

Doi.

Artículo de revisión

***Agave cupreata* como materia prima en Guerrero, México: revisión sobre su manejo y aprovechamiento**

Agave cupreata as raw material in Guerrero, México: review of its management and use

Agave cupreata como materia-prima em Guerreio, Mexico: revisão de seu manejo e uso

Abelardo Analco-Hernández^{1,2}, ID. 0009-0000-4567-2212

Kelly Maribel Monja-Mio³, ID. 0000-0002-2009-5508

Ricardo Salazar⁴, ID. 0000-0002-5844-8321

María Xochitl Astudillo-Miller², ID. 0000-0002-4418-8573

Yanik Ixchel Maldonado-Astudillo^{1,2}, ID. 0000-0002-5722-9426

Javier Jiménez-Hernández^{1,2*}, ID.0000-0001-9698-2325

¹Facultad de Ciencias Químico Bilógicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas S/N. Ciudad Universitaria Sur, Col. La Haciendita, CP. 39090, Chilpancingo de los Bravos Guerrero.

² Centro de Innovación, Competitividad y Sostenibilidad. Universidad Autónoma de Guerrero. Calle pino s/n Col. El Roble CP. 39640 Acapulco de Juárez, Guerrero.

³Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 Núm. 130, Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán CP. 97200, México.

⁴SECIHTI-Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Javier Méndez Aponte Núm. 1, Fracc. Servidor Agrario, CP.39070, Chilpancingo de los Bravos, Guerrero, México.

*Autor de correspondencia: jjimenez@uagro.mx

Recibido: 2026-03-10

Revisado: 2026-26-04

Aprobado: 2026-06-03

Publicado: 2026-07-29

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar el aprovechamiento del maguey papalote (*Agave cupreata* Trel. & A. Berger) en Guerrero, México, considerando su problemática ecológica, económica y cultural, así como los desafíos asociados a su manejo sostenible. Se llevó a cabo una revisión documental en bases de datos científicas nacionales e internacionales, mediante la selección de literatura arbitrada relacionada con su fisiología, distribución, cultivo, aprovechamiento productivo y marco normativo. La evidencia consultada muestra que el incremento sostenido en la demanda de la bebida espirituosa (mezcal) ha intensificado la extracción de poblaciones silvestres, favoreciendo prácticas de monocultivo y presión sobre los ecosistemas donde se desarrolla la especie. Esta situación ha generado impactos socioambientales, la disminución de la diversidad genética en el agave, degradación de los suelos y alteraciones en las dinámicas ecológicas locales. Así mismo, se identifica limitación en la aplicación de la normativa vigente para regular su aprovechamiento como recurso forestal no maderable. Frente a este panorama, se analizan alternativas orientadas a la sostenibilidad, entre ellas el manejo forestal sustentable, la implementación de esquemas de reforestación, el fortalecimiento de la organización comunitaria y el uso de técnicas de micropropagación para la producción masiva de plantas con calidad sanitaria y potencial de conservación genética. Se concluye que la articulación entre la regulación efectiva, la innovación biotecnológica y estrategias de manejo integral resulta fundamental para garantizar la permanencia del *A. cupreata* como un recurso estratégico para el sector mezcalero en el estado de Guerrero.

Palabras clave: *Agave cupreata*, bebidas espirituosas, aprovechamiento, legislación, cultivo *in vitro*, importancia económica.

Abstract

This article aims to analyze the use of the papalote maguey (*Agave cupreata* Trel. & A. Berger) in Guerrero, Mexico, considering its ecological, economic, and cultural issues, as well as the challenges associated with its sustainable management. A literature review was conducted using national and international scientific databases, selecting peer-reviewed literature related to its physiology, distribution, cultivation, productive use, and regulatory framework. The evidence consulted shows that the sustained increase in demand for the spirit (mezcal) has intensified the extraction of wild populations, favoring monoculture practices and putting pressure on the ecosystems where the species grows. This situation has generated socio-environmental impacts, a decrease in the genetic diversity of the agave, soil degradation, and alterations in local ecological dynamics. Furthermore, limitations in the application of current regulations governing its use as a non-timber forest resource were identified. Given this situation, alternatives focused on sustainability are analyzed, including sustainable forest management, the implementation of reforestation programs, the strengthening of community organization, and the use of micropropagation techniques for the mass production of plants with sanitary quality and genetic conservation potential. It is concluded that the integration of effective regulation, biotechnological innovation, and comprehensive management strategies is fundamental to ensuring the continued existence of *Agave cupreata* as a strategic resource for the mezcal sector in the state of Guerrero.

Keywords: *Agave cupreata*, spirits, utilization, legislation, in vitro cultivation, economic importance.

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar o uso do agave-papalote (*Agave cupreata* Trel. & A. Berger) em Guerrero, México, considerando suas questões ecológicas, econômicas e culturais, bem como os desafios associados ao seu manejo sustentável. Foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando bases de dados científicas nacionais e internacionais, selecionando literatura revisada por pares relacionada à sua fisiologia, distribuição, cultivo, uso produtivo e marco regulatório. As evidências consultadas mostram que o aumento contínuo da demanda pela bebida (mezcal) intensificou a extração de populações silvestres,

favorecendo práticas de monocultura e pressionando os ecossistemas onde a espécie cresce. Essa situação gerou impactos socioambientais, diminuição da diversidade genética do agave, degradação do solo e alterações na dinâmica ecológica local. Além disso, foram identificadas limitações na aplicação das regulamentações vigentes que regem seu uso como recurso florestal não madeireiro. Diante dessa situação, são analisadas alternativas focadas na sustentabilidade, incluindo o manejo florestal sustentável, a implementação de programas de reflorestamento, o fortalecimento da organização comunitária e o uso de técnicas de micropropagação para a produção em massa de plantas com qualidade sanitária e potencial de conservação genética. Conclui-se que a integração de regulamentação eficaz, inovação biotecnológica e estratégias de manejo abrangentes é fundamental para assegurar a continuidade da *Agave cupreata* como recurso estratégico para o setor de mezcal no estado de Guerrero.

Palavras-chave: *Agave cupreata*, bebidas destiladas, utilização, legislação, cultivo in vitro, importância econômica.

