación del manejo, así como de los criterios selectivos ([Arellanes et al. 2013](#), [Blancas et al. 2013](#)).

Tabla 2. Índice de intensidad de manejo de los once etnotaxonones de *A. karwinskii* calculado a partir de los registros del primer componente principal (CP1).

Variedad	Índice de intensidad de manejo
Madrecuishe	1.40
Bicuishe	1.00
Sierrudo	0.24
Tobasiche	0.00
Tripón	-0.20
Marteño	-0.20
Espina Negra	-0.13
San Martín	-0.18
Cirial	-0.70
Cuishe	-0.78
Cachitún	-0.90

Aunque la intensificación en el manejo de los recursos vegetales puede tener algunas barreras y limitaciones, como es la dificultad en su propagación ([Blancas et al. 2010](#)), en *A. karwinskii* no parece ser el caso, ya que se reproduce tanto sexual como asexualmente. Aunque, la forma más favorecida de reproducción es por propagación vegetativa realizada por medio del deshije y trasplante de hijuelos. Esta es una característica de muchas especies de agave, la cual ha sido aprovechada por los humanos para ir fijando características deseables y eventualmente domesticar algunas especies o generar nuevas variedades ([Casas et al. 2016](#)). Esta situación entraña otras problemáticas, sobre todo en un contexto de alta demanda de materia prima para la industria del mezcal. Entre estas se puede mencionar la transformación de la diversidad de sistemas de manejo tradicional en plantaciones comerciales que privilegian la propagación clonal, lo que puede llevar a la erosión genética, tal como ocurrió con *A. tequilana* ([Escobar-Guzmán 2009](#), [Gil-Vega et al. 2001](#)).

El índice de intensidad de manejo desarrollado en este estudio parece reflejar procesos de domesticación incipiente en *A. karwinskii*, sobre todo para el etnotaxón *Madrecuishe*. De acuerdo con [Vázquez-Pérez \(2015\)](#), *Bicuishe* y *Madrecuishe* presentan mayores porcentajes de poliploidía (3N), en contraste con los etnotaxonones no cultivados (*Sierrudo*, *Cirial*, *Espina negra* y *Marteño*) y que sólo se presentan en la vegetación silvestre, en donde el porcentaje

de diploidía (2N) es mayor. Se estima que en las angiospermas la poliploidía se presenta entre el 30 y el 60 % de las especies ([Soltis et al. 2009](#)). Aunque la poliploidía no es un fenómeno derivado o producto del manejo, éste sí puede aumentar su ocurrencia, sobre todo en aquellas poblaciones sujetas a mayores intensidades de manejo, precisamente porque la poliploidía provee de material genético que puede conferir a las especies una mayor resistencia o mejorar la capacidad para adaptarse a entornos estresantes ([Tamayo-Ordóñez et al. 2016](#)). A su vez, las personas pueden echar mano de esta diversidad genética y usarla para su beneficio. Esto parece confirmar lo que en diversas especies de agaves se ha encontrado, que conforme se intensifica el manejo, se favorece la ocurrencia de poblaciones poliploides ([Palomino et al. 2008, 2017](#)). Este es el caso de *A. fourcroydes* Lem., conocida como “*Kitam ki*” (triploide), *A. angustifolia* var. *letonae* (tetraploide), *A. sisalana* (pentaploide) y *A. angustifolia* (variedad “*Chelem ki*”) (hexaploide) ([Robert et al. 2008](#)).

También este gradiente de manejo se puede relacionar con las características morfológicas de los distintos etnotaxonones de *A. karwinskii*. [Vázquez-Pérez \(2015\)](#) encontró que el tamaño de la roseta y el tamaño de las semillas de *Madrecuishe* son más grandes con respecto a las demás variedades. Esto puede estar relacionado con las presiones selectivas que realizan las personas, sobre todo porque este etnotaxón es el más apreciado por la calidad de su destilado. Este mismo estudio encontró que los etnotaxonones menos manejados, presentaban mayores niveles de diversidad genética. Sin embargo, también se apreció que los etnotaxonones mayormente cultivados como *Madrecuishe*, presentaban niveles similares de variación genética que los etnotaxonones silvestres. Lo anterior puede indicar que la intensificación en el manejo de estos etnotaxonones, lejos de disminuir la diversidad genética, la ha mantenido y quizás hasta aumentado. Lo anterior concuerda con lo que se ha observado en poblaciones manejadas y silvestres de *A. angustifolia* ([Vargas-Ponce et al. 2009](#)); *A. cupreatum* (Aguirre-Duguá y Eguiarte 2013); *A. potatorum* ([Félix-Valdez et al. 2016](#)); y *A. inaequidens* ([Figueredo-Urbina et al. 2017](#)). Esto también se ha encontrado en cactáceas columnares, particularmente del género *Stenocereus*, en donde se documentaron haplotipos en poblaciones manejadas que no estaban presentes en las poblaciones silvestres ([Casas et al. 1997a, 1997b](#)). Particularmente se encontraron colores de pulpa del fruto inexistentes en los ambientes naturales. Lo anterior nos muestra la capacidad de las diversas culturas humanas para mantener e incluso incrementar la diversidad biológica, tal y como lo documentan diversos estudios en Mesoamérica ([Casas et al. 2016](#)).

