

Morfometría de agaves silvestres en el Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo

Morphometry of wild agaves at the Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo

Priscila G. Rosas García ^a, Víctor M. González Mendoza ^b, Edgar I. Roldán Cruz ^c

Abstract:

The morphological variability of five *Agave salmiana* species was evaluated at the Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH). Using specific morphological metrics and discriminant analysis, it was determined that local varieties, commonly recognized by producers, differ significantly from others recorded in the same area. The results showed that variables such as plant length, rosette diameter, leaf number, and leaf length accounted for most of the observed variability, allowing clear statistical differentiation among the analyzed species. Furthermore, local varieties exhibited distinctive characteristics compared to other populations reported in Hidalgo. This study provides scientific evidence supporting producers' empirical knowledge and contributes to the conservation of agave. Additionally, the research includes ongoing cartographic and DNA analyses to scientifically validate these resources, thereby strengthening conservation efforts and promoting sustainable certification.

Keywords:

Agave salmiana, maguey, territory, characterization

Resumen:

Se evaluó la variabilidad morfológica de cinco especies de *Agave salmiana* en el Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH). Mediante métricas específicas y análisis discriminante, se determinó que las variedades locales y comúnmente conocidas por los productores, difieren de otras registradas en la misma área. Los resultados indicaron que variables como la longitud de la planta, el diámetro de la roseta, el número de hojas y la longitud foliar explican la mayor parte de la variabilidad observada, lo que permite una clara diferenciación estadística entre las especies analizadas. Asimismo, se confirmó que las variedades locales presentan características distintas en comparación con otras poblaciones reportadas en Hidalgo. Este estudio aporta evidencia científica que respalda el conocimiento empírico de los productores y fortalece la conservación del maguey. Además, la investigación incluye cartografía y análisis de ADN (en curso), con el objetivo de validar científicamente estos recursos y promover su conservación y certificación sustentable.

Palabras Clave:

Agave salmiana, maguey, territorio, caracterización

Introducción

En México, los agaves se localizan en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, razón por la cual, entre otras causas, han sido infravalorados junto con otras especies con presencia de Metabolismo Ácido de las

Crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés). Sus inversiones son escasas tanto en mejoras agrícolas como en el rescate de especies en peligro de extinción y en alternativas para propiciar sistemas de producción extensivos y sustentables (Davis y Ortiz, 2023).

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | Tulancingo de Bravo-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0003-8550-6624>, Email: ro381385@uaeh.edu.mx

^b SECIHTI | CIAD, SubSede Hidalgo | Pachuca de Soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-0082-9954>, Email: victor.gonzalez@ciad.mx

^c Autor de Correspondencia, SECIHTI | CIAD, A.C. | Pachuca de Soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6811-7967>, Email: rcruze@gmail.com

El sistema de gestión local del RAH opera desde inicios del siglo XXI en la red agroalimentaria de maguey en México, donde su capacidad organizativa y la alta tradición magueyera familiar persisten pese a las circunstancias adversas y las relaciones complejas, lo cual quizá aplica a toda la red agroalimentaria de maguey de México. Roldán, Medina y Gutiérrez (2020), elaboraron una métrica morfológica e identificaron especies y/o subespecies de agaves silvestres presentes en el área de trabajo del RAH (edad propicia de producción), donde los integrantes las conocen comúnmente como maguey manso, maguey del altiplano, maguey cenizo 1, maguey hembra y maguey cenizo 2.

Por lo que se identifica la necesidad urgente de aplicar soluciones científicas que permitan conservar variedades genéticas locales de agaves; aunque Hidalgo es considerado el epicentro nacional del *Agave salmiana*, se han documentado pérdidas significativas de grupos taxonómicos y filogenéticos en las últimas décadas (CONABIO, 2013). A pesar de ello, persiste un conocimiento empírico entre los productores que aún reconocen e identifican variedades locales, lo que representa una oportunidad clave para recuperar, proteger y valorizar dichos saberes en un marco técnico-formal. El presente texto tiene como objetivo identificar la variabilidad morfológica de las especies y subespecies de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck (también conocida como magueyes) presentes en el Rancho de Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH).