I. Introducción

A partir del año 2000, la creciente demanda mundial de mezcal propició una intensificación y expansión de las áreas de extracción de agave mezcalero. Para satisfacer esta demanda, la industria recurrió a materia prima de regiones tradicionales como Oaxaca y Guerrero, lo cual alteró los procesos de elaboración y comercialización del mezcal. Los productores adoptaron técnicas de cultivo tradicionales modificadas, incrementaron el uso de agroquímicos, suprimieron los periodos de descanso del suelo y abandonaron prácticas como la rotación y la asociación con otros cultivos, transformando la actividad en un monocultivo. En diversas zonas mezcaleras, las tierras sobreexplotadas experimentaron erosión y desertificación. Estos sistemas de monocultivo técnico-intensivo generaron impactos socioambientales negativos (Olvera Vargas et al., 2022; Torres García et al., 2019).

La planta de agave es considerada como un recurso económico y cultural importante en México, es una especie de planta nativa de las regiones semiáridas y áridas del país (LeGuzmán et al., 2017). Desde tiempos prehispánicos, estas especies del género agave han sido muy importantes para los pobladores de México, considerándolas como una de las opciones productivas en el sector mezcalero (Avendaño Arrazate et al., 2015). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la sobreexplotación y destrucción del hábitat silvestre amenazan la existencia de muchas poblaciones de agave (Martín et al., 2011).

México tiene el 75 % de las especies de agave reportadas en el mundo (Flores Maya et al., 2010). En 1984, se reportaron 104 especies de agave endémicas en México, pero en el 2002 se informó de la existencia de 129 especies endémicas en el país (García Mendoza, 2007). Se han reportado 186 taxones; el 69 % son endémicos en el territorio mexicano. Gentry (1982) dividió el género en dos subgéneros: *Littaea* con 53 especies en 8 grupos, y *Agave* con 102 especies en 12 grupos. La diferencia entre los dos subgéneros es la inflorescencia; para *littaea* la inflorescencia es espigada con flores en pares, mientras que para el subgénero *agave* la inflorescencia es paniculada, es decir, las flores se encuentran en grandes agregados umbelados en pedicelos laterales (Barrios Ayala et al., 2015).

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo sistematizar y analizar la evidencia científica disponible sobre la biología, dinámica poblacional, sistema de manejo, alternativas

biotecnológicas, marco normativo e impacto económico de *Agave cupreata* en Guerrero, México, con el propósito de evaluar su sostenibilidad e identificar brechas de conocimiento.

II. Metodología

Se realizó una investigación documental con una estrategia de búsqueda en bases de datos científicas como Scopus, Web of Science, Scielo y Google scholar. Se utilizaron combinaciones booleanas en inglés y español relacionadas con *Agave cupreata*, (“*Agave cupreata*”) AND (manejo OR sustainability OR micropropagation OR mezcal OR legislation OR “non-timber forest resources”).

Se incluyeron artículos científicos arbitrados, estudios ecológicos, demográficos, productivos o biotecnológicos, investigaciones con información específica sobre *A. cupreata*, revisiones publicadas principalmente entre 2000 y 2024. Se identificaron 120 registros tras eliminar duplicados (n=18), se evaluaron 102 por título y resumen, se excluyeron 27 por irrelevancia temática, se analizaron 75 registros completos que cumplieron criterios metodológicos y alineación territorial, se seleccionaron 49 fuentes que sustentan la presente revisión.

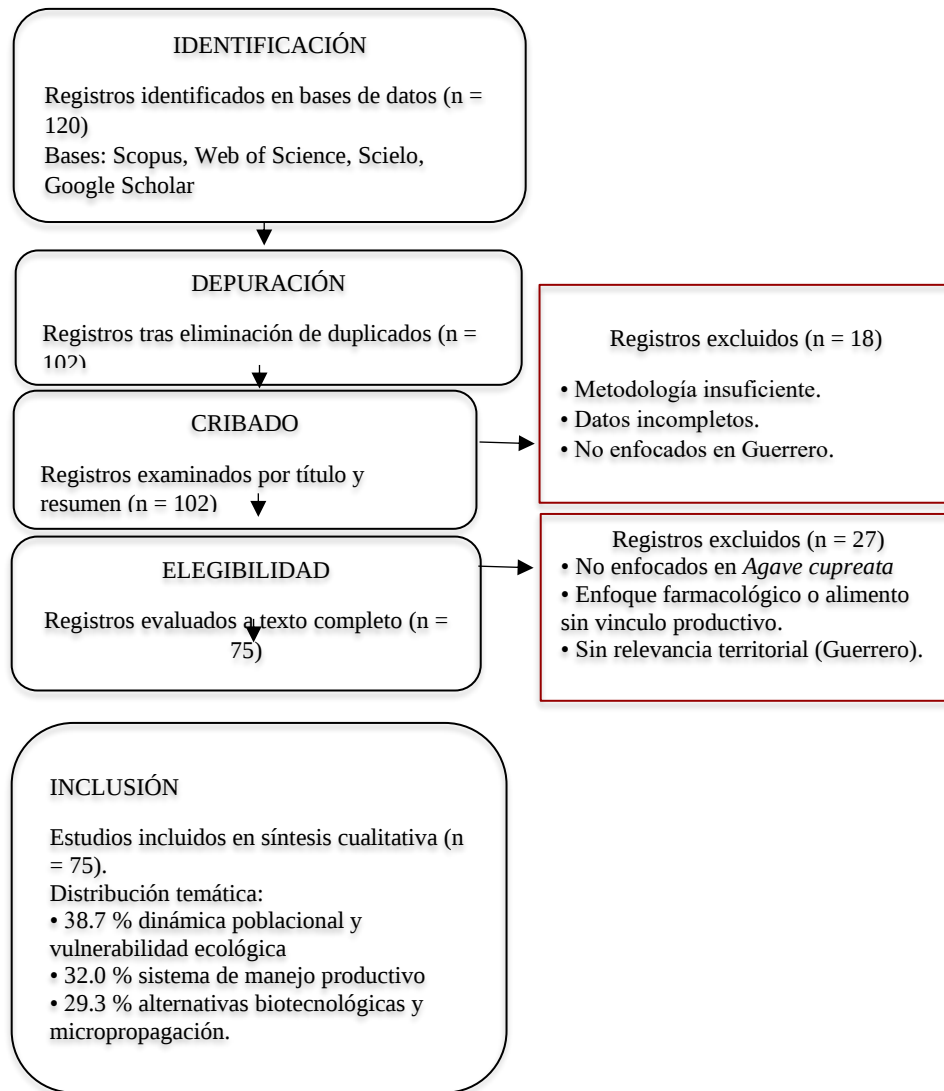


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios conforme a PRISMA 2020. Elaboración propia.