Conocimiento y manejo tradicional de *Agave karwinskii*

Tabla 3. Matriz de cargas mostrando el peso de las variables de intensidad de manejo en los dos primeros componentes principales. Las negritas indican las variables con mayor peso en cada componente principal.

Variable	CP1	CP2
Formas de propagación	0.5361	0.1215
Nº de categorías de manejo	0.9374	-0.1587
Nº de usos	0.7966	0.1644
Nº de personas que lo recolectan	0.6428	-0.7297
Nº de personas que lo toleran	0.7375	-0.5918
Nº de personas que lo promueven	0.8570	-0.4298
Nº de personas que lo protegen	0.8443	-0.4429
Nº de personas que lo trasplantan por hijuelos	0.9615	0.1289
Nº de personas que lo trasplantan (individuos completos)	0.6782	-0.2882
Nº de personas que lo cultivan por hijuelos	0.6057	0.2230
Nº de personas que lo siembran por semilla	0.8106	-0.1412
Nº de labores de mantenimiento que recibe	0.8546	0.4332
Nº de herramientas empleadas para su manejo	0.7868	0.5645
Nº de herramientas usadas para la obtención del mezcal	0.5233	0.3757
Nº de criterios de selección	0.8250	0.4166
Nº de medidas para normar el acceso al recurso	-0.5808	-0.4706
Proximidad de menos 100 m al sitio de colecta	-0.4141	-0.3663
Proximidad hasta 1 km al sitio de colecta	-0.0930	0.6637
Proximidad de menos de 5 km al sitio de colecta	0.7835	-0.5084
Proximidad de más de 5 km al sitio de colecta	0.8443	-0.4429
Tiempo invertido (Minutos)	0.7568	-0.1500
Tiempo invertido (Horas)	0.6704	0.1543
Tiempo invertido (Días)	0.8317	-0.3526
Nº de unidades de manejo en que se encuentra	0.7930	0.2175
Presencia en zonas silvestres	0.0578	-0.8345
Presencia en agroecosistemas	0.7129	0.6206
Presencia en huertos	0.7129	0.6206

Agave karwinskii es un recurso regional muy importante en lo ecológico, económico y cultural, aunque la demanda actual lo ha llevado a posicionarse a nivel nacional como una especie intensamente manejada. La diversidad de usos de los distintos etnotaxonones ha generado una compleja nomenclatura que indica distintas motivaciones para manejarlas y mantenerlas en diversos entornos, desde los silvestres hasta los transformados por los humanos. Además, refleja una compleja y dinámica historia de desarrollo sociocultural que ha posicionado a determinados productos culturales como claves en lo económico. Entre estos resalta la producción de mezcal con esta especie, el

cual es muy apreciado por los consumidores de esta bebida y su demanda aumenta día con día.

La demanda del etnotaxon *Madrecuishe* en particular se relaciona con las peculiaridades organolépticas de su mezcal, lo que en la actualidad conlleva a la intensificación en el manejo por medio del cultivo, cuyas consecuencias aún están por documentarse. Entre los efectos positivos de la intensificación están el mantener la disponibilidad de agaves, los medios de vida local, arraigando a las personas en sus lugares y creando fuentes de empleo local, además de aprovechar importantes porciones de tierra para incrementar su abundancia. Entre los efectos negativos destaca una

tendencia creciente al monocultivo, el uso de agroquímicos y la uniformidad de los procesos de extracción, procesamiento y destilado, los cuales van en contra de la diversidad biocultural.

Se advierten fuertes procesos selectivos en *Agave karwinskii*, los cuales han generado procesos de domesticación incipiente, sobre todo en aquellos etnotaxones que son manejados de forma más intensa. En específico, para la producción del mezcal se seleccionan individuos cuyos tamaños de roseta son más grandes, a fin de obtener mayores rendimientos. Aunque se tienen fuertes indicios de estos procesos, sobre todo con estudios que analizan la diferenciación morfológica, es necesario hacer estudios a nivel genético a fin de corroborar estas hipótesis.

Además, se requiere una evaluación detallada de la disponibilidad espacial de individuos de esta especie en su área de distribución, ya que al parecer la demanda de tallos para la producción de mezcal en la región está excediendo la capacidad de regeneración natural. Esto permitiría delimitar áreas de conservación, reforestación y ordenamiento de la extracción de materia prima con miras a la sustentabilidad de la actividad mezcalera. Al mismo tiempo, es importante indagar el efecto del manejo humano en la producción de flores, frutos y semillas, así como en las diferencias en la tasa de germinación cuando se comparan etnotaxa sujetos a distintas intensidades de manejo. Lo anterior constituye una estrategia de investigación, con miras a proponer en un futuro estrategias de manejo sostenible para esta especie.

