



HORIZONTES TRANSDISCIPLINARIOS

Revista Digital de Divulgación y Difusión Científica

DIÁLOGOS HORIZONTALES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA REGIÓN PACÍFICO SUR (CHIAPAS, OAXACA Y GUERRERO)



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS





SOCIEDAD Y SISTEMAS AGROALIMENTARIOS



Caracterización de agaves endémicos del estado de Chiapas

Borrás-Enríquez Anahi Jobeth¹, González-Escobar Jorge Luis², Moreno-Vilet Lorena^{3*}

¹ Tecnológico Nacional de México/ IT de San Felipe del Progreso, Avenida Instituto Tecnológico S/N, Ejido, Tecnológico, 50640. San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

² Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles, carretera Al Ingenio Plan de Ayala Km. 2, Col. Vista Hermosa, 79010 Ciudad Valles, San Luis Potosí, México

³ Tecnología alimentaria. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Camino arenero 1227. El Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia: LMV, lmoreno@ciatej.mx

Palabras clave:

agave, maguey,
Chiapas, fructanos,
bioactivos

Resumen

El presente trabajo se centró en la identificación y caracterización de tres especies de maguey endémicas del estado de Chiapas como lo son el *Agave americana*, *Agave chiapensis* y *Agave grijalvensis*, dichas variedades tienen gran importancia para las comunidades aledañas de las plantaciones, ya que forman parte de su cultura. Por ello, se documentaron los usos actuales y se realizaron estudios de morfología que permitió el Registro de variedades ante el SNICS. La recolección de las muestras de los diferentes magueyes se realizó en tres sitios de los diferentes del estado de Chiapas. También se realizó la recolección de unidades para su análisis en laboratorio como la caracterización de carbohidratos, extracción de compuestos bioactivos (polifenoles y flavonoides) y actividad antioxidante. Los resultados indicaron que las tres variedades endémicas del estado de Chiapas presentan propiedades atractivas para fomentar su participación en la producción de productos de mayor valor agregado.

Introducción

Chiapas es un importante estado al sur de la República Mexicana con clima cálido y húmedo o templado semihúmedo, donde la temperatura media anual varía entre los 18 y 28°C, haciendo de este territorio el sitio ideal para generación de una gran variedad de cultivos. Chiapas genera una gran cantidad de productos primarios en el país, sin embargo, su procesamiento sólo abarca el manejo pre y poscosecha, con muy pocas opciones de procesamiento para dar valor agregado a dichos productos y que a su vez beneficie al sector productivo.

Los magueyes son plantas monocotiledóneas de crecimiento lento que florecen por única ocasión entre los 5 y 7 años de edad, según la especie y después mueren. Desarrollan una característica inflorescencia en la parte más alta de unseudotallo que puede llegar hasta 9 metros de altura en algunas especies (Aguirre *et al.* 2001, Gallardo Valdez, 2016). Dichas flores ofrecen néctar a insectos, aves



y murciélagos a cambio del polen de otros individuos de su especie. Desde hace más de 10, 000 años el maguey ha sido de gran importancia en la vida de los pueblos de Mesoamérica, se considera “el árbol de las maravillas” debido a la gran diversidad de usos y aprovechamiento que se le ha dado. Se han utilizado como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras duras extraídas de las hojas (ixtle), abono, construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas, entre otros. Sin embargo, el uso que les ha dado la fama es la producción de las importantes bebidas: aguamiel y su fermentado, el pulque, y más tarde de las destiladas: los mezcales (mezcal, tequila, comiteco y bacanora) (CONABIO, 2021). De las 210 especies de maguey que existen, 150 se encuentran distribuidas a lo largo del territorio de México. Estas plantas crecen y se desarrollan mejor en ambientes áridos y semiáridos, aunque también se adaptan bien en climas templados, por lo que la gran variedad de magueyes que existe en México, en parte, también es debido a diversidad de climas y suelo. Particularmente en el estado de Chiapas se encuentran los magueyes *Agave americana*, *Agave chiapensis* y *Agave grijalvensis*, los cuales han sido menos estudiados y explotados comparado con otras especies de maguey del centro y occidente de México (Santiz-Gómez *et al.*, 2012; Cadena-Iñiguez, 2016).

El *Agave americana* es un maguey conocido comercialmente en el estado de Chiapas como comiteco (Figura 1), su uso está ligado a la elaboración de bebidas como aguamiel, pulque y la elaboración de licor denominado “comiteco”. El cultivo es extenso, sin embargo, se encuentra disperso entre diferentes municipios. La propagación de maguey comiteco se realiza por hijuelos por parte de los productores de la localidad de Comitán de Domínguez, de ahí su nombre común. El uso de este maguey se remonta al año 1910 y hoy en día su cultivo es de importancia en el estado de Chiapas, sobre todo para la producción de “comiteco”, el cual es una bebida obtenida de la fermentación y posterior destilación del aguamiel (savia obtenida del raspado del maguey). Los municipios productores de maguey comiteco son Comitán de Domínguez, Amatenango del Valle y Las Rosas.



Figura 1. *Agave americana*, nombre común: maguey comiteco azul, localizado en la región de la meseta comiteca, ubicada a la salida del municipio de Comitán de Domínguez.

El *Agave chiapensis* es una variedad endémica del estado de Chiapas en los alrededores del municipio de San Cristóbal de las Casas; cercanos al ejido Rancho Nuevo (Figura 2). Esta variedad se caracteriza por crecer en áreas frías y cercanas a cerros. Las comunidades indígenas realizan la propagación de dicha variedad mediante hijuelos y los trasplantan en zonas con terreno más plano para tener fácil acceso a ellos. Tienen la tradición desde hace más de 30 años que por cada nacimiento de un integrante de la comunidad ejidal deben trasplantar un hijuelo. El *Agave chiapensis* es utilizado para el desarrollo de una bebida fermentada tipo pulque, como planta de ornato, para elaboración de fibras y como barrera para proteger sus terrenos. Las plantas muestreadas se encontraron en Los Altos, en el ejido de Rancho Nuevo, municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.