III. Características biológicas y fisiológicas del *Agave cupreata*

Agave cupreata Trel. & A. Berger es una especie monocárpica y semélpara que alcanza la madurez reproductiva entre los 7 y 15 años (Avendaño Arrazate et al., 2015). Presenta hábito en roseta, hojas lanceoladas con espinas marginales de tonalidad cobriza y una inflorescencia que puede alcanzar hasta 6 m de altura y que va montada en un escapo en forma de tallo, que permite que las flores se encuentren expuestas de manera visible sobre el escapo o quíote (Figura 2) (García Meneses, 2004; Mendoza Ramírez y Arreola Gómez, 2007) (Sáenz Romero et al., 2012).

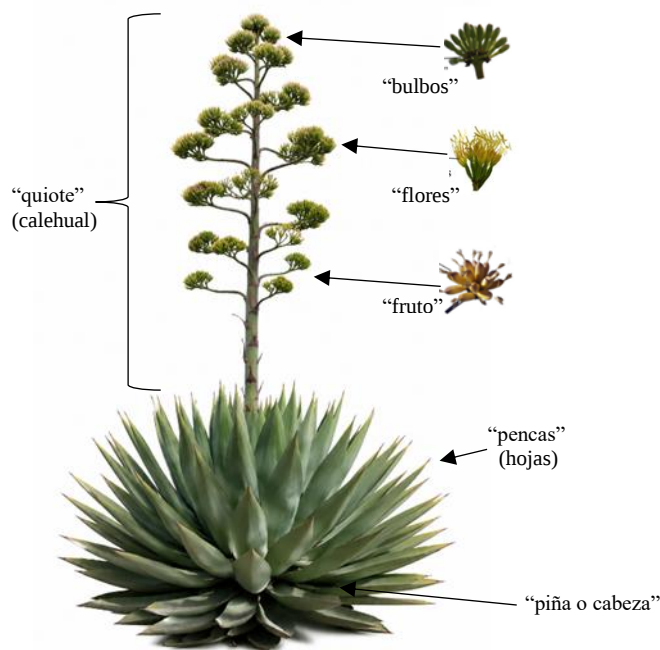


Figura 2. Partes que conforman una planta de agave.

Sus flores son de un color amarillo claro a fuerte; esto lo hace visibles para la fauna visitante (polinizadores). Entre ellos se reportan mariposas, colibríes, abejas y murciélago. En cuanto a la característica de su fruto, es de un color verde claro a intenso; posteriormente se torna amarillo claro, amarillo fuerte a rojizo. Puede presentar poca dehiscencia (separación) en el

fruto, sin embargo, algunos pueden presentar alta dehiscencia y su composición en peso va de un 60 % de cáscara, 39 % de viabilidad en la semilla y 1 % de semilla vana. La semilla tiene una característica particular va de un tono negro a negro intenso con una forma común semitriangular cuando se encuentra en un buen estado de viabilidad, y tiene forma de arco (Figura 3d) (Avendaño Arrazate et al., 2015; Eguiarte et al., 2000; García Meneses, 2004). Taxonómicamente pertenece al Reino plantae, división Manoliophyta, clase Liliales, familia Asparagaceae, subfamilia Agavoideae, género Agave, especie *A. cupreata* (Salazar et al., 2017).

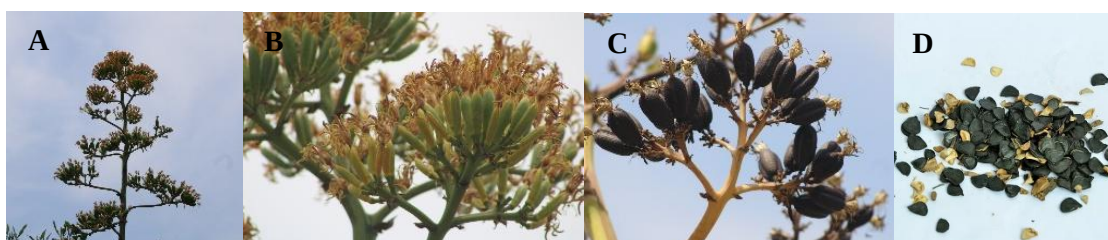


Figura 3. Características del agave a) inflorescencia, b) flores, c) fruto, d) semillas. Fuente propia.

Fisiológicamente, posee el Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM), lo que le permite alta eficiencia en el uso del agua y adaptación a climas áridos. Esta característica le permite la fijación nocturna de CO₂, reduciendo la pérdida de agua por transpiración y favoreciendo su desarrollo en condiciones de baja precipitación. Su reproducción es predominantemente sexual y depende de polinizadores como los murciélagos, colibríes e insectos. Su limitada regeneración vegetativa incrementa su vulnerabilidad ante la sobreexplotación (Bermúdez Bazán et al., 2021; Black et al., 2003) .

IV. Distribución y hábitat

Las plantas del género agave son endémicas de América y su distribución se extiende desde el sur de los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela (Chávez Parga et al., 2016). En el caso de *A. cupreata* su distribución es restringida y se localiza principalmente en la Depresión del Balsas, en altitudes entre 1 220 a 1 850 m de altura, que es una región semiárida del estado de Guerrero y Michoacán (Avendaño Arrazate et al., 2015). En Guerrero, municipios como

Chilapa de Álvarez, Heliodoro Castillo, Teloloapan y Tlapa de Comonfort concentran poblaciones naturales significativas, debido a que presentan características edafológicas y climas óptimos (altitud, tipos de suelo, clima y precipitación anual) (Figura 4). En Guerrero, se ha determinado un total de 673 084 16 ha con potencial agroecológico óptimo para llevarse a cabo establecimientos de plantaciones de *A. cupreata*, esto representa el 10.59 % del territorio estatal (Hernández Castro et al., 2024). Esta planta también ha sido reportada en otros estados como Michoacán, Morelos y Oaxaca, así mismo, la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) la ha documentado en Jalisco, Colima y Durango, pero con menos población de esta especie y solo en algunos municipios (Ramírez Guerrero et al., 2017).