La documentación de los conocimientos y formas de manejo tradicional en *A. karwinskii* resultan cruciales, a fin de mantener y conservar la biodiversidad local, pero también los medios de vida de las comunidades locales.

Agradecimientos

A las comunidades en donde se realizó el presente estudio, por la confianza para compartir sus conocimientos. Al Doctorado en Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para poder llevar a cabo esta investigación. A la Red Temática Productos Forestales No Maderables: aportes desde la etnobiología para su aprovechamiento sostenible (Proyectos CONACYT 271837, 280901), por el financiamiento para realizar el trabajo de campo.

Literatura citada

Arellanes Y, Casas A, Arellanes A, Vega E, Blancas J, Vallejo M, Torres I, Rangel-Landa S, Moreno A, Solís L, Pérez-Negrón E. 2013. Influence of traditional markets on plant management in the Tehuacan Valley. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9. DOI: <http://doi.org/10.1186/1746-4269-9-38>.

Arjona-García C. 2018. *Urbanización como proceso de cambio en el uso de plantas medicinales en tres comunidades de la Sierra de Huautla en el estado de Morelos*. MSc. Thesis, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Arnaiz-Schmitz C, Herrero-Jáuregui C, Schmitz MF. 2018. Losing a heritage hedgerow landscape. Biocultural diversity conservation in a changing social-ecological Mediterranean system. *Science of the Total Environment* 637-638: 374-384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.413>

Beaucage P. 2012. *Cuerpo, cosmos y medio ambiente entre los nahuas de la Sierra Norte de Puebla*. México, DF: Plaza y Valdés. ISBN: 978-607-402-533-0

Beltrán-Rodríguez L, Manzo-Ramos F, Maldonado-Almanza B, Martínez-Ballesté A, Blancas J. 2017. Wild medicinal species traded in the Balsas Basin, Mexico: risk analysis and recommendations for their conservation. *Journal of Ethnobiology* 37: 743-764. DOI: <http://doi.org/10.2993/0278-0771-37.4.743>

Berkes F. 1999. *Sacred Ecology*. Philadelphia: Taylor & Francis. ISBN: 1-56032-695-6

Berkes F, Folke C. 1998. *Linking Social and Ecological Systems. Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 978-0521785624

Berlin B. 1992. *Ethnobiological Classification: Principles of Categorization of Plants and Animals in Traditional Societies*. New Jersey: Princeton University Press. ISBN: 978-1-4008-6259-7

Bernard R. 2011. *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. Maryland: Altamira Press. ISBN: 978-0-7591-1241-4

Blancas J, Casas A, Moreno-Calles AI, Caballero J. 2016. Cultural motives of plants management and domestication. In: Lira R, Casas A, Blancas J. *Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. New York: Springer, pp. 233-256. ISBN: 978-1-4614-6668-0

Blancas J, Casas A, Pérez-Salicerup D, Caballero J, Vega E. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9. DOI: <http://doi.org/10.1186/1746-4269-9-39>

Blancas J, Casas A, Rangel-Landa S, Moreno-Calles A, Torres I, Pérez-Negrón E, Solís L, Delgado-Lemus A, Parra F, Arellanes Y, Caballero J, Cortés L, Lira R, Dávila P. 2010. Plant Management in the Tehuacan-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 64:

- 287-302. DOI: <http://doi.org/10.1007/s12231-010-9133-0>
- Boege E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas.* México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia - Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. ISBN: 978-968-03-0385-4
- Brush SB. 1993. Indigenous knowledge of biological resources and intellectual property rights: the role of anthropology. *American Anthropologist* **95**: 653-671. DOI: <http://doi.org/10.1525/aa.1993.95.3.02a00060>
- Bye RA. 1993. The role of humans in the diversification of plants in Mexico. In: Ramamoorthy P, Bye R, Lot A. *Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution.* New York: Oxford University Press Inc. pp. 707-731. ISBN: 978-0195066746
- Carrillo-Galván MG. 2011. *Domesticación de agaves productores de fibra en el centro-occidente de México: una aproximación etnobotánica y morfológica.* MSc. Thesis, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán AC.
- Casas A, Caballero J, Mapes C, Zárate S. 1997a. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Botanical Sciences* **61**: 31-47. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.1537>
- Casas A, Pickersgill B, Caballero J, Valiente-Banuet A. 1997b. Ethnobotany and domestication in Xoconochtl *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. *Economic Botany* **51**: 279-292. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862097>
- Casas A, Torres-Guevara J, Parra F. eds. 2016. *Domesticación en el continente americano. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo.* Volumen 1. Lima: Universidad Nacional Autónoma de México - Universidad Agraria La Molina. ISBN: 978-612-4147-59-3
- Colunga-GarcíaMarín P, Carrillo-Galván G, Zizumbo-Villarreal D, Vargas-Ponce O. 2011. *Agaves ixtileros del sur de Jalisco.* Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC. ISBN: 978-607-7823-09-4
- Colunga-GarcíaMarín P, Coello-Coello J, Espejo-Peniche L, Fuente-Moreno L. 1993. Agave studies in Yucatan, Mexico. II. Nutritional value of the inflorescence peduncle and incipient domestication. *Economic Botany* **47**: 328-334. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862302>
- Colunga-GarcíaMarín P, Estrada-Loera E, May-Pat F. 1996. Patterns of morphological variation, diversity, and domestication of wild and cultivated populations of Agave in Yucatan, Mexico. *American Journal of Botany* **83**: 1069-1082. DOI: <http://doi.org/10.2307/2445997>
- Colunga-GarcíaMarín P, May-Pat F. 1993. Agave studies in Yucatan, Mexico. I. Past and present germplasm diversity and uses. *Economic Botany* **47**: 312-327. DOI: <http://doi.org/10.1007/BF02862301>
- Colunga-GarcíaMarín P, May-Pat F. 1997. Morphological variation of henequen (*Agave fourcroydes*, Agavaceae) germplasm and its wild ancestor (*A. angustifolia*) under uniform growth conditions: diversity and domestication. *American Journal of Botany* **84**: 1449-1465. DOI: <https://doi.org/10.2307/2446608>
- Colunga-GarcíaMarín P, Torres-García I, Casas A, Figueredo-Urbina CJ, Rangel-Landa S, Delgado-Lemus A, Vargas O, Cabrera-Toledo D, Aguirre-Dugua, Eguiarte L, Zizumbo-Villarreal D, Carrillo-Galván G. 2017. Los agaves y las prácticas mesoamericanas de aprovechamiento, manejo y domesticación. In: Casas A, Torres-Guevara J, Parra F. eds. *Domesticación en el Continente Americano. Manejo de Biodiversidad y Evolución Dirigida por las Culturas del Nuevo Mundo.* Volumen 2. pp. 273-308. Morelia: Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Nacional Agraria de La Molina,
- Colunga-GarcíaMarín P, Zizumbo-Villarreal D. 2006. Tequila and other Agave spirits from west-central Mexico: current germplasm diversity, conservation and origin. *Biodiversity and Conservation* **16**: 1653-1667. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10531-006-9031-z>
- Colunga-GarcíaMarín P, Zizumbo-Villarreal D. 2007. El tequila y otros mezcales del centro-occidente de México: domesticación, diversidad y conservación de germoplasma. In: Colunga-GarcíaMarín P, Larqué A, Eguiarte L, Zizumbo-Villarreal D. eds. *En lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y Otros Agaves.* Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Nacional de Ecología, pp. 113-131.
- CONEVAL [Consejo Nacional de Evaluacion de la Política de Desarrollo Social]. 2017. *Medición de pobreza. Indicadores de carencia social.* <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medicion/Indicadores-de-carencia-social.aspx> (accessed July 18, 2019).
- Delgado-Lemus A, Torres I, Blancas J, Casas A. 2014. Vulnerability and risk management of Agave species in the Tehuacán Valley, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **10**. DOI: <http://doi.org/10.1186/1746-4269-10-53>
- Drew JA, Henne AP. 2006. Conservation biology and traditional ecological knowledge: Integrating academic disciplines for better conservation practice. *Ecology and*