Metodología

Para describir los alcances del Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH) se realizaron sesiones de diálogo abierto, se delimitaron y explicaron las condiciones de aprendizaje, y sin dejar del lado aquellas complementarias adquiridas con el paso del tiempo. Se utilizó la métrica morfológica elaborada por Roldán, Medina y Gutiérrez (2020), la cual incorpora ciertos aportes empíricos previos (Figuerado et al., 2014; Barrientos et al., 2019; Álvarez et al., 2020), más aún, las propias directrices de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2014). Desde su primera aplicación (2020), la referida métrica suma 120 registros provenientes de tres Regiones Naturales de la entidad hidalguense (Altiplanicie Pulquera, Comarca Minera y Valle del Mezquital), en los que se sistematizaron, con la ayuda del Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), al menos 20 descriptores agrupados en siete

constructos: longitud, diámetro, formas, bordes, texturas, colores y distancias. Así pues, la referida métrica y, en consecuencia, la base de datos constituye el contraste necesario para la información recabada sobre las cinco especies y subespecies presentes en el Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH).

Así pues, el análisis discriminante fue la técnica de clasificación y segmentación, ya que permite, para fines del presente, pronosticar al grupo al que pertenece una muestra de agave a partir de las características morfométricas definidas. Para asignar nuevos casos a uno de los grupos existentes (por ejemplo, del total de muestras realizadas, a qué agaves se asocian más), así como determinar qué variables independientes contribuyen más a la diferenciación entre los grupos.

La cartografía digital se realizó con el software QGIS 3.32. La información geoespacial empleada consistió en capas vectoriales previamente generadas (puntos y polígonos), proporcionadas como insumo específico para el levantamiento del polígono de trabajo. Estas capas fueron importadas al entorno SIG y sometidas a procesos básicos de edición cartográfica, tales como la verificación de atributos, el ajuste de la simbología, la reclasificación visual, el etiquetado y la organización del orden de las capas.

Resultados

Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo

El polígono de trabajo de RAH se localiza en la Fracción Primera de la Colonia Agrícola y Ganadera Tecocomulco (84 hectáreas en su haber), desincorporada de la Ex Hacienda de Tecocomulco (hoy ejido), perteneciente al municipio de Cuautepéc, Hidalgo (Ver Figura 1). En México, las colonias agrícolas se posibilitan mediante la Ley de Colonización de 1946, secundada por demás instrumentos legales como la Asamblea General de Colonos y el Consejo de Administración (Revel, 1972). Para finales de la década del presente siglo, RAH forma parte de las 800 colonias inscritas en el Registro Agrario Nacional (RAN), la mayoría de ellas concedidas a ciertos grupos de población: indígena, repatriado y pequeños propietarios, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016).