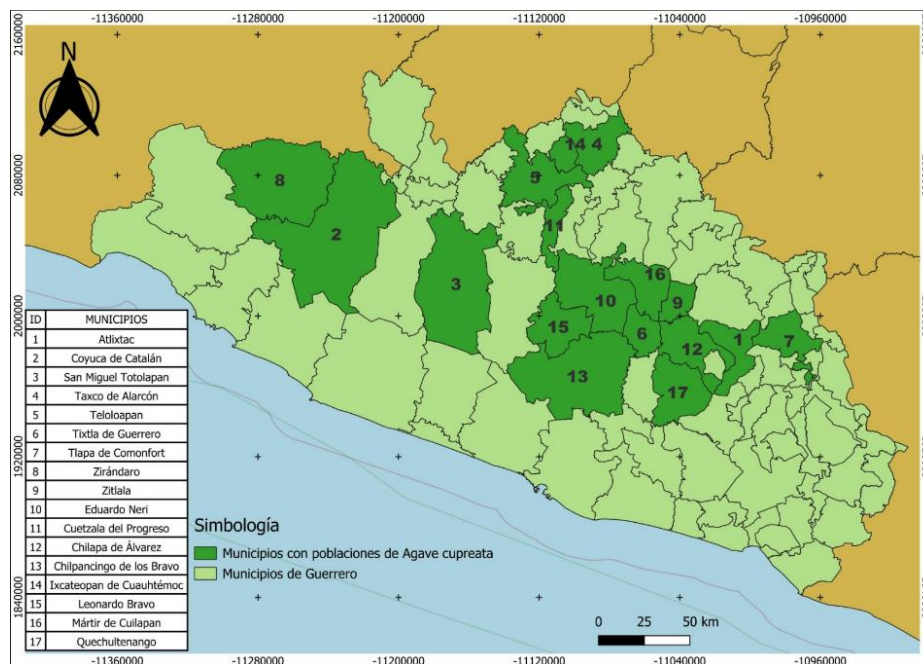


Figura 4. Distribución de poblaciones de *Agave cupreata* en el estado de Guerrero con (SIAP, 2026), fuente: propia

A. cupreata se desarrolla en laderas poco abruptas con vegetación caducifolia y suelos de origen volcánico o sedimentario adaptados a climas cálidos subúmedos y semiáridos (Martínez Palacios et al., 2011).

V. Sistemas de manejo y cultivo

El manejo de *A. cupreata* puede clasificarse en tres modalidades: silvestre, tradicional diversificado y cultivo *ex situ*. Estudios demográficos indican una tasa de crecimiento poblacional menores a uno en algunas zonas, lo que sugiere una disminución progresiva de poblaciones bajo condiciones de extracción intensiva. Esto indica un decremento de las poblaciones a un ritmo del 3 a 5 % anual, lo cual sugiere que el agave está en peligro de desaparecer en un mediano plazo si no se garantiza el reclutamiento y la supervivencia de nuevos individuos (Ilsley et al., 2007).

La cosecha tradicional identifica dos estados de madurez: “velilla” y “capón”, éste último asociado a mayor concentración de azúcares en la piña. Sin embargo, la extracción sistemática de individuos reproductivos compromete la regeneración natural (Mendoza Ramírez y Arreola Gómez, 2007).

Para el aprovechamiento y recolección del *A. cupreata* los maestros mezcaleros utilizan técnicas con base a la experiencia adquirida a través de los años y que seguirán utilizándose, estas estrategias de cultivo las emplean para la producción de mezcal, en la selección del agave identifican dos estados de madurez del *A. cupreata*:

Velilla. Es el punto donde la parte central del agave comienza a crecer un poco más larga y delgada se dispone a desarrollar un calehual (Figura 5a).

Capón. Una vez que el calehual ha alcanzado una altura aproximada de un metro, es cortado; los agaves se quedan por aproximadamente no mayor a un año en campo para concentrar los azúcares en la piña y poder ser cosechados (Figura 5b) (Ilsley Granich et al., 2018; López Serrano et al., 2021; R. Kirchmayr et al., 2014).

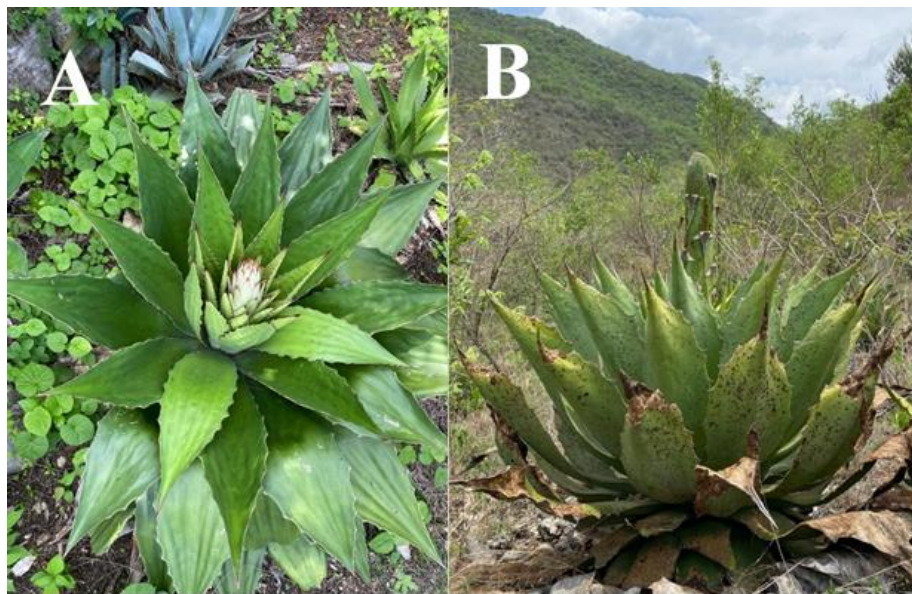


Figura 5. Puntos de madurez del *Agave cupreata*: a) velilla, b) capón. Fotografías tomadas en la comunidad de Axaxacualco Guerrero.

