



DOI: [10.29298/rmcf.v16i91.1572](https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i91.1572)

Artículo de investigación

**Caracterización agroecológica de *Agave rhodacantha*
Trel. y áreas potenciales para su cultivo en Guerrero**
**Agroecological characterization of *Agave rhodacantha*
Trel. and potential areas for its cultivation in the state of
Guerrero**

Jorge Huerta-Zavala¹, Alicia Sarmiento-Villagrana¹, Héctor Ramón Segura-Pacheco², Elías Hernández-Castro¹, Flaviano Godínez-Jaimes³, Paulino Sánchez-Santillán^{4*}

Fecha de recepción/Reception date: 8 de mayo de 2025.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 4 de agosto de 2025.

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Doctorado en Sostenibilidad de los Recursos Agropecuarios, Campus Tuxpan. México.

²Universidad Autónoma de Guerrero, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Campus Tuxpan. México.

³Universidad Autónoma de Guerrero, Maestría en Matemáticas Aplicadas. México.

⁴Universidad Autónoma de Guerrero, Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: ssantillan@uagro.mx

*Corresponding author; e-mail: ssantillan@uagro.mx

Resumen

Agave rhodacantha es una especie poco conocida debido al tamaño reducido y disperso de sus poblaciones. Recientemente se ha identificado en la Región Norte de Guerrero, donde es valorada por sus propiedades organolépticas y altos rendimientos en la producción de mezcal. Sin embargo, su propagación actual no considera adecuadamente los requerimientos edafoclimáticos ni los impactos asociados a la pérdida de la vegetación natural. El objetivo de este estudio fue determinar las áreas de distribución y los requerimientos agroecológicos de *A. rhodacantha* como primer paso para optimizar su cultivo en Guerrero, mejorar los rendimientos productivos y evitar daños a la vegetación nativa. Se analizaron 32 ejemplares en campo, registrando datos fenotípicos, agroclimáticos y agroecológicos, complementados con información de 76 especímenes del herbario (MEXU), 63 observaciones validadas de iNaturalist y entrevistas semiestructuradas a productores locales. La información fue integrada mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permitió definir áreas agroecológicas óptimas, subóptimas y marginales en el estado. Se delimitaron 397 518.35 ha como óptimas, 1 218 307.30 ha subóptimas y 66 079.97 ha marginales. Las regiones Norte, Montaña y Centro muestran mayores superficies óptimas, donde prevalecen los climas cálido subhúmedo o semiseco semicálido, altitudes de 800 a 1 400 m y precipitaciones anuales de 600 a 1 200 mm. La escasez de áreas cultivadas y la alta calidad organoléptica del mezcal obtenido de *A. rhodacantha* representan una oportunidad para su comercialización en mercados diferenciados con mejores precios.

Palabras clave: Cien hojas, edafoclimático, georreferenciación, mezcal, potencial productivo, SIG.

Abstract

Agave rhodacantha is a little-known species due to the small size and scattered distribution of its populations. It has recently been identified in the *Norte* Region of the state of *Guerrero*, where it is appreciated for its organoleptic properties and high yields in *mezcal* production. However, its current spread does not adequately consider edaphoclimatic requirements or the impacts associated with the loss of natural vegetation. The objective of this study was to determine the distribution areas and agroecological requirements of *A. rhodacantha* as a first step toward optimizing its cultivation in *Guerrero*, improving production yields, and preventing damage to native vegetation. Thirty-two specimens were analyzed in the field, recording phenotypic, agroclimatic, and agroecological data, supplemented with information from 76 herbarium specimens (MEXU), 63 validated observations from iNaturalist, and semi-structured interviews with local producers. The information was integrated using Geographic Information Systems (GIS), which made it possible to define optimal, suboptimal, and marginal agroecological areas in the state. 397 518.35 ha were defined as optimal, 1 218 307.30 ha as suboptimal, and 66 079.97 ha as marginal. The *Norte*, *La Montaña* and *Centro* regions have the largest optimal areas, where warm subhumid or semi-dry semi-warm climates prevail, with altitudes of 800 to 1 400 m and annual rainfall of 600 to 1 200 mm. The scarcity of cultivated areas and the high organoleptic quality of *mezcal* obtained from *A. rhodacantha* represent an opportunity for its commercialization in differentiated markets with better prices.

Key words: Crimson Spire agave, edaphoclimatic, georeferencing, *mezcal*, productive potential, GIS.

Introducción

La caracterización agroecológica y la determinación de áreas potenciales de especies de interés o con valor comercial son fundamentales para optimizar los recursos forestales, proteger especies, impulsar economías locales y adaptarse al cambio climático (Espinosa-Álzate & Ríos-Osorio, 2016; Rivas-Meza et al., 2024). Estas acciones no solo promueven una producción sostenible, sino que también contribuyen al bienestar de las comunidades rurales y al avance del conocimiento científico sobre prácticas agrícolas eficientes en los cultivos del agave y otras plantas (Huerta-Zavala et al., 2019; Rivas-Meza et al., 2024).

En el estado de Guerrero, el agave posee una destacada relevancia económica, cultural y religiosa. Se estima que existen alrededor de 16 especies de agave, tanto en condición silvestre como cultivadas, entre las que se encuentra *Agave rhodacantha* Trel. (Villaseñor, 2016). Esta especie fue recolectada por primera vez en el año de 1909 en Mocorito, Sinaloa y fue descrita formalmente hasta el año 1920 (Standley, 1926). En las décadas de 1940 y 1950, los presos en la isla María

Madre explotaban sus fibras largas para la fabricación de cordelería (Gentry, 1982). En Guerrero es conocida localmente como maguey mexicano, mezcal de pedregal, o maguey 100 hojas. Los estudios sobre su distribución geográfica son limitados, debido al tamaño reducido y disperso de sus poblaciones. De acuerdo con la lista roja de especies amenazadas de la UICN (García-Mendoza *et al.*, 2019), estas poblaciones presentan una tendencia decreciente.