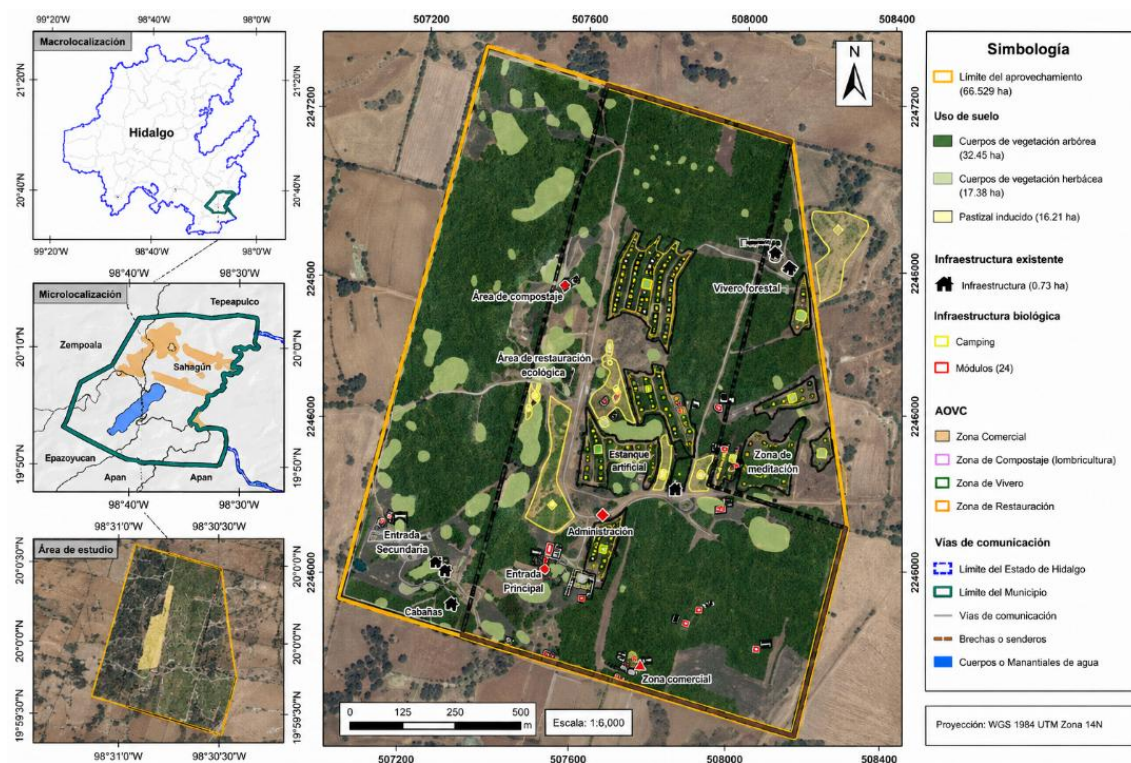


Figura 1. Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo. Fuente: elaboración propia.

El RAH forma parte de una tradición histórica magueyera, pues el territorio donde se ubica estuvo inserto en la época dorada de la llamada Altiplanicie Pulquera (AP). Hasta 1930, esta franja se caracterizaba por estar cubierta de magueyes comerciales y silvestres, explotados por las haciendas y los latifundios; estos llegaron a concentrar más de 250 mil hectáreas (Loyola, 1956). Empero, por las causas y consecuencias de la dotación ejidal que vivió México (desde 1917 y hasta 1940), las campañas negras alrededor del pulque (la de mayor visibilidad señalaba que la fermentación se realizaba con heces de seres vivos), el crecimiento exponencial de la reconversión productiva a su competidor cercano (la cebada fungía como el único cultivo) definieron el letargo productivo del llamado árbol de las maravillas (Valadez, 2014). Según los integrantes del RAH, las consecuencias visibles de impulsar el llamado monocultivo fueron, entre otras, el deterioro y la erosión del suelo, la pérdida de fertilidad de las tierras y la muerte de la flora y la fauna.

Frente a tales escenarios, desde inicios del presente siglo el RAH inicia disímiles acciones vinculados a la forestación y/o reforestación al interior de su polígono de trabajo, resultados que se cuantifican, por una parte transitó de 11% hasta 95% de cobertura vegetal maderable, donde existe evidencia de al menos 10 árboles vinculados a cierta Norma Oficial Mexicana de protección y/o salvaguarda; además un inventario disponible de 10 mil magueyes en edad de 4, 6 y 8

plantados a través del sistema metepantle y/o curvas de nivel se encargan de minimizar la erosión de suelos la erosión y fortalecen el ecosistema forestal y la reforestación a escala (gusano barrenador); y por último, la disponibilidad constante de hasta 100 mil magueyes en viveros propios (reproducción sexual y asexual) a través del propio material vegetativo del polígono de trabajo (Ver Figura 1). Es aquí donde se han detectado al menos cinco especies de magueyes endémicas, y donde el RAH ha iniciado su proceso de inscripción en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (Ver Figura 1). Desde el 2025, RAH impulsa un modelo técnico, ecológico y comunitario que sustente la certificación verde de sistemas agroforestales de terrazas/metepantles con presencia de *Agave salmiana* Otto ex *Salm Dyck*, contribuyendo a su reconocimiento como territorios estratégicos para la conservación de recursos naturales y la valorización de la riqueza biocultural en Hidalgo (ver Figura 1).

Morfometría de agaves

En México, desde hace algunas décadas, existen valiosos enfoques académicos orientados a la caracterización de los agaves, ya sea en el plano vegetativo (planta/hoja), en el plano de armadura (espinas/dientes), en el plano reproductivo (escape floral) y en las relaciones alométricas (proporciones). Se analizaron 172 ejemplares de *Agave angustifolia* (variedades *Agave angustifolia* y

rubescens) y *Agave rhodacantha*, donde priorizaron aspectos de la roseta y la hoja, tales como el color, su altura, el número de hojas y el ancho mayor de la hoja; de forma complementaria fueron incluidos los dientes en el margen, la distancia de la base de la espina terminal al diente más cercano y el ancho de dicha espina (Huerta-Zavala et al., 2025). También en la misma temporalidad, aunque en diferentes territorios, fueron analizados 230 ejemplares de diversas especies (*Agave americana*, *Agave cupreata*, *Agave salmiana* y *Agave Tequilana*), donde los descriptores principales se asociaron al ancho de su base y a la longitud de la hoja y los dientes situados en la parte media (Arroyo-Antúnez et al., 2025).