- Society 11. DOI: <http://doi.org/10.5751/ES-01959-110234>
- Escobar-Guzmán RE. 2009. *Estudio de la biología reproductiva y análisis molecular de la reproducción sexual y asexual de Agave tequilana* Weber var. azul. PhD Thesis. Instituto Politécnico Nacional.
- Félix-Valdez LI, Vargas-Ponce O, Cabrera-Toledo D, Casas A, Cibrán-Jaramillo A, Cruz-Larios L. 2016. Effects of traditional management for mescal production on the diversity and genetic structure of *Agave potatorum* (Asparagaceae) in central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 1255-1271. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10722-015-0315-6>
- Figueroedo CJ, Casas A, Colunga-GarcíaMarín P, Nassar JM, González-Rodríguez A. 2014. Morphological variation, management and domestication of 'maguey alto' (*Agave inaequidens*) and "maguey manso" (*A. hookeri*) in Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10. DOI: <http://doi.org/10.1186/1746-4269-10-66>
- Figueroedo-Urbina CJ, Casas A, Torres-García I. 2017. Morphological and genetic divergence between *Agave inaequidens*, *A. cupreata* and the domesticated *A. hookeri*. Analysis of their evolutionary relationships. *PloS One* 12. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0187260>
- García-Frapolli E, Toledo VM, Martínez-Alier J. 2008. Adaptations of a Yucatec Maya Multiple-Use Ecological Management Strategy to Ecotourism. *Ecology and Society* 13. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-02627-130231>
- García-Mendoza A, Galván VR. 1995. Richness of the Agavaceae and Nolinaceae in Mexico. *Botanical Sciences* 56: 7-24. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.1461>
- García-Mendoza AJ, Franco-Martínez IS, Sandoval-Gutiérrez D. 2019. Cuatro especies nuevas de *Agave* (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>
- Gil-Vega K, González-Chavira M, Martínez-de la Vega O, Simpson J, Vandemark G. 2011. Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. *azul* using RAPD markers. *Euphytica* 119: 335-341. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1017553107303>
- Gobierno del Estado de Oaxaca. 2015. *Planes de Desarrollo Municipal*. Secretaría de Finanzas. <https://www.finanzasoftware.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/235.pdf> (accessed July 18, 2019).
- González-Insuasti MS, Caballero J. 2007. Managing Plant Resources: How Intensive Can it be? *Human Ecology* 35: 303-314. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10745-006-9063-8>
- Gunderson LH, Holling CS. (Ed.) 2002. Washington DC. Island Press. ISBN: 1559638575
- Hersch-Martínez P. 1995. Commercialization of wild medicinal plants from Southwest Puebla, Mexico. *Economic Botany* 49: 197-206. DOI: <http://doi.org/10.1007/BF02862925>
- Hersch-Martínez P. 1997. Medicinal plants and regional traders in Mexico: Physiographic differences and conservational challenge. *Economic Botany* 51: 107-120. DOI: <http://doi.org/10.1007/BF02893100>
- Hildebrand EA. 2003. Motives and opportunities for domestication: An ethnoarchaeological study in southwest Ethiopia. *Journal of Anthropological Archaeology*, 22: 358-375. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0278-4165\(03\)00031-X](http://doi.org/10.1016/S0278-4165(03)00031-X)
- Huerta J. 2018. *Variación morfológica y áreas potenciales de poblaciones del complejo Agave angustifolia en el estado de Guerrero*. MSc. Thesis, Universidad Autónoma del Estado de Guerrero.
- Hunn E. 1982. The utilitarian factor in folk biological classification. *American Anthropologist* 84: 830-847. DOI: <http://doi.org/10.1525/aa.1982.84.4.02a00070>
- INPI [Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas]. 2017. *Indicadores Socioeconómicos de los Pueblos Indígenas de México*, 2015. <https://www.gob.mx/inpi/articulos/indicadores-socioeconomicos-de-los-pueblos-indigenas-de-mexico-2015-116128> (accessed July 18, 2019).
- Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall JM, Jaeger CC, Lowe I, McCarthy J, Schellnhuber H, Bolin B, Dickson N, Faucheur S, Gallopin G, Grubler A, Huntley B, Jäger J, Jodha N, Kasperek R, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore III B, O'Riordan T, Svedin U. 2001. Environment and development: Sustainability science. *Science* 292: 641-642. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1059386>
- Lima-da Silva T, de Almeida-Campos J, Chaves-Alves Â, Albuquerque U. 2019. Market integration does not affect traditional ecological knowledge but contributes additional pressure on plant resources. *Acta Botanica Brasilica* 33: 1-9. DOI: http://doi.org/10.1590/0102-3306_2018abb0310
- León-Vázquez NI, Campos-Ángeles GV, Enríquez-del Valle JR, Velasco-Velasco VA, Marini-Zúñiga F, Rodríguez-Ortiz G. 2013. Diversidad de especies de agave en San Miguel Tilquiapam, Ocotlán, Oaxaca. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 6: 1185-1195.
- Martin GJ. 2004. *Ethnobotany: a methods manual*. New York: Taylor & Francis. ISBN: 978-1-84407-084-8
- Martínez-Ballesté A, Martorell C, Caballero J. 2006. Cultural or ecological sustainability? The effect of cultural change on Sabal palm management among the lowland Maya of Mexico. *Ecology and Society* 11. DOI: <http://doi.org/10.5751/ES-01803-110227>