Hasta ahora, *A. rhodacantha* se ha registrado en los estados de Colima, Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora y Zacatecas (Gentry, 1982; González-Elizondo *et al.*, 2009; Rivera-Lugo *et al.*, 2018; Vargas-Ponce *et al.*, 2009; Villaseñor, 2016). De acuerdo con iNaturalist (2024), también se ha reportado su introducción en los países de Marruecos e India; sin embargo, al validar los ejemplares, sólo se confirmó su presencia en una localidad de Marruecos.

Recientemente, *Agave rhodacantha* ha sido registrado en la Región Norte de Guerrero, tanto en estado silvestre como en pequeñas plantaciones (Huerta-Zavala *et al.*, 2025). Esta especie es altamente valorada para la producción de mezcal por sus propiedades organolépticas, que incluyen un perfil dulce y suave, una potencia alcohólica equilibrada y sutiles notas ahumadas. Además de destacar por el peso de sus tallos (piñas), que pueden alcanzar hasta los 120 kg (Arroyo-Antúnez, 2024).

Debido a su valor productivo, es propagada principalmente por hijuelos, tanto en zonas agrícolas perturbadas como en áreas de vegetación natural —como selvas bajas caducifolias y bosques de cedro—, sin considerar sus requerimientos edafoclimáticos y agroecológicos específicos, ni los impactos ambientales derivados de la pérdida de cobertura vegetal (Arroyo-Antúnez, 2024). Ante esta situación, el objetivo del estudio fue delimitar las áreas de distribución potencial de la especie en Guerrero y evaluar sus necesidades agroecológicas para favorecer un crecimiento óptimo, maximizar los rendimientos y fomentar prácticas sostenibles que contribuyan a mitigar la degradación de los ecosistemas.

Materiales y Métodos

Área de estudio, trabajo de campo y de herbario

Esta investigación se llevó a cabo en el estado de Guerrero, en el sur de México, entre las coordenadas extremas 16°18' y 18°48' N y 98°3' y 102°12' O. Guerrero tiene una superficie de 63 564.87 km² (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2022).

Para la caracterización morfométrica y agroecológica de *A. rhodacantha*, se realizaron 13 recorridos en la Región Norte del estado, entre noviembre de 2016 y abril de 2024. Se seleccionaron ejemplares adultos en distintas localidades y condiciones climáticas donde fue posible localizar esta especie, con el objetivo de representar adecuadamente la variabilidad de sus poblaciones naturales y cultivadas. De cada ejemplar y de cada sitio de muestreo se obtuvo información sobre factores agronómicos, edafoclimáticos y agroecológicos (Huerta-Zavala et al., 2019).

En total, se identificaron, caracterizaron y georreferenciaron 32 ejemplares, de los cuales 26 fueron herborizados y depositados en los herbarios UAGC (Universidad Autónoma de Guerrero), MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México) y ENCB (Instituto Politécnico Nacional). Dada la escasez de registros de *A. rhodacantha* se incluyó la información contenida en 76 ejemplares depositados en el herbario MEXU (Rivera-Lugo et al., 2018), así como 63 observaciones validadas de la página iNaturalist (2024) provenientes de otros estados de la República Mexicana. La información se complementó con siete entrevistas semiestructuradas realizadas a integrantes de la organización Mezcalli del Sur y a productores de esta especie del estado de Guerrero.

Distribución y áreas potenciales

La información georreferenciada de cada ejemplar (incluyendo factores agronómicos, edafoclimáticos y agroecológicos) fue integrada con el programa *ArcGIS* 10.3.1 Copyright© 1999-2015 (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2015), siguiendo la metodología propuesta por Huerta-Zavala et al. (2019) y de Reynoso-Santos et al. (2016) para la determinación de temperatura nocturna. A esta metodología se incorporaron datos cartográficos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2001, 2010; Inegi, 2020, 2021a, 2021b, 2022, 2023, 2024), de la Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2013) y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio 2016, 2020).

Los requerimientos de *A. rhodacantha* (Cuadro 1) se establecieron mediante integración SIG de datos georreferenciados y literatura especializada, conforme a lo propuesto por Muñoz-Flores et al. (2018) y Reynoso-Santos et al. (2016). La delimitación de áreas empleó álgebra de mapas en *ArcGIS*© 10.3.1 (ESRI, 2015) reclasificando cada variable en rangos óptimos, subóptimos y marginales. Las áreas marginales se definieron con operador *OR* (≥ 1 variable marginal), las óptimas con operador *AND* (todas variables óptimas) y las subóptimas como áreas no marginales con ≥ 1 variable subóptima.

Cuadro 1. Requerimientos edafoclimáticos y agroecológicos de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero.

Variable	Óptimo	Subóptimo	Marginal	Fuente
Altitud (m)	[800, 1 400]	[300, 800) y (1 400, 1 800]	[100, 300) y (1 800, 2 400]	Ige; García-Mendoza et al. (2019); Gentry (1982)
Clave clima	Aw ₀ , Aw ₀ (w), Aw ₁ , Aw ₁ (w), Aw ₂ (w), BS ₁ hw(w) y BS ₁ hw(x')	A(C)w ₀ (w), A(C)w ₁ (w), A(C)w ₂ (w), BS ₁ (h')w y BS ₁ (h')w(w)	(A)C(w ₀), (A)C(w ₀)(w), C(w ₁)(w), C(w ₂)(w) y BS ₀ (h')w(w)	Ige; Gentry (1982); Vázquez-García et al. (2007)