Figuroa et al. (2014) y Álvarez et al. (2020) se enfocaron en al menos 72 plantas de maguey maduras y de importancia para la extracción de savia (aguamiel), en las que se utilizó una amplia gama de variables métricas y relaciones (ratios) para definir la arquitectura de la planta; es decir, mediante mediciones de la planta, análisis foliares y morfometría de espinas y dientes. Avendaño et al. (2015), evaluaron 91 caracteres morfológicos de *Agave cupreata*; a diferencia de otros estudios centrados en la fase vegetativa, este aporte incluyó descriptores de la planta, la hoja, la espina, la flor, el fruto, la semilla y el escape floral.

OXIDA	PORCENTAJE EN PESO		ISO 4945 (%)		PROME (%)
	mínimo	máximo	mínimo	máximo	
Óxido					típico
Dióxido de silicio (SiO ₂)	46.0	54.0	47.0	53.0	49.5
Sesquióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	16.0	20.0	16.5	18.5	17.5
Óxido de calcio (CaO)	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0
Óxido de titanio (TiO ₂)	0.6	1.5	0.6	1.3	1.0
Óxido de magnesio (MgO)	0.5	2.0	0.5	1.5	1.0
Pérdida por calcinación a 1 000 °C	6.0	8.0	6.0	8.0	7.0
Pérdida por calcinación a 780 °C	3.0	6.0	3.5	5.5	4.5
Álcalis (expresados como Na ₂ O)	0.4	0.9	0.4	0.9	0.7

Figura 2. Análisis Discriminante Múltiple. Fuente: elaboración propia.

Por orden de intensidad (aunque de forma decreciente), sus aportes de asociación al total de masa/información son: 0.944, 0.906, 0.836 y 0.717, respectivamente; el resto de los descriptores registra baja aportación (menor al 1.5), falta de significancia (probabilidades mayores al 0.05) y asociación canónica media baja (hasta 0.407) (Ver Figura 2). Así pues, se observa que, de las cinco especies y/o subespecies del RAH, no se evidencia una asociación y/o vinculación con los 125 registros existentes, según los descriptores evaluados; es decir, su clasificación es correcta: son plantas que difieren en sus características morfométricas (Ver Figura 3).

Especies/subespecies	Manso hembra (RAH)	Xaa'mini	Manso	Cimarron	Ma'ye	Hok'uada	Mu'ta	Manso del Altiplano (RAH)	Cenizo 1 (RAH)	Maguye manso (RAH)	Cenizo 2 (RAH)
Manso hembra (RAH)	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xaa'mini	0	87.5	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Manso	0	6	92	0	0	0	2	0	0	0	0
Cimarron	0	10	0	90	0	0	0	0	0	0	0
Ma'ye	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
Hok'uada	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Mu'ta	0	33.3	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0
Manso del Altiplano (RAH)	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Cenizo 1 (RAH)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
Maguye manso (RAH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Cenizo 2 (RAH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Figura 3. Pertinencia a grupo pronosticada. Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Mapa Territorial. 1, Manso hembra (RAH). 2, Xaa'mini. 3, Manso. 4, Cimarron. 5, Ma'ye. 6 Hok'uada. 7, Mu'ta. 8, Manso del Altiplano (RAH). 9, Cenizo 1 (RAH); 10, Maguye manso (RAH); 11, A y 12, Cenizo 2 (RAH). Fuente: elaboración propia.

De forma visual se identifica que las puntuaciones discriminantes de manso hembra (RAH) transitan entre los valores del manso del altiplano (RAH) y del agave cimarrón que está apuntando en la base inicial (registrado sobre la Región Comarca Minera), mientras que las coordenadas del par de cenizos (1 y 2) reconocen

puntuaciones bastante parecidas entre ellas y sin asociación a otros registros (RAH), y finalmente el llamado maguey manso de RAH se sitúa de forma singular en el mapa territorial (Ver Figura 4).