- Martínez-Salvador M, Mata-González R, Morales C, Valdez-Cepeda R. 2012. *Agave salmiana* plant communities in central Mexico as affected by commercial use. *Environmental Management*, **49**: 55-63. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00267-011-9759-4>
- Menzies CR. ed. 2006. *Traditional ecological knowledge and natural resource management*. Lincoln: University of Nebraska Press. ISBN: 978-0-8032-8319-0
- Mora-López JL, Reyes-Agüero JA, Flores-Flores JL, Peña-Valdivia CB, Aguirre-Rivera JR. 2011. Variación morfológica y humanización de la sección Salmiana del género *Agave*. *Agrociencia* **45**: 465-477.
- Moreno-Calles AI, Casas A, Toledo VM, Vallejo-Ramos M. (coords.). 2016. *Etnoagroforestería en México*. Morelia: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-8164-8
- Palma-Cruz FJ. 1999. *Fibras duras de Ixte (Agave): especies productoras y formas de utilización en el estado de Oaxaca*. BSc. Thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Palomino G, Martínez J, Méndez I. 2008. Karyotype studies in cultivars of *Agave tequilana* Weber. *Caryologia* **61**: 144-153. DOI: <http://doi.org/10.1080/00087114.2008.10589622>
- Palomino G, Martínez J, Romero P, Barba-González R, Rodríguez-Garay B. 2017. Nuclear genome size and karyotype analysis of *Agave angustifolia* Haw. "Cimarron" and 'Lineño' (Asparagales, Asparagaceae). *Caryologia* **70**: 93-101. DOI: <http://doi.org/10.1080/00087114.2017.1279931>
- Rangel-Landa S, Casas A, García-Frapolli E, Lira R. 2017. Sociocultural and ecological factors influencing management of edible and non-edible plants: the case of Ixcatlán, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **13**. DOI: <http://doi.org/10.1186/s13002-017-0185-4>
- Rivera-Lugo M, García-Mendoza A, Simpson J, Solano E, Gil-Vega K. 2018. Taxonomic implications of the morphological and genetic variation of cultivated and domesticated populations of the *Agave angustifolia* complex (Agavoideae, Asparagaceae) in Oaxaca, Mexico. *Plant Systematics and Evolution* **304**: 969-979. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00606-018-1525-0>
- Robert ML, Lim Y, Hanson L, Sánchez-Teyer F, Bennett M, Leitch A, Leitch I. 2008. Wild and agronomically important *Agave* species (Asparagaceae) show proportional increases in chromosome number, genome size, and genetic markers with increasing ploidy. *Botanical Journal of the Linnean Society* **158**: 215-222. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2008.00831.x>
- Rohlf FJ. 2000. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, V.2.2. Setauket, New York: Exeter Software.
- Saynes-Vásquez A, Caballero J, Meave JA, Chiang F. 2013. Cultural change and loss of ethnoecological knowledge among the Isthmus Zapotecs of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9**. DOI: <http://doi.org/10.1186/1746-4269-9-40>
- Saynes-Vásquez A, Vergara-Silva F, Caballero J. 2016. An interdisciplinary perspective on the loss of Traditional Ecological Knowledge (TEK) in the Tehuantepec Isthmus, Oaxaca. In: Lira R, Casas A, Blancas J. *Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. pp. 457-473. New York: Springer , DOI: http://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_19
- SEDESOL [Secretaría de Desarrollo Social]. 2010. *Unidad de microregiones. Cédulas de Información Municipal (SCIM)*. Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/default.aspx?entra=nacion> (accessed July 18, 2019).
- Shackleton CM, Pandey AK, Ticktin T. 2015. *Ecological sustainability for non-timber forest products*. New York: Routledge. ISBN: 978-0-415-72859-1
- Soltis DE, Albert VA, Leebens-Mack J, Bell CD, Paterson AH, Zheng C, Sankoff D, dePamphilis C, Wall K, Soltis P. 2009. Polyploidy and angiosperm diversification. *American Journal of Botany* **96**: 336-348. DOI: <http://doi.org/10.3732/ajb.0800079>
- Tamayo-Ordóñez MC, Rodriguez-Zapata LC, Narváez-Zapata JA, Tamayo-Ordóñez YJ, Ayil-Gutiérrez BA, Barredo-Pool F, Sánchez-Teyer LF. 2016. Morphological features of different polyploids for adaptation and molecular characterization of CC-NBS-LRR and LEA gene families in *Agave* L. *Journal of Plant Physiology* **195**: 80-94. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.03.009>
- Tang R, Gavin MC. 2016. A classification of threats to traditional ecological knowledge and conservation responses. *Conservation and Society* **14**: 57-70. DOI: <http://doi.org/10.4103/0972-4923.182799>
- Toledo VM, Barrera-Bassols N. 1984. *Ecología y desarrollo rural en Pátzcuaro: un modelo para el análisis interdisciplinario de comunidades campesinas*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Toledo VM, Barrera-Bassols N. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona: Junta de Andalucía/Icaria Editorial. ISBN: 978-84-9888-001-4
- Torres I, Blancas J, León A, Casas A. 2015a. TEK, local perceptions of risk, and diversity of management practices of *Agave inaequidens* in Michoacán, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **11**. DOI: <http://doi.org/10.1186/s13002-015-0043-1>