Tipo de Clima	Cálido subhúmedo y Semiseco semicálido	Semicálido subhúmedo y Semiseco muy cálido	Seco muy cálido y Templado subhúmedo	Ige; Gentry (1982); Vázquez-García et al. (2007)
Temperatura media (°C)	[20, 26]	[18, 20] y (26, 28]	[16, 18] y (28, 30]	Ige; Gentry (1982); Ruiz-Corral et al. (2002)
Temperatura mínima (°C)	[5, 10]	[2, 5]	[-2, 2]	Ige; Gentry (1982); Ruiz-Corral et al. (2002)
Temperatura máxima (°C)	[32, 38]	(38, 42]	(42, 44]	Ige; Gentry (1982); Ruiz-Corral et al. (2002)
Temperatura nocturna (°C)	[10, 18]	[5, 10] y (18, 28]	[-1, 5] y (28, 34]	Reynoso-Santos et al. (2016); Ruiz-Corral et al. (2002); Tena-Meza et al. (2023)
Evapotranspiración (mm)	[700, 900]	[600, 700] y (900, 1 000]	[400, 600] y (1 000, 1 100]	Ige
Precipitación anual (mm)	[600, 1 200]	[400, 600] y (1 200, 1 500]	[200, 400] y (1 500, 2 000]	Ige; Gentry (1982); Reynoso-Santos et al. (2016)
Días con granizo	Sin granizo	[1, 3]	(3, 5]	Huerta-Zavala et al. (2019, 2024)
Pendiente del terreno (%)	[25, 35]	[15, 25] y (35, 40]	[5, 15] y (40, 45)	Huerta-Zavala et al. (2019)
Geología clase	Sedimentaria e Ígnea extrusiva	Metamórfica	Ígnea intrusiva	Huerta-Zavala et al. (2019, 2024)
Geología tipo	Conglomerado, Arenisca-conglomerado, Caliza, Lutita-arenisca, Caliza-lutita, Lutita, Ígnea extrusiva básica, Ígnea extrusiva ácida e Ígnea extrusiva intermedia	Metasedimentaria, Metavolcánica, Cataclasita, Esquisto y Gneis	Ígnea intrusiva ácida	Ige; García-Mendoza et al. (2022), Huerta-Zavala et al. (2024)
Grupos y textura de suelo	Regosol (gruesa y media) y Leptosol (fina, gruesa y media)	Phaeozem (fina, gruesa y media), Luvisol (fina y gruesa) y Cambisol (gruesa y media)	Kastanozem (media), Vertisol (fina) y Andosol (media)	Ige; Gentry (1982); García-Mendoza et al. (2022); Huerta-Zavala et al. (2024)
Usos de suelo y vegetación	Agricultura de temporal anual, Vs arbustiva de selva baja caducifolia y pastizal inducido	Vs arbustiva de matorral subtropical	Agricultura de riego anual, Vs arbustiva de bosque de encino, mezquital xerófilo, Vs arbustiva de mezquital xerófilo	Ige; Olvera-Vargas et al. (2022); Huerta-Zavala et al. (2024)

Ige = Información georreferenciada de ejemplares; Vs = Vegetación secundaria.

De acuerdo con Hijmans et al. (2005) y Santillán-Fernández et al. (2025), es importante considerar el mayor número de variables posible, ya que variaciones mínimas en los gradientes de una variable pueden causar cambios significativos en

los gradientes de otras variables asociadas. Por esta razón, en el presente estudio no se realizó ninguna prueba de correlación entre las 15 variables.

Como resultado, se generaron mapas de distribución nacional y estatal (Guerrero), junto con mapas de potencial edafoclimático y agroecológico clasificados en óptimo, subóptimo y marginal (Reynoso-Santos *et al.*, 2016), todos georreferenciados bajo el sistema de coordenadas GCS WGS 1984 (Datum: WGS 1984; unidades: grados).

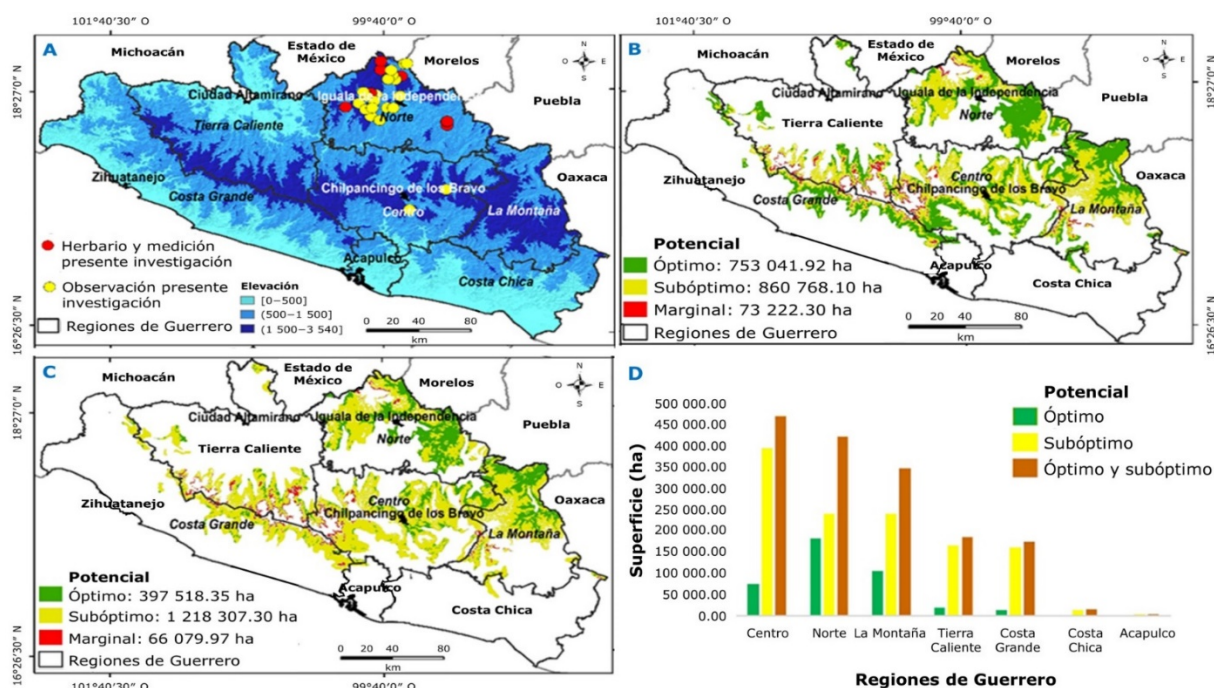
Las áreas con potencial agroecológico se obtuvieron excluyendo zonas de vegetación nativa (selva baja caducifolia, bosques de encino, pino, cedro y sus combinaciones), asentamientos humanos, infraestructura y cuerpos de agua de las áreas con potencial edafoclimático. Se priorizaron áreas ya impactadas por las actividades antrópicas como son las áreas agrícolas, ganaderas y erosionadas (Huerta-Zavala *et al.*, 2024).