VI. Micropropagación y alternativas biotecnológicas

La micropropagación *in vitro* constituye una alternativa prometedora para la producción masiva de plantas libres de patógenos y con características genéticas deseables. Diversos estudios en otras especies de *Agave* han demostrado la eficacia de medios de cultivo suplementado con reguladores de crecimiento como benzilaminopurina (BAP). y auxinas para inducir brotes y enraizamiento.

Se han publicado alternativas enfocadas a la micropropagación de agave para algunas especies, así como el proceso de regeneración del explante ya sea por (hoja, embrión cigoto, tallo, raíz), el medio de cultivo y las concentraciones de los reguladores de crecimiento empleados suelen ser específicos para cada protocolo (Gutiérrez Mora et al., 2024).

Se han desarrollado protocolos para *A. tequilana* y *A. angustifolia*, sin embargo, la información específica para *A. cupreata* aún es limitada, lo que representa un área de oportunidad prioritaria de investigación. La implementación de programas de micropropagación podría reducir la presión en las plantaciones silvestres y permitir su recuperación.

Esta estrategia contribuye a la sustentabilidad y mejoramiento en la producción de agave. Su uso tiene un impacto en la producción comercial, obteniendo clonas sanas que estén libres de enfermedad para llevarse a campo (Camacho Ruiz et al., 2023).

En la Universidad autónoma de Aguascalientes, se realizó una investigación del efecto de citocininas en la propagación *in vitro* de agaves mexicanos en la regeneración de brotes a partir de meristemas entre las especies estudiadas se encontraba *A. cupreata* estas se sometieron a tratamiento con diferentes concentraciones de citocininas por lo que se encontró como resultado que para *A. cupreata* las concentraciones de 1.5 mg L de benciladenina (BA), dio en promedio 10.5 brotes por explante; y 2.0 mg L de 6- γ,γ -dimetilalilaminopurina (2iP) dio un promedio de 10.0 brotes por explantes, considerando estas fitohormonas como las mas recomendables para esta especie de agave (Domínguez Rosales et al., 2008).

Otro estudio realizado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, Acapulco, Gro, México, sobre la Influencia de la edad de la planta madre en la propagación *in vitro* de *Agave cupreata* Tlel. & A. Berger mediante organogénesis, donde se evaluó el efecto de la edad de la planta madre (6,12,18 y 24 meses), los resultados mostraron que la edad de la planta está directamente asociada con el desarrollo morfológico: es decir, las plantas de seis meses de edad contenían el menor número de hojas, en la inducción a *in vitro* mostro que la contaminación fue mayor en los explantes de 24 meses. sin embargo, se observaron niveles de productividad muy bajos (≤ 10 brotes), bajos (11–30), medios (31–50), altos (51–80) y muy altos (>80) independientemente de la edad durante la etapa de inducción (Monja Mio et al., 2026). Sin embargo, a un hace falta seguir explorando sobre la propagación *in vitro* de *Agave cupreata* y su aclimatación.

Por otro lado se ha trabajo con otras especies de agave en el Centro de Investigación Científica de Yucatán se trabajó la embriogénesis somática directa de *Agave fourcroydes* Lem. Mediante cultivo en capas finas de células, utilizando tejidos de la base de la hoja y tallo del agave, empleando tratamientos con auxinas como 2,4-D, Dicamba y Picloram. Encontrando que los tejidos del tallo presentaron mayor respuesta embriogénica que las bases de las hojas de igual manera, el tratamiento más eficaz fue Dicamba (2.26 μM) seguido de Picloram (2.07 μM), denotando también que utilizando concentraciones más altas la inducción de embriones disminuye (Monja Mio y Robert, 2013).

Actualmente, existen algunos procedimientos de micropropagación y aclimatación de agaves, como el *Agave inaequidens* Koch (Aureoles Rodríguez et al., 2008), *Agave fourcroydes* Lem (Garriga Caraballo et al., 2010), *Agave tequilana* Weber (Angeles Espino et al., 2012; Portillo et al., 2007), *Agave americana* var. *oaxacensis* (Miguel Luna et al., 2018) y *Agave Angustifolia* Haw (Monja Mio et al., 2015; Ríos Ramírez et al., 2017).

VII. Importancia económica

El *A. cupreata* es la principal materia prima para la elaboración de mezcal en el estado de Guerrero, ya que, aunque existen otras especies (*A. angustifolia*, *A. sacatoro*, *A. rhodacantha*), su uso es menor de dichas especies. El sector involucra cientos de productores y representa una actividad económica estratégica en las regiones Centro, sierra y Montaña del estado.

El crecimiento del mercado ha impulsado la generación de empleo rural en la producción de mezcal; no obstante, también ha intensificado la extracción de plantas silvestres, lo que es una causa de la disminución de las poblaciones de la especie (Eguiarte et al., 2000; Illsley Granich et al., 2018).

Además de la producción de mezcal, la especie posee potencial para la producción de jarabes (Stewart, 2015) y compuestos prebióticos derivados de fructanos, que contemplan cinco grupos: inulina, inulina neoseries, levanos, levanos neoseries y fructanos mixtos; ampliando su valor agregado (Álvarez Dolores et al., 2023; Waleckx et al., 2008).

Para el 2019, el Estado de Guerrero ocupaba el segundo lugar en producción de agave, con 33 000 toneladas. Lo cual generó ganancias superiores a los 7.8 millones de dólares, por lo que se le ha considerado uno de los principales estados productores de mezcal desde hace diez años, aprovechando como materia prima al *A. cupreata*, también conocido como Papalote, que predomina en la región como planta silvestre (Olvera Vargas et al., 2022). En el 2020 la producción de mezcal en el Estado de Guerrero dejaba un valor de 191.0 millones de pesos (Plan Estatal de Desarrollo Guerrero., 2022). En Guerrero se comercializan aproximadamente 1 400 000 litros de mezcal, producidos por 775 productores de agave y 450 productores de mezcal (Esquivel García et al., 2020; Martínez Aguilar y Peña Álvarez, 2009).

En el 2021, Guerrero ocupó el sexto lugar con el 0.90 % en producción de mezcal y para 2022 se incrementó ocupando el cuarto lugar con un 0.94 % en producción de mezcal. La producción de mezcal proviene de 9 estados de México, los cuales están protegidos con la denominación de origen, entre los cuales Oaxaca domina con el (90.51 %), seguido de Puebla (4.94 %), Michoacán (1.33 %), Durango (1.07 %), San Luis Potosí (0.88 %) y en sexto lugar Guerrero (0.68 %) (Comercam, 2022, 2023, 2024).