- Torres I, Casas A, Delgado-Lemus A, Rangel-Landa S. 2013. Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas* **15**: 92-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/za.v15i1.110>
- Torres I, Casas A, Delgado-Lemus A, Rangel-Landa S. 2016. Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas* **15**: 92-109. DOI: <http://doi.org/10.21704/za.v15i1.110>
- Torres I, Casas A, Vega E, Martínez-Ramos M, Delgado-Lemus A. 2015b. Population Dynamics and Sustainable Management of Mescal Agaves in Central Mexico: *Agave potatorum* in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* **69**: 26-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9295-2>
- Torres-García I, Rendón-Sandoval FJ, Blancas J, Casas A, Moreno-Calles AI. 2019. The genus *Agave* in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences*, **97**: 263-290. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Valenzuela-Zapata AG. 1995. La agroindustria del agave tequilero *Agave tequilana* Weber. *Botanical Sciences* **55**: 15-11. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.1473>
- Vargas-Ponce O, Zizumbo-Villarreal D, Colunga-GarcíaMarín P. 2007. *In situ* diversity and maintenance of traditional *Agave* landraces used in spirits production in West-Central Mexico. *Economic Botany* **61**: 362-375. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2007\)61\[362:ISDAMO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2007)61[362:ISDAMO]2.0.CO;2)
- Vargas-Ponce O, Zizumbo-Villarreal D, Martínez-Castillo J, Coello-Coello J, Colunga-GarcíaMarín P. 2009. Diversity and structure of landraces of *Agave* grown for spirits under traditional agriculture: A comparison with wild populations of *A. angustifolia* (Agavaceae) and commercial plantations of *A. tequilana*. *American Journal of Botany* **96**: 448-457. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.0800176>
- Vázquez-Pérez N. 2015. *Variación morfológica y genética de Agave karwinskii (Agavaceae) en los estados de Oaxaca y Puebla*. 81 pp. MSc. Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zizumbo-Villarreal D, Vargas-Ponce O, Rosales-Adame JJ, Colunga-GarcíaMarín P. 2012. Sustainability of the traditional management of *Agave* genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* **60**: 33-47. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10722-012-9812-z>

Editor de sección: Andrea Martínez Ballesté

Contribución de los autores: NVP diseñó la entrevista, obtuvo los datos en campo y revisó el manuscrito. JB analizó los datos y escribió el manuscrito. ITG analizó los datos y revisó el manuscrito. AGM analizó los datos y revisó el manuscrito. AC escribió y revisó el manuscrito. AIMC revisó el manuscrito. BMA revisó el manuscrito. BRA revisó el manuscrito.

Conocimiento y manejo tradicional de *Agave karwinskii*

Apéndice 1. Información ambiental de las localidades estudiadas.

Estado	Localidad	Descripción ambiental y climática
Puebla	Zapotitlán de las Salinas	Altitud: 1,547 m snm. Temperatura media anual: 14 - 26 °C Intervalo de precipitación: 400 - 700 mm Clima: Seco; BSow(w) y semicálido con lluvias en verano BS(w)(h') Tipo de vegetación: Matorral xerófilo y Bosque de cactáceas columnares
Oaxaca	Santa Catarina	Altitud: 1,560 m snm.
Distrito:	Minas	Temperatura media anual: 16 - 22 °C
Ocotlán		Intervalo de precipitación: 600 - 800 mm Clima: semicálido subhúmedo con lluvias en verano BS,(w)h'(h) Tipo de vegetación: en las partes altas remanentes de bosque de encino, bosque de pino y bosque tropical caducifolio. En las partes bajas matorral xerófilo, bosque ripario y vegetación secundaria
Oaxaca	San Agustín	Altitud: 1,361 m snm.
Distrito:	Amatengo	Temperatura media anual: 18 - 22 °C
Ejutla		Intervalo de precipitación: 600 - 1 000 mm Clima: Semiseco BSo(w)h'(h) y semicálido con lluvias en verano BS,(w)h'(h) Tipo de vegetación: bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, bosque ripario y vegetación secundaria
Oaxaca	San Luis	Altitud: 1,525 m snm.
Distrito:	Amatlán	Temperatura media anual: 16 - 24 °C
Miahuatlán		Intervalo de precipitación: 400 - 700 mm Clima: Semiseco BSo(w)h'(h) y semicálido con lluvias en verano BS,(w)h'(h) Tipo de vegetación: matorral xerófilo, matorral espinoso y vegetación secundaria
	Sitio de Xitlapehua	Altitud: 1,570 m snm. Temperatura media anual: 18 - 22 °C Intervalo de precipitación: 500 - 600 mm Clima: Seco BS _o w(h'), Semiseco BSo(w)h'(h) y semicálido con lluvias en verano BS,(w)h'(h) Tipo de vegetación: matorral xerófilo, matorral espinoso y vegetación secundaria
Oaxaca	San Pedro	Altitud: 940 m snm.
Distrito:	Totolapa	Temperatura media anual: 16 - 26 °C
Tlacolula		Intervalo de precipitación: 400 - 700 mm Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano BS,(w)h' Tipo de vegetación: bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo

Apéndice 2. Información socioeconómica de las localidades estudiadas (E-SE = entrevista semiestructurada; E-A= entrevista abierta).