Se evaluó el modelo mediante visitas de campo a 18 sitios con plantaciones de *A. rhodacantha* ubicadas en áreas predichas como óptimas y subóptimas. Se comparó la categoría asignada por el SIG con la evaluación *in situ* basada en requerimientos edafoclimáticos. La precisión se cuantificó mediante: (A) Exactitud global: proporción de sitios correctamente clasificados, (B) Sensibilidad: proporción de sitios óptimos en campo correctamente identificados, (C) Error de omisión (falsos negativos): sitios óptimos en campo clasificados como subóptimos, y (D) Error de comisión (falsos positivos): sitios subóptimos en campo clasificados como óptimos. La significancia estadística se determinó con prueba binomial ($p < 0.05$) (Fielding & Bell, 1997).

Resultados

Agave rhodacantha se encuentra presente de manera natural en el estado de Guerrero (Figura 1A), con registros tanto en cultivo como en estado silvestre. En los

municipios Atenango del Río se identificaron cuatro localidades en cultivos y una población silvestre; Ixcateopan de Cuauhtémoc, cuatro localidades en cultivos y una población silvestre; Taxco de Alarcón, seis localidades con cultivos; Cuetzala del Progreso, tres localidades en cultivos; Pilcaya, dos localidades en cultivos y una población silvestre; Teloloapan, tres localidades en cultivo; Iguala de la Independencia dos localidades en cultivos; Tetipac, una población silvestre y una cultivada; Cocula y Chilpancingo de los Bravo, una localidad en cultivo; y finalmente, en Chilapa de Álvarez una localidad en cultivo.



A = Distribución de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero; B = Potencial edafoclimático; C = Potencial agroecológico; D = Potencial agroecológico óptimo, subóptimo y total por regiones en Guerrero.

Figura 1. Distribución actual y áreas potenciales para el cultivo de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero.

Áreas edafoclimáticas y agroecológicas de *Agave rhodacantha*

En Guerrero, se identificaron 753 041.92 hectáreas con potencial edafoclimático óptimo (Cuadro 2, Figura 1B) y 397 518.35 hectáreas con potencial agroecológico óptimo (Cuadro 2, Figura 1C). Las regiones Centro, Norte y La Montaña destacan por contar con las mayores superficies agroecológicas óptimas y subóptimas, posicionándose como las áreas más adecuadas para el cultivo de *A. rhodacantha* (Figura 1D).

Cuadro 2. Áreas potenciales edafoclimáticas y agroecológicas de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero.

Región	Óptimo (ha)	Subóptimo (ha)	Marginal (ha)
Potencial edafoclimático			
Norte	230 851.18	197 824.46	5 827.55
Centro	189 098.80	278 573.53	20 585.33
La Montaña	145 839.51	199 228.69	7 106.89
Costa Grande	103 762.39	70 202.95	10 702.37
Tierra Caliente	71 148.10	109 094.26	28 432.28
Costa Chica	9 481.06	5 018.88	540.86
Acapulco	2 860.88	825.33	27.02
Total estatal	753 041.92	860 768.10	73 222.30
Potencial agroecológico			
Norte	181 601.40	239 469.04	4 312.87
La Montaña	106 463.77	240 277.55	5 431.14
Centro	75 432.22	394 625.63	18 166.53
Tierra Caliente	20 187.70	165 331.39	27 207.78
Costa Grande	13 172.56	161 078.44	10 394.10
Costa Chica	467.57	14 032.26	540.53
Acapulco	193.12	3 493.00	27.02
Total estatal	397 518.35	1 218 307.30	66 079.97

El Cuadro 3 muestra los diez municipios de Guerrero con mayor superficie agroecológica óptima y subóptima para el cultivo de *A. rhodacantha*, de los cuales cinco municipios pertenecen a la Región Norte.

Cuadro 3. Municipios con mayor superficie agroecológica óptima para el cultivo de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero.

Región	Municipio	Óptimo (ha)	Subóptimo (ha)	Óptimo y subóptimo (ha)
Norte	Huitzuco de los Figueroa	70 680.09	38 604.73	109 284.82
La Montaña	Olinalá	26 839.38	38 892.65	65 732.03
Centro	Ahuacuotzingo	21 841.94	35 823.49	57 665.43
Norte	Taxco de Alarcón	20 937.41	19 674.01	40 611.42
La Montaña	Tlapa de Comonfort	19 804.18	37 012.83	56 817.00
Norte	Atenango del Río	19 771.02	23 644.87	43 415.88
Norte	Teloloapan	16 766.92	52 649.89	69 416.81
La Montaña	Huamuxtitlán	15 944.90	9 055.52	25 000.42
La Montaña	Xochihuehuetlán	13 742.68	11 303.31	25 045.99
Norte	Buenavista de Cuéllar	10 355.83	15 624.94	25 980.77

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos a partir de la predicción del modelo SIG, así como la evaluación de campo realizada en 18 sitios con plantaciones de *A. rhodacantha*.