Así, la aplicación de la caracterización morfométrica, pese a evidenciar diferencias en ciertos determinantes y agaves, debe entenderse que estas están supeditadas a las condiciones edafológicas y climáticas del lugar. A partir de una colecta de los magueyes ya señalados en el RAH, rotulados y transportados a los laboratorios del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), subselección Hidalgo, están por culminar los trabajos de extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN) (Ver Figura 1). El análisis RAPD fue el elegido con Dream Taq PCR Master Mix (2X) (Cat. No. K1072) bajo las condiciones recomendadas por el proveedor.

Conclusiones

El estudio confirma que el Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo (RAH) constituye un reservorio genético singular, pues sus cinco variedades de *Agave salmiana* (manso, altiplano, cenizo 1 y 2, hembra) presentan características morfométricas estadísticamente distintas de las registradas en otras regiones de Hidalgo. El análisis discriminante validó la taxonomía empírica local, destacando que la longitud de la planta y el diámetro de la roseta son los diferenciadores biológicos más robustos entre estas subespecies.

Esto demuestra que el manejo sustentable del RAH no solo ha logrado una exitosa reforestación y el control de la erosión mediante metepantles, sino que también ha preservado fenotipos únicos adaptados localmente. La investigación vincula efectivamente el saber tradicional con la evidencia científica y, junto con los estudios genéticos (ADN) en curso, fundamenta la inscripción de estas variedades en catálogos nacionales. En suma, RAH fortalece la estrategia de conservación biocultural y la certificación verde del territorio como un modelo replicable de rescate agroecológico.

Agradecimientos

A todas y todos los integrantes del Rancho Agrosilvicultores de Hidalgo. Este esfuerzo representa el primero de tres alcances que evidencian la incidencia desde la academia, pero aún no hay resultados tangibles para los y las productoras de maguey en Hidalgo. Este avance fue posible gracias al recurso financiero recibido del Fondo Hidalgo: Ciencia y Tecnología (2025), a través del proyecto: Soluciones Ambientales Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVOC).

Referencias

- Álvarez-Ríos, G., Figueredo-Urbina, C. J., & Casas, A. (2020). Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. *Etnobiología*, 18(2), 3-23.
- Arroyo-Antúnez, V. Y., Huerta-Zavala, J., Segura-Pacheco, H. R., Hernández-Castro, E., García-Escamilla, P., & Godínez-Jaimes, F. (2025). Caracterización morfométrica de agaves mezcateros de la región norte de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(4).
- Avendaño-Arrazate, C. H., Iracheta-Donjuan, 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 (FYTON)*, 84, 148-162.
- Barrientos-Rivera, G., Esparza-Ibarra, E. L., Segura-Pacheco, H. R., Talavera-Mendoza, O., Sampedro-Rosas, M. L., & 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>
- CONABIO (2013). Sistema Integrado de Información Taxonómica (SIIT). Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/CAT>
- Davis, S. y Ortiz, H. (2023). Lessons from the history of Agave: ecological and cultural context for valuation of CAM, *Annals of Botany*, 132 (4), pp. 819-833. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad072>
- Figueredo-Urbina, C. J., Álvarez-Ríos, G. D., García-Montes, M. A., & Octavio-Aguilar, P. (2021). Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico. *PLOS ONE*, 16(7), e0254376.
- Gentry, H. (1982). *Agaves of Continental North America*. Tucson, Arizona: The University of Arizona Press.
- Huerta-Zavala, J., García-Mendoza, A. J., Hernández-Castro, E., Segura-Pacheco, H. R., Damián-Nava, A., & 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>
- INEGI (2016). Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016. <https://www.inegi.org.mx/programas/amca/2016/>
- Loyola E. (1956). La industria del pulque. México. Banco de México, Departamento de Investigaciones Industriales.
- Revel, J. (1972). Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano. Fondo de Cultura Económica.
- Roldán, E., Medina, C. & Gutiérrez, J. (2022). Biomasa y maguey pulquero. Proyecto Financiado. El Colegio del Estado de Hidalgo.
- UPOV (2014). UPOV Código (AGAVE_SPP). https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa/36/tg_agave_proj_1.pdf
- Valadez, J. (2014). Pulque limpio/ pulque sucio: disputas en torno a la legitimidad y la producción social del valor. *Revista Colombiana de Antropología*, 50 (2), pp. 41-63. <https://doi.org/10.22380/2539472X4>