Localidad / Grado de marginación*	Nº total de habitantes / mujeres, hombres**	Grupos Étnicos / porcentaje hablantes de lengua indígena***	Actividades económicas ****	Tipo de tenencia de la tierra ****	Nº entrevistados / tipo de entrevista
Zapotitlán de las Salinas / Alto	2,700 / 1433, 1204	Popoloca y Mestizo / 22%	Agricultura de temporal y ecoturismo	Ejidal y comunal	5 hombres 2 mujeres (E-SE) 2 hombres 2 mujeres (E-A)
Santa Catarina Minas / Medio	1,816 / 927, 889	Zapoteco / 2.3%	Agricultura de temporal, producción de mezcal y servicios	Comunal y pequeña propiedad	3 hombres 5 mujeres (E-SE) 3 hombres 4 mujeres (E-A)
San Agustín Amatengo / Alto	1,455 / 745, 614	Zapoteco / 0.5%	Agricultura de temporal, producción de mezcal y artesanías de palma	Ejidal y pequeña propiedad	2 hombres 3 mujeres (E-SE) 3 hombres 3 mujeres (E-A)
San Luis Amatlán / Alto	3,624 / 1967, 1657	Zapoteco / 1.5%	Agricultura de temporal, producción de mezcal y extracción de leña	Ejidal, comunal y pequeña propiedad	8 hombres 8 mujeres (E-SE) 12 hombres 12 mujeres (E-A)
Sitio de Xitlaephua / Alto	705 / 366, 339	Zapoteco / 5.8%	Agricultura de temporal, producción de mezcal y ganadería extensiva	Pequeña propiedad	1 mujer (E-A)
San Pedro Totolapa / Medio	2,603 / 1376, 1227	Zapoteco / 12.1%	Agricultura de temporal, producción de mezcal y minería en pequeña escala (piedra, arena y grava)	Ejidal, comunal y pequeña propiedad	3 hombres 5 mujeres (E-SE) 3 hombres 5 mujeres (E-A)

Fuentes: *[CONEVAL \(2017\)](#); **[SEDESOL \(2010\)](#); ***[INPI \(2017\)](#); ****[Gobierno del Estado de Oaxaca \(2015\)](#).

Apéndice 3. Descripción de las variables de intensidad de manejo de los etnotaxones de *A. karwinskii*.

Variable	Descripción/Ponderación
Formas de propagación	Tipo de propagación practicada / asexual (1); sexual (2); ambas (3)
Nº de categorías de manejo	Número de categorías de manejo identificadas, se consideran tanto <i>in situ</i> como <i>ex situ</i> .
Nº de usos	Número total de usos.
Nº personas que lo recolectan	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo toleran	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo promueven	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo protegen	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo trasplantan por hijuelos	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo trasplantan individuos completos	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo cultivan por hijuelos	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº personas que lo siembran por semilla	Número de personas que realizan esta práctica sobre el universo de 43 entrevistados.
Nº de labores de mantenimiento	Número de labores, como deshierbe, deshije, arrime de tierra, abonado, eliminación de plagas, construcción de surcos para absorción de agua, ablandamiento del suelo, remoción de hojas secas y encalado.
Nº de herramientas	Número de herramientas usadas en las labores de mantenimiento.
Nº de herramientas obtención mezcal	Número de herramientas usadas específicamente para la obtención del mezcal.
Nº de criterios de selección	Selección por color, aspecto, vigor, grosor del tallo, hojas fibrosas, hojas con mayor presencia de espinas, floración prematura, etc.
Nº de medidas para normar el acceso al recurso	Normatividad interna para acceder al recurso / no existe (0); existe, pero no se aplica (1); existe y se aplica (2)
Proximidad de menos 100 m al sitio de colecta	Número de entrevistados que refirió recorrer esta distancia a los sitios de colecta y manejo.
Proximidad hasta 1 km al sitio de colecta	Número de entrevistados que refirió recorrer esta distancia a los sitios de colecta y manejo.
Proximidad de menos de 5 km al sitio de colecta	Número de entrevistados que refirió recorrer esta distancia a los sitios de colecta y manejo.
Proximidad de más de 5 km al sitio de colecta	Número de entrevistados que refirió recorrer esta distancia a los sitios de colecta y manejo.
Tiempo invertido (Minutos)	Número de entrevistados que indicó invertir este tiempo en las labores de mantenimiento y obtención de la materia prima.
Tiempo invertido (Horas)	Número de entrevistados que indicó invertir este tiempo en las labores de mantenimiento y obtención de la materia prima.
Tiempo invertido (Días)	Número de entrevistados que indicó invertir este tiempo en las labores de mantenimiento y obtención de la materia prima.
Nº de unidades de manejo en que se encuentra	Número de unidades de la vegetación silvestre y sitios antropogénicos donde hay manejo y presencia de las distintas variedades.
Presencia en zonas silvestres	Número de personas que reconocen la presencia de la variedad en la vegetación silvestre.
Presencia en agroecosistemas	Número de personas que reconocen la presencia de la variedad en milpas, ya sea como linderío o plantación.
Presencia en huertos	Número de personas que reconocen la presencia de la variedad en espacios cercanos a la casa-habitación.