Se ha reportado que en México se utilizan 74 especies de agaves como fuente de alimento, bebidas fermentadas o destiladas, fibra y forraje, sin embargo, de estas, 42 especies se utilizan para producir mezcal en 27 Estados de México (Martin et al., 2011). En Guerrero, una de las principales actividades económicas es el sector mezcalero, en más de 80 localidades ubicadas en 18 municipios de las regiones Centro, Costa Grande, Tierra Caliente, Norte y Montaña, zonas dedicadas a la producción de mezcal a partir de la especie de *A. cupreata* (Susano García et al., 2014).

VIII. Marco normativo

El aprovechamiento de *A. cupreata* se encuentra sujeto a la regulación por la Ley General de Desarrollo forestal sustentable (DOF 01-04-2024, artículo 3, fracción IX), el cual señala la importancia de regular el aprovechamiento y uso de los recursos forestales maderables y no maderables; y por normas oficiales relacionadas con recursos forestales no maderables (NOM-007-SEMARNAT-1997) y la denominación de origen del mezcal (Esteban Marina, 2016).

Considerando la diversidad de especies de agaves en México, como el *A. cupreata* y su uso como materia prima para la producción de alimentos y bebidas en Guerrero, es necesario reglamentar y proteger con normas nacionales e internacionales su explotación, para garantizar la supervivencia de este recurso no maderable (Esquivel García et al., 2020).

Para la protección de las especies de agave tenemos la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en riesgo. *A. cupreata* no se encuentra enlistado actualmente en esta norma, lo cual sugiere que sus poblaciones silvestres se encuentran estables; sin embargo, esta norma

requiere de actualización dado que han pasado 16 años desde su publicación y las poblaciones de agaves silvestres han sufrido mucha presión por las actividades humanas durante este periodo.

Esta Norma Oficial Mexicana, tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestre en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción, por lo que es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional (Herrera Flores, 2010).

La NOM-070-SCFI-2016 Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones, hace referencia a la Denominación de Origen Mezcal, cuya titularidad corresponde al Estado Mexicano bajo los términos contenidos en la Ley de la Propiedad Industrial. En el apartado 4.1 de esta norma, aborda sobre la materia prima para la elaboración de mezcal, establece que todos los predios deben estar registrados y regulados para el aprovechamiento del agave, ya que los agaves deben cosecharse maduros (Esteban Marina, 2016). La regulación del aprovechamiento responde a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SEMARNAT-1997, esta norma establece los lineamientos para la extracción de los Recursos Forestales No Maderables (RFNM), en particular para los agaves mezcaleros, donde se menciona que se debe notificar la cantidad del recurso por extraer en el área forestal de interés, es decir, al peso fresco total de las “piñas”. Ya que la estimación de las existencias reales es un parámetro de interés para el seguimiento y control del aprovechamiento. No obstante, a la fecha se carece de un método estandarizado que le permita al productor conocer el potencial de recolecta y al técnico forestal evaluar el proceso, de manera práctica y confiable (Barbosa Huerta et al., 2015).

No obstante, aún persisten desafíos en la aplicación efectiva de estas regulaciones, particularmente en la estimación de existencias reales de plantaciones de agave y en el monitoreo del volumen extraído. La falta de métodos estandarizados dificulta la evaluación del impacto productivo sobre poblaciones naturales.

IX. Discusión

La evidencia revisada confirma que *A. cupreata* representa un recurso estratégico con alto valor biocultural y económico. Sin embargo, la creciente demanda de la bebida espirituosa denominada mezcal ha generado un escenario de presión ecológica, provocando depredación de la planta y esto compromete su sostenibilidad a mediano plazo.

Algunas especies de agaves tiene la capacidad de reproducirse clonalmente; sin embargo, *Agave cupreata* se reproduce exclusivamente de manera sexual y al ser cosechadas para la producción de mezcal sin llegar a producir semillas las poblaciones se ven afectadas reduciendo drásticamente el número de plantas (Jiménez Valdés et al., 2010).

La transición hacia modelos de manejo más sostenibles requiere integrar:

1. Regulación efectiva y monitoreo técnico de las plantaciones silvestres y cultivos.
2. Reforestación con plantas de agave con una base genética diversa.
3. Fortalecimiento del manejo comunitario del cultivo de agave.
4. Incorporación de biotecnologías como la micropropagación para las plantas de agave.

La sostenibilidad de este importante recurso no maderable, no depende únicamente de la producción, sino de la articulación entre la ciencia, política pública y conocimiento tradicional.

En una de las regiones montañosa de Guerrero se ha practicado el manejo agroforestal de agave con mira hacia la sostenibilidad, y se ha dado una interacción entre grupos de productores de mezcal de una comunidad (Acateyahualco) y la organización GEA AC, con la finalidad de generar estudios demográficos de poblaciones silvestres de *Agave cupreata* aplicando así un sistema de monitoreo sistemático anual de la planta (Illsley et al., 2007; Illsley Granich et al., 2018).

Sin duda alguna los esfuerzos para el manejo y conservación del *Agave cupreata* deben ser prioritarios para conservar la disponibilidad de las plantas en un futuro y garantizar la sostenibilidad en la industria mezcalera del estado de Guerrero.

X. Conclusiones

El *Agave cupreata* constituye un pilar ecológico, cultural y económico en Guerrero el cual es utilizado por excelencia para la producción de mezcal artesanal, el cual tiene una amplia tradición y es considerado importante patrimonio cultural de las comunidades productoras.

Su explotación intensiva impulsada por un creciente mercado nacional e internacional del mezcal, incrementa de manera gradual los riesgos de degradación ambiental y pérdida de la diversidad genética.

En cuanto al manejo de cultivo del *Agave cupreata* en Guerrero, hasta ahora no se aplican estrategias bien establecidas para garantizar la sostenibilidad en la industria mezcalera del estado. Una alternativa a la sostenibilidad es el cultivo *in vitro* de agave que permite multiplicar plantas de manera rápida y controlada, preservando la diversidad genética y reduciendo la presión sobre poblaciones silvestre de agave.