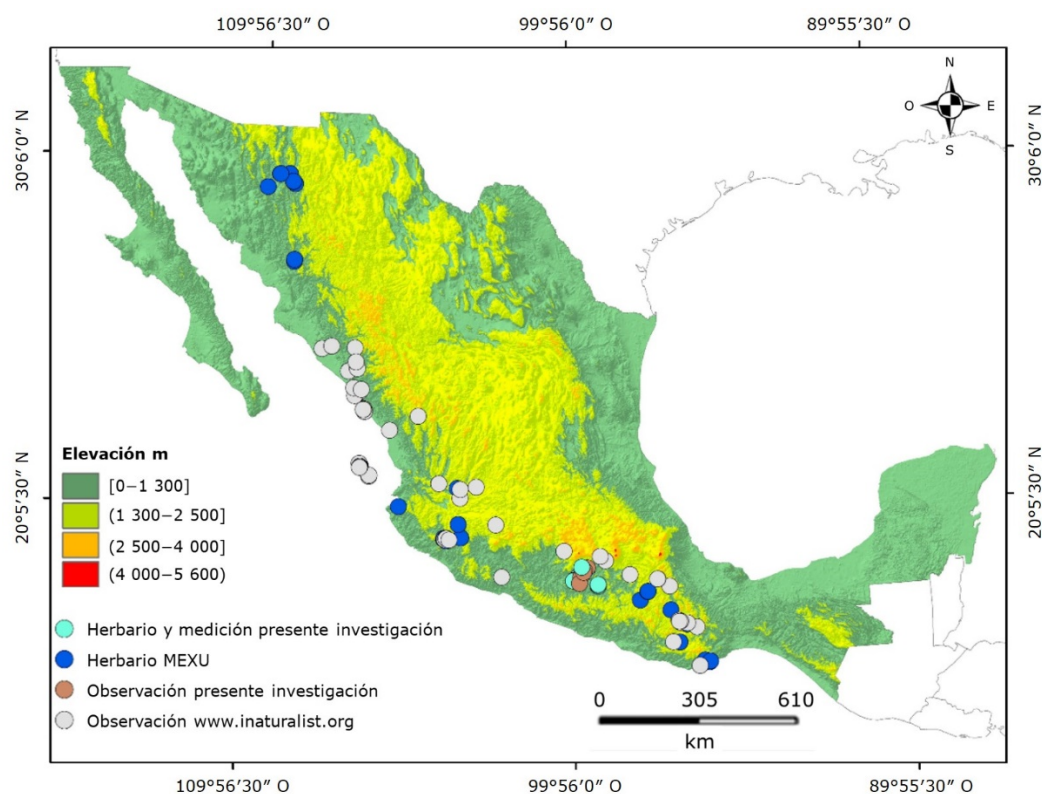
Cuadro 4. Validación del modelo SIG para el cultivo de *Agave rhodacantha* Trel. en Guerrero.

Municipio	Localidad	Coordenada geográfica	Predicción modelo SIG	Evaluación de campo
Teloloapan	Telixtac	18°20'39.06" N 99°50'11.72" O	Subóptimo	Óptimo
Teloloapan	Coatepec Costales	18°21'42.20" N 99°43'26.28" O	Óptimo	Óptimo

Teloloapan	Metztlán	18°18'17.57" N 99°37'39.82" O	Óptimo	Óptimo
Taxco de Alarcón	El Cedrito	18°32'56.31" N 99°34'00.69" O	Óptimo	Subóptimo
Taxco de Alarcón	El Cedrito	18°32'43.22" N 99°34'09.05" O	Óptimo	Subóptimo
Taxco de Alarcón	El Sombrero	18°35'11.63" N 99°35'21.37" O	Subóptimo	Subóptimo
Taxco de Alarcón	Landa	18°33'01.97" N 99°37'18.93" O	Subóptimo	Subóptimo
Chilapa de Álvarez	El Arco	17°36'04.77" N 99°11'41.67" O	Óptimo	Óptimo
Chilpancingo de los Bravo	Mazatlán	17°25'38.56" N 99°27'50.94" O	Óptimo	Óptimo
Cocula	Atlixac	18°11'46.59" N 99°41'00.14" O	Óptimo	Óptimo
Ixcateopan de Cuauhtémoc	Pachivia	18°24'19.36" N 99°46'52.73" O	Óptimo	Óptimo
Ixcateopan de Cuauhtémoc	Tecociapa	18°26'16.57" N 99°48'13.37" O	Óptimo	Óptimo
Pilcaya	Santa Teresa	18°41'07.32" N 99°29'01.69" O	Óptimo	Óptimo
Tetipac	San Antonio	18°37'36.53" N 99°35'58.86" O	Subóptimo	Subóptimo
Cuetzala del Progreso	Zihuatel	18°17'23.19" N 99°47'13.91" O	Subóptimo	Subóptimo
Cuetzala del Progreso	El portón	18°18'09.13" N 99°44'16.31" O	Subóptimo	Subóptimo
Iguala de la Independencia	El Naranjo	18°24'20.66" N 99°31'53.11" O	Óptimo	Óptimo
Iguala de la Independencia	La Loma	18°18'09.82" N 99°34'59.62" O	Óptimo	Óptimo
Exactitud global	83.33 %	Sensibilidad (Óptimo)		91.67 %
Error de omisión	8.33 %	Error de comisión		15.38 %
Especificidad (Subóptimo)	66.67 %	Precisión (Óptimo)		84.62 %

Discusión

En Guerrero son escasos los sitios donde se encuentran plantaciones de *A. rhodacantha* y más escasos aquellos donde existen poblaciones silvestres. Esto es similar a lo observado en el resto del país, ya que en México solo está presente en 138 localidades (iNaturalist, 2024; Rivera-Lugo et al., 2018) (Figura 2), incluyendo las 32 localidades de Guerrero analizadas en la presente investigación.



Fuente: Datos propios, herbario MEXU e iNaturalist (2024).

Figura 2. Distribución de *Agave rhodacantha* Trel. en México.