Si bien, existe un marco normativo para su regulación, su aplicación presenta limitaciones técnicas y operativas. La adopción de estrategias integrales que incluyan el manejo forestal sustentable, restauración ecológica y micropropagación es fundamental para reducir las presiones ambientales sobre las poblaciones silvestres.

Garantizar la sostenibilidad de la especie implica fortalecer la gobernanza ambiental, promover la innovación biotecnológica y consolidar esquemas productivos responsables que aseguren su permanencia como recurso estratégico estatal.

XI. Referencias

- Álvarez Dolores, V., Valle-de la paz, M., Reyes Ríos, R., & Perales Rosas, D. (2023). *Agave cupreata* fructans, encapsulation as pro and prebiotics. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 10(5), 159–162. <https://doi.org/10.15406/jabb.2023.10.00343>
- Angeles Espino, A., Valencia Botín, A. J., Virgen. Calleros, G., Ramírez. Serrano, C., Paredes Gutiérrez, L., & Hurtado. De La Peña, S. (2012). Micropropagación de agave (*Agave tequilana* Weber. var. Azul) a través de yemas axilares. In *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (Vol. 15).
- Aureoles Rodríguez, F., Rodríguez De La O, J. L., Legaria Solano, J. P., Sahagún Castellanos, J., & Peña Ortega, M. G. (2008). Propagación *in vitro* del maguey bruto (*Agave inaequidens* Kock), una especie amenazada de interés económico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3), 263–269.

- Avendaño Arrazate, C., Iracheta Don Juan, L., Gódinez Aguilar, J. C., López Gómez, P., & Barrios Ayala, A. (2015). Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 148–162.
- Barbosa Huerta, M., Aureoles Cornejo, S., Díaz Lizama, R. A., & Gómez Pozos, M. (2015). *Ley general de desarrollo forestal sustentable*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- Barrios Ayala, A., Otero Sánchez, M. alejandro, & C. Ariza. Flores Rafael. (2015). *Caracterización Morfológica de Agave cupreata y Variabilidad de sus Descriptores* (Vol. 1, Number 2). www.ecorfan.org/spain
- Bermúdez Bazán, M., Castillo Herrera, G. A., Urias Silvas, J. E., Escobedo Reyes, A., & Estarrón Espinosa, M. (2021). Hunting bioactive molecules from the agave genus: An update on extraction and biological potential. In *Molecules* (Vol. 26, Number 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules26226789>
- Black, C. C., Barry, C., Vickery, H., Walker, D., & Winter, K. (2003). Crassulacean acid metabolism photosynthesis: “working the night shift.” *Photosynthesis Research*, 76, 329–341.
- Camacho Ruiz, R. M., Gutiérrez Mora, A., & Gschaedler Mathis, A. C. (2023). *Los agaves y sus derivados*. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_655cfa87094a5.pdf
- Chávez Parga, Ma. D. C., Pérez Hernández, E., & González Hernández, J. C. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- Comercam. (2022). *Informe estadístico, Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C.* https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/INFORME-2022-_II_-SINTESIS.pdf
- Comercam. (2023). *Informe estadístico, Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C.* https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/INFORME-2023_PUBLICO.pdf
- Comercam. (2024). *Informe estadístico, Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal*. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf

- Domínguez Rosales, M. S., Alpuche Solís, Á. G., Vasco Méndez, N. L., & Pérez Molphe Balch, E. (2008). Efecto de citocininas en la propagación *in vitro* de Agaves mexicanos. In *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 31, Number 4).
- Eguiarte, L. E., Souza, V., & Silva-Montellano, A. (2000). Evolución de la familia Agavaceae: Filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones. *Botanical Sciences*, (66), 131–150. <https://doi.org/10.17129/botsci.1618>
- Esquivel García, M., Muñoz Belmonte, Ma. L., Ocampo Fernández, V. M., & Alanís Cantú, R. (2020). *Distribución del Agave cupreata a las mezcaleras del Estado de Guerrero basado en programación lineal*. 8, 13–19.
- Esteban Marina, A. U. (2016). *NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones*.
https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seeco11_C/seeco11_C.html
- Flores Maya, S., Moreno Ramírez, J. C., Romero Rangel, S., & Rojas Zenteno, C. (2010). *Análisis morfológico y cariológico de Agave karwinskii Zucc. y Agave macroacantha Zucc. en el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla*.
<http://www.iztacala.unam.mx/biocyt>
- García Mendoza, J. A. (2007). *Los agaves de México*.
<https://www.researchgate.net/publication/26549731>
- García Meneses, M. P. (2004). *Reproducción y germinación de Agave cupreata Trel and Berger (Agavaceae) en la localidad de Ayahualco, Guerrero*.
<https://www.researchgate.net/publication/272416671>
- Garriga Caraballo, M., González Oramas, G., Alemán García, S., Abreu Cruz, E., Quiroz Bravo, K., D.S. Caligari, P., & García Gonzáles, R. (2010). Management of auxin-cytokinin interactions to improve micropropagation protocol of henequen (*Agave fourcroydes* Lem.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 545–551.
<https://doi.org/10.4067/s0718-58392010000400003>
- Gutiérrez Mora, Rodríguez Domínguez, A., & Rodríguez Garay. (2024). *Micropropagation of agave: a systematic review*.
<https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/siintec2024/393782.pdf>
- Hernández Castro, E., Huerta Zavala, J., Espinosa Rodríguez, M., Sarmiento Villagrana, A., Ochoa Miranda, R., & Segura Pacheco, H. R. (2024). Areas with agroecological