Con relación a lo escaso de las poblaciones de *A. rhodacantha*, García-Mendoza et al. (2019) mencionaron que es necesario tomar acciones que busquen la protección de la diversidad genética de sus poblaciones silvestres antes de que los impactos ambientales disminuyan de manera drástica sus poblaciones. Estos mismos autores sugieren que es muy probable que *A. rhodacantha* se trate de un complejo de especies, lo cual se puede inferir por las diferencias fenotípicas en tamaños de flores, tallo, hojas y espinas encontradas en sus poblaciones (Huerta-Zavala et al., 2025) (Figura 3A-3E).



A = Flores de ejemplar adulto en plantación, localidad de San Martín Pachivia, Ixcateopan de Cuauhtémoc; B = Ejemplar juvenil silvestre, localidad de San Martín Pachivia; C =

Detalle de espinas y brácteas, localidad de San Martín Pachivia; D = Ejemplar adulto en plantación listo para cosecha, localidad de Tuzantlán, Atenango del Río; E = Ejemplar adulto en plantación iniciando formación de qurote, localidad de Tuzantlán.

Figura 3. Ejemplares de *Agave rhodacantha* Trel.

Bajo este contexto es necesario profundizar en su taxonomía, así como en formas de propagación sexual (semilla), ya que durante los recorridos de campo se observó que la siembra en las plantaciones es casi exclusivamente por hijuelos, sin que los productores obtengan plántulas por semilla, dada la falta de experiencia y capacitación en estas acciones (Arroyo-Antúnez, 2024; Huerta-Zavala et al., 2025).

Los municipios con mayor superficie agroecológica óptima para el establecimiento de plantaciones de *A. rhodacantha* son: Huitzuco de los Figueroa, Olinalá, Ahuacuotzingo, Taxco de Alarcón, Tlapa de Comonfort, Atenango del Río y Teloloapan, se encuentran dentro de las principales regiones productoras de mezcal en Guerrero, que son la región Norte, Centro y La Montaña, similar a lo informado por otros autores (Barrientos-Rivera et al., 2019; Huerta-Zavala et al., 2025), quienes mencionaron que el complejo *Agave angustifolia* Haw. (al cual pertenece *A. rhodacantha*), se encuentra mejor representado en estas regiones mezcaleras del estado.

La superficie agroecológica óptima de *A. rhodacantha* en Guerrero está determinada por el clima cálido subhúmedo y semiseco semicálido, así como por el estrecho rango altitudinal donde se desarrolla de manera óptima (800-1 400 m) y una precipitación media anual entre 600 y 1 200 mm, siendo una superficie pequeña (397 518.35 ha) en comparación con la calculada para otras especies en Guerrero, como *A. angustifolia* (1 020 998.26 ha) (Huerta-Zavala et al., 2019) o *A. cupreata* Trel. & A. Berger (673 084.16 ha) (Huerta-Zavala et al., 2024), coincidiendo con lo informado por Saldaña-Vázquez et al. (2022) para esta especie en el estado de

Puebla, donde expusieron que *A. angustifolia* y *A. americana* L. tienen mayores áreas potenciales de distribución (sin especificar superficies) que *A. rhodacantha*, debido a los requerimientos edafoclimáticos específicos de esta especie.

La priorización de áreas ya impactadas (agrícolas/ganaderas/degradadas) para el cultivo de *A. rhodacantha* (Conafor, 2013; Inegi, 2021b), minimiza la deforestación de bosques y selvas; además, la implementación de sistemas agroforestales diversificados, como los implementados en Puebla y Oaxaca (Barrera-Cobos *et al.*, 2023; Simonit *et al.*, 2020), mejoran los servicios ecosistémicos e ingresos de los productores.

La validación del modelo SIG en 18 sitios independientes mostró alta confiabilidad (exactitud global: 83.33 %; sensibilidad en áreas óptimas: 91.67 %), con errores de omisión (8.33 %) y comisión (15.38 %) aceptables para modelos ecológicos (Fielding & Bell, 1997). Las discrepancias (16.7 %) ocurrieron en ecotonos con pendientes >35 % y sustratos geológicos no cartografiados en detalle, confirmando su utilidad para identificación de áreas productivas a escala regional. Si bien no se aplicó validación cruzada espacial formal debido al tamaño muestral limitado, la robustez observada sugiere que el modelo es confiable; no obstante, se recomienda: (1) Verificación *in situ* en bordes de distribución y zonas subóptimas, (2) Incrementar observaciones en estas áreas para mejorar solidez (Muñoz-Flores *et al.*, 2018), y (3) En futuros estudios implementar técnicas como *spatial k-fold* para evaluar autocorrelación espacial (Roberts *et al.*, 2017).

Lejos de percibirse como una debilidad el tener superficies reducidas para el establecimiento de *A. rhodacantha*, se debe explorar la búsqueda de mercados diferenciados para el mezcal de pedregal, el cual es altamente valorado por los amantes del mezcal debido a sus propiedades organolépticas. Al respecto, Camacho-Vera *et al.* (2021) mencionaron la creciente demanda de compradores nacionales y extranjeros que están interesados en la identificación de mezcales

genuinos, tradicionales y centrando su atención en su calidad organoléptica, lo cual puede ser una estrategia productiva y comercial para productores locales de esta especie.

Conclusiones

El estudio identificó 397 518.35 ha (6.25 % de Guerrero) con potencial agroecológico óptimo para *A. rhodacantha*, concentradas en las regiones Norte, La Montaña y Centro bajo condiciones específicas: climas cálido subhúmedo; altitud 800-1 400 msnm y 600-1 200 mm de lluvia. La evaluación de las predicciones del modelo SIG mostró alta confiabilidad (83.33 % exactitud global; 91.67 % sensibilidad), respaldando su uso para planificar cultivos sostenibles en áreas ya degradadas. La escasez de plantaciones existentes representa una oportunidad estratégica para mercados diferenciados, dada la calidad organoléptica única del “mezcal de pedregal”. No obstante, la tendencia decreciente de sus poblaciones silvestres exige acciones inmediatas de conservación genética y estudios taxonómicos que aseguren su preservación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Rafael Ochoa Miranda por el apoyo dado en el diseño y validación del SIG, así como a los productores de *A. rhodacantha* por las facilidades otorgadas para el muestreo de ejemplares y parcelas. Se agradece a los directivos de la empresa Casa León Rojo por facilitar la descripción organoléptica del mezcal de pedregal. El primer autor agradece la beca otorgada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación para sus estudios de doctorado.

Conflicto de interés

Los autores expresan no presentar ningún tipo de conflicto de interés en la elaboración del presente escrito.

Contribución por autor

Jorge Huerta-Zavala: diseño metodológico, trabajo de campo, análisis SIG y redacción principal; Alicia Sarmiento-Villagrana: validación metodológica y co-redacción; Héctor Ramón Segura-Pacheco: redacción de resúmenes (*abstract/resumen*) y revisión crítica; Elías Hernández-Castro: control de calidad de datos y edición del manuscrito; Flaviano Godínez-Jaimes: verificación de datos y revisión científica; Paulino Sánchez-Santillán: supervisión científica, diseño inicial y revisión final.

Referencias

- Arroyo-Antúnez, V. Y. (2024). *Caracterización de sistemas agroproductivos de agaves mezcaleros en cuatro localidades de la Región Norte de Guerrero* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Guerrero]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/394576835_CHARACTERIZACION_DE_SISTEMAS_AGROPRODUCTIVOS_DE_AGAVES_MEZCALEROS_EN_CUATRO_LOCALIDADES_DE_LA_REGION_NORTE_DE_GUERRERO
- Barrera-Cobos, S., Maimone-Celorio, M. R., Salomé-Castañeda, E., González-Canchola, A., y Herrera-Pérez, L. (2023). Análisis de la producción de mezcal en San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla (reserva Sierra del Tentzo), México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 20(1), 66-91. <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i1.1525>

- Barrientos-Rivera, G., Esparza-Ibarra, E. L., Segura-Pacheco, H. R., Talavera-Mendoza, Ó., Sampedro-Rosas, M. L., y Hernández-Castro, E. (2019). Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 655-668. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1554>
- Camacho-Vera, J. H., Durán-Ferman, P., y Vargas-Canales, J. M. (2021). Complejidad y trayectoria del sistema productivo mezcal en la sierra sur de Oaxaca, México. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(4), 76-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229879>
- Comisión Nacional Forestal. (2013). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos. Guerrero*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://old-snigf.cnf.gob.mx/producto/resultados-del-inventario-estatal-de-guerrero/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2016). *Pendiente, escala 1:4000000* [Carta topográfica]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/pendientegw>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). *pH 15-30 cm (Predicción), escala 1:4000000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/ph_30cm_pgw
- Environmental Systems Research Institute. (2015). *ArcGIS Desktop: Release 10.3.1* [ArcMap]. Environmental Systems Research Institute. <https://support.esri.com/en-us/products/arcmap>
- Espinosa-Álzate, J. A., y Ríos-Osorio, L. A. (2016). Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.), en comunidades afrodescendientes del Pacífico Colombiano (Tumaco-Nariño, Colombia). *Acta Agronómica*, 65(3), 211-217. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.50714>

- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38-49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>
- García-Mendoza, A. J., Franco-Martínez, I. S., y Sandoval-Gutiérrez, D. (2022). El complejo taxonómico *Agave angustifolia*: restablecimiento y circunscripción del *Agave pacifica* en Sonora. En M. Esqueda, M. L. Coronado, A. Gutiérrez y M. L. Robert (Eds.), *Ecología y biotecnología aplicadas al manejo sostenible del agave en Sonora* (pp. 15–34). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Universidad de Sonora, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. y Editorial Fontamara, S. A. de C. V. https://www.researchgate.net/publication/368359223_El_complejo_taxonomico_Agave_angustifolia_en_Sonora_2022
- García-Mendoza, A. J., Sandoval-Gutiérrez, D., Casas, A., & Torres-García, I. (2019). *Agave rhodacantha* [White paper]. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. https://www.researchgate.net/publication/338883088_Agave_rhodacantha_View_on_wwwiucnredlistorg_THE_IUCN_RED_LIST_OF_THREATENED_SPECIES
- Gentry, H. S. (1982). *Agaves of Continental North American*. University of Arizona Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1t4m2h4>
- González-Elizondo, M., Galván-Villanueva, R., López-Enriquez, I. L., Reséndiz-Rojas, L., y González Elizondo, M. S. (2009). *Agaves –magueyes, lechuguillas y noas– del Estado de Durango y sus alrededores*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Politécnico Nacional. https://www.researchgate.net/profile/M-Socorro-Gonzalez-Elizondo/publication/322243902_Agaves_-magueyes_lechuguillas_y_noas-_del_Estado_de_Durango_y_sus_alrededores/links/5a4dc0290f7e9b8284c4e786/Agaves-magueyes-lechuguillas-y-noas-del-Estado-de-Durango-y-sus-alrededores.pdf

- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Huerta-Zavala, J., Espinosa-Rodríguez, M., Sarmiento-Villagrana, A., Ochoa-Miranda, R., Segura-Pacheco, H. R., & Hernández-Castro, E. (2024). Areas with agroecological potential for *Agave cupreata* (Trel. & Berger) plantations in Guerrero, Mexico. *Agroproductividad*, 17(12), 181-187. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i12.2920>
- Huerta-Zavala, J., García-Mendoza, A. J., Hernández-Castro, E., Segura-Pacheco, H. R., Damián-Nava, A., y Godínez-Jaimes, F. (2025). Caracterización morfométrica de poblaciones del complejo *Agave angustifolia* (Asparagaceae: Agavoideae) en la región norte de Guerrero, México. *Polibotánica*, (59), 117-139. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.59.7>
- Huerta-Zavala, J., Sabino-Lopez, J. E., Ochoa-Miranda, R., Damián-Nava, A., Segura-Pacheco, H. R., & Hernández Castro, E. (2019). Potential areas for plantations of *Agave angustifolia* Haw in Guerrero, Mexico. *Agroproductividad*, 12(9), 3-9. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1420>
- iNaturalist. (2024, August 16). *Maguey Mexicano (Agave rhodacantha)* [Data set]. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/taxa/281059-Agave-rhodacantha>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Climas 1902-2011* [Cartas climatológicas]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463769361>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021a). *Aspectos Geográficos, Guerrero*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_12.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021b). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional)* [Carta de uso de suelo y

vegetación]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/usv250s7gw>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Marco geoestadístico, diciembre 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463770541>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Conjunto Nacional de Información Topográfica a Escala 1:50 000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551091975>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Conjunto de datos vectorial edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional* [Cartas Edafológicas]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551131916>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2001). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas* [Conjunto de datos]. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2010). *Marco Geoestadístico 2010 versión 4.3 (Censo de Población y Vivienda 2010)* [Marco geoestadístico]. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825296520>

Muñoz-Flores, H. J., Sáenz-Reyes, J. T., Rueda-Sánchez, A., Gómez-Cárdenas, M., Castillo-Quiroz, D., y Castillo-Reyes, F. (2018). Áreas potenciales para plantaciones forestales con *Brosimum alicastrum* Sw., con fines de restauración. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 7-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.133>

Olvera-Vargas, L. A., Pardo-Núñez, J., Aguilar-Rivera, N., y Contreras-Medina, D. I. (2022). Detección de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* con técnicas geomáticas en Guerrero, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), Artículo e2241. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2241

- Reynoso-Santos, R., López-Báez, W., López-Luna, A., Ruíz-Corral, J. A., Castro-Mendoza, I., Cadena-Iñiguez, P., Valenzuela-Núñez, L. M., y Camas-Gómez, R. (2016). Áreas potenciales para el cultivo del agave (*Agave americana* L.) en la Meseta Comiteca, Chiapas. *Agroproductividad*, 9(2), 56-61. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/721>
- Rivas-Meza, N. W., Montalvo-Arquiñigo, N., y Vásquez-Romero, I. R. (2024). Modelación geoespacial para la caracterización agroecología-económica para el desarrollo de los cultivos de agroexportación, unidad hidrográfica Piura, Perú. *Campus*, 29(37), 113-128. <https://doi.org/10.24265/campus.2024.v29n37.06>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00606-018-1525-0>
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Aroita, G., Hauenstein, S., Lahoz-Monfort, J. J., Schröder, B., Thuiller, W., Warton, D. I., Wintle, B. A., Hartig, F., & Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography*, 40(8), 913-929. <https://doi.org/10.1111/ecog.02881>
- Ruiz-Corral, J. A., Pimienta-Barrios, E., y Zañudo-Hernández, J. (2002). Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de *Agave tequilana* en el estado de Jalisco. *Agrociencia*, 36(1), 41-53. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/159>
- Saldaña-Vázquez, R. A., Rojas Soto, O. R., Toro Cardona, F. A., Ortega García, S., y Pérez García, T. (2022). *Bases ecológicas para la propagación de agaves mezcaleros en el Estado de Puebla* (Reporte final del proyecto Convenio CONCyTEP 400/2021). Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla.

https://www.researchgate.net/publication/361017963_Bases_ecologicas_para_la_propagacion_de_agaves_mezcaleros_en_el_estado_de_puebla

Santillán-Fernández, A., López-Frías, J. E., Tadeo-Noble, A. E., Barba-Costeño, H., Velasco-Casarez, L., y Vera-López, J. E. (2025). Zonas potenciales de *Brosimum alicastrum* Sw. y su variabilidad ante escenarios de cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 16(87), 48-71.

<https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i87.1507>

Simonit, S., Abardía-Martínez, A., García-Contreras, G., Ríos-Colín, A., Morales-Pacheco, R., Solano-Solano, B., González-Ortiz, M., Martínez-Rodríguez, S., Arcos-Canseco, M., Ramos-García, A., Brena-García, G., Escalona-Luttig, I., García-López, J., López-Soto, F., Beltrán-Casanova, E., Castro-Negrete, J. L., Vallejo-Molina, R., Ramos-Vásquez, M., Nello, T., y Sandi-Sagot, R. (2020). *Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca, México*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2020-043-Es.pdf>

Standley, P. C. (1926). *Trees and shrubs of Mexico* (Vol. 23). United States National Herbarium. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/374942>

Tena-Meza, M. P., Navarro-Cerrillo, R. M., Villavicencio-García, R., y Contreras-Rodríguez, S. H. (2023). Caracterización agroclimática del cultivo de *Agave tequilana* Weber en la barranca del Río Santiago. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(3), 375-387. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3085>

Vargas-Ponce, O., Zizumbo-Villarreal, D., Martínez-Castillo, J., Coello-Coello, J., & Colunga-García-Marín, 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(2), 448-457. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800176>

Vázquez-García, J. A., Cházaro B., M. de J., Hernández V., G., Vargas-Rodriguez, Y. L., y Zamora T., M. del P. (2007). Taxonomía del género *Agave* en el occidente de México: una panorámica preliminar. En J. A. Vázquez-García, M. de J. Cházaro B.,

G. Hernández-Vera, E. Flores-Barrios y Y. L. Vargas-Rodríguez (Eds.), *Agaves del Occidente de México* (pp. 38-82). Serie Fronteras de Biodiversidad. Universidad de Guadalajara.

https://www.researchgate.net/profile/Jose-Vazquez-Garcia/publication/256082577_Taxonomia_del_genero_Agave_en_el_occidente_de_Mexico_una_panoramica_preliminar/links/5514d3b20cf260a7cb2d98ed/Taxonomia-del-genero-Agave-en-el-occidente-de-Mexico-una-panoramica-preliminar.pdf

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.