- potential for *Agave cupreata* (Trel. & Amp; Berger) plantations in Guerrero, México. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i12.2920>
- Herrera Flores, S. D. (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestre categorías de riesgo y especificaciones para su. inclusión, exclusión o cambio lista de especies en riesgo. In *Diario Oficial de la Federación*. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Illsley, C., Vega, E., Pisanty, I., Tlacotempa, A., García, P., Morales, P., Rivera, G., García, J., Jiménez, V., Castro, F., & Calzada Moisés. (2007). *Maguey papalote hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México*. [file:///C:/Users/heran/Downloads/Ilsley_etal_MagueyPapalote_pag319%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/heran/Downloads/Ilsley_etal_MagueyPapalote_pag319%20(1).pdf)
- Illsley Granich, C., Torres Garcia, I., Hernández López, J. de J., Morales Moreno, P., Varela Álvarez, R., Ibáñez Couoh, I., & Nava Xinol, H. (2018). *Manual de manejo campesino de magueyes mezcaderos forestales*. <https://www.researchgate.net/publication/328469804>
- Jiménez Valdés, M., Godínez Alvarez, H., Caballero, J., & Lira, R. (2010). Population Dynamics of *Agave marmorata* Roezl. under Two Contrasting Management Systems in Central Mexico. *Economic Botany*, 64(2), 149–160.
- Lecona Guzmán, C. A., Reyes Zambrano, S., Barredo Pool, F. A., Abud Archila, M., Montes Molina, J. A., Rincón Rosales, R., & Gutierrez Miceli, F. A. (2017). *In vitro* propagation of *Agave americana* by indirect Organogenesis. *HortScience*, 52(7), 996–999. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10498-16>
- López Serrano, P. M., Hernández Ramos, A., Méndez González, J., Martínez Salvador, M., Aguirre Calderón, O., Vargas Larreta, B., & Corral Rivas, J. J. (2021). *Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa del Agave cupreata*.
- Martín, M. P., Peters, C. M., Palmer, M. I., & Illsley, C. (2011). Effect of habitat and grazing on the regeneration of wild *Agave cupreata* in Guerrero, México. *Forest Ecology and Management*, 262(8), 1443–1451. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.045>
- Martínez Aguilar, J. F., & Peña Álvarez, A. (2009). Characterization of five typical *Agave* plants used to produce mezcal through their simple lipid composition analysis by gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1933–1939. <https://doi.org/10.1021/jf802141d>

- Martínez Palacios, A., Gómez Sierra, J. M., Sáenz Romero, C., Pérez Nasser, N., & Sánchez Vargas, N. (2011). *Genetic Diversity of Agave cupreata Trel. & Berger. Considerations for its conservation.*
- Mendoza Ramírez, E., & Arreola Gómez, M. del R. (2007). *Beneficios del Agave cupreata.* <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/fi>
- Miguel Luna, E. M., Enríquez-Del Valle, J. R., Velasco, V. V. A., Villegas Aparicio, Y., Carrillo Rodríguez, J. C., & Rodríguez Ortiz, G. (2018). Composición del medio de cultivo y la incubación para enraizar brotes de Agave* Composition of the culture medium and incubation for rooting shoots of Agave. *Colomb. Biotecnol.*, 20, 124–131.
- Monja Mio, K. M., Barredo Pool, F., Herrera Herrera, G., Esqueda Valle, M., & Robert, M. L. (2015). Development of the stomatal complex and leaf surface of *Agave angustifolia* Haw. “Bacanora” plantlets during the in vitro to ex vitro transition process. *Scientia Horticulturae*, 189, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.032>
- Monja Mio, K. M., Benítez Zárate, J., Ojeda, G., Herrera Alamillo, M. Á., Sánchez Teyer, L. F., & Rescalvo Morales, A. (2026). Influence of mother plant age on the in vitro propagation of *Agave cupreata* Trel. & Amp; A. Berger via organogenesis. *Discover Plants*, 3(1), 136. <https://doi.org/10.1007/s44372-026-00603-2>
- Monja Mio, K. M., & Robert, M. L. (2013). Direct somatic embryogenesis of *Agave fourcroydes* Lem. through thin cell layer culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 49(5), 541–549. <https://doi.org/10.1007/s11627-013-9535-7>
- Olvera Vargas, L. A., Pardo Núñez, J., Aguilar Rivera, N., & Contreras Medina, D. I. (2022). Detection of *Agave angustifolia* and *Agave cupreata* with geomatic techniques in Guerrero, México. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 23(2). https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL23_NUM2_ART:2241
- Plan Estatal de Desarrollo Guerrero. (2022). *Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027.*
- Portillo, L., Santacruz Ruvalcaba, F., Gutiérrez Mora, A., & Rodríguez Garay, B. (2007). Somatic embryogenesis in *Agave tequilana* Weber cultivar azul. *In vitro cellular and Developmental Biology - Plant*, 43(6), 569–575. <https://doi.org/10.1007/s11627-007-9046-5>
- R. Kirchmayr, Arellano Plaza Melchor, Estarrón Espinoza Mirna, & Gschaedler Mathis Anne Christine. (2014). *Manual mezcal guerrerense CIATEJ.*

- Ríos Ramírez, S. C., Enríquez Del Valle, J. R., Rodríguez Ortiz, G., & Ruíz Luna, J. (2017). Concentración de bencilaminopurina y ácido indolacético en la proliferación *in vitro* de brotes adventicios de *Agave angustifolia*. In *Ciencia e Investigación Agraria* (Vol. 44, Number 3, pp. 285–294). Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. <https://doi.org/10.7764/rcia.v44i3.1810>
- Sáenz Romero, C., Martínez Palacios, A., Gómez Sierra, J. M., Pérez Nasser, N., & Sánchez Vargas, N. M. (2012). Estimación de la disociación de *Agave cupreata* a su hábitat idóneo debido al cambio climático. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 291–301. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.078>
- Salazar, D. T., Moreno, Ma. E., Castro, N., & Alvarez, P. (2017). *Caracterización fitoquímica y actividad antibacteriana de Agave cupreata del estado de Guerrero*. 5(1), 743–750. www.fesagro.mx
- SIAP. (2026). *Intención de Siembra y de Cosecha* | DGSIA. <https://nube.agricultura.gob.mx/agroprograma/>
- Stewart, J. R. (2015). Agave as a model CAM crop system for a warming and drying world. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 6, Number September). <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00684>
- Susano García, J. L., Palmero Gómez, N., & Cabrera Rios, S. (2014). El mezcal guerrerense, su situación productiva y comercial. In *Abril* (Vol. 1, Number 1). www.fesagro.mx
- Torres García, I., Rendón Sandoval, F. J., Blancas, J., Casas, A., & Moreno Calles, A. I. (2019). The genus *Agave* in agroforestry systems of Mexico. In *Botanical Sciences* (Vol. 97, Number 3, pp. 263–290). Sociedad Botánica de México, A.C. <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Waleckx, E., Gschaedler, A., Colonna Ceccaldi, B., & Monsan, P. (2008). Hydrolysis of fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul during the cooking step in a traditional tequila elaboration process. *Food Chemistry*, 108(1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.028>