Figura 2. *Agave chiapensis*, nombre común: maguey chamula, localizado cerca del ejido Rancho Nuevo en los alrededores del municipio de San Cristóbal de las Casas.

El *Agave grijalvensis* también es una variedad endémica del estado de Chiapas (Figura 3). Actualmente está enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como sujeta a protección especial debido a que sus hábitats se han visto destruidos y fragmentados por la intervención humana, principalmente por la construcción de la Presa Netzahualcóyotl en el cauce del Río Grijalva, entre los municipios de Berriozábal, Tecpatán y Ocozocoautla de Espinosa en el noroeste de Chiapas. El uso por parte de las comunidades ejidales cercanas al cañón del sumidero es como planta de ornato y/o uso como barrera para proteger sus terrenos. Las mismas comunidades realizan la propagación de dicha variedad, mediante hijuelos y siendo trasplantados en otra zona del terreno. Presenta una tradición mayor a 30 años; por cada nacimiento de un integrante de la comunidad ejidal. Dentro de los usos tradicionales de esta especie están: la cutícula de las pencas se utiliza en la elaboración de mixiotes (envuelto de carne) como platillo tradicional.



Figura 3. *Agave grijalvensis*, nombre común: maguey grijalva, localizado en el mirador Las Manos que imploran, en el municipio de San Fernando, Chiapas.

En las regiones aledañas a los sitios con la presencia de magueyes se encuentran presentes habitantes de comunidades indígenas y ejidos; cuyas actividades principales son pastoreo y cultivos, así como la venta de artesanías hechas por ellos mismos. Los magueyes son considerados reliquias de las regiones debido a que permiten la generación de bebidas espirituosas tradicionales como el comiteco, donde se aprovecha sólo la savia de la planta. La transformación de las pencas en productos de mayor valor agregado, aprovechando la presencia de azúcares, fructanos y compuestos bioactivos podría permitir generar una nueva fuente de ingresos para dichas comunidades.

En el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) se realizó la caracterización de dichas especies de maguey del estado de Chiapas. En este documento se presentan y describen los resultados más importantes de dicha caracterización que incluyó morfología, extracción y caracterización de carbohidratos y compuestos fenólicos. Lo anterior, en el marco del programa de Estancias Posdoctorales para Mujeres Mexicanas Indígenas en Ciencia, Tecnología, Ingenierías y Matemáticas, con el proyecto titulado “Evaluación de cultivos primarios de la región del Soconusco, Chiapas para la obtención de compuestos bioactivos de importancia biotecnológica”.

Metodología

Características morfológicas de magueyes del estado de Chiapas

Se realizó trabajo de campo en dos temporadas (2019 y 2020) en sitios específicos del estado de Chiapas, donde se documentaron los usos actuales por entrevista directa con los pobladores. Se realizaron estudios de caracteres morfológicos (altura en planta, diámetro en roseta, número de hojas/roseta, longitud de la hoja, ancho de la hoja, espina apical, distancia entre espina lateral y espina



apical, longitud de diente, ancho basal del diente, distancia mínima entre dientes, distancia máxima entre dientes, número de dientes en 10 cm y proporción de largo/ancho de hoja) (Rodríguez-Garay *et al.*, 2009). Dichos datos permitieron realizar el trámite de Registro de variedades antes el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Extracción y caracterización de carbohidratos

Se tomaron las pencas de las diferentes variedades en estudio (*Agave americana*, *Agave grijalvensis* y *Agave chiapensis*). Se cortaron en fresco tres secciones (superior, medio e inferior), trozos pequeños de 1 cm, y posteriormente se pesó 100 g de cada variedad y se batió en licuadora, utilizando agua como solvente a 80°C durante 30 minutos. Posteriormente se realizó una serie de microfiltraciones hasta 0.45µm para obtener un extracto libre de impurezas. Y posteriormente cuantificar los carbohidratos simples y fructanos presentes por cromatografía de líquidos (HPLC) de acuerdo a la metodología reportada por Moreno-Vilet, *et al.*, (2017).

Extracción y cuantificación de compuestos bioactivos y su actividad antioxidante

Las pencas enteras fueron deshidratadas en un horno de convección a 60°C, durante 48 horas, posteriormente fueron pulverizadas en un molino hasta obtener un polvo fino. Los polvos de agave fueron tamizados hasta obtener un polvo homogéneo. Las extracciones por maceración se realizaron al tomar 1g de polvo de penca de maguey, se disolvió con 50 mL de etanol y se dejó en agitación a 150 rpm durante 24 horas. Transcurrido el tiempo, se filtró hasta obtener un extracto libre de impurezas. Los extractos fueron cuantificados con base en polifenoles (Método de Folin-Ciocalteu), Flavonoides (método de tricloruro de aluminio) y la actividad antioxidante mediante las técnicas de ABTS y DPPH (Borrás-Enríquez *et al.*, 2021).



Resultados

Los resultados de la caracterización de las tres variedades de maguey (Tabla 1) muestran aquellos parámetros morfológicos que permiten definir la singularidad de cada variedad de maguey, en este caso, el *Agave americana* presenta los datos más altos en la mayoría de los parámetros evaluados (altura en planta, diámetro en roseta, longitud de hoja, ancho de hoja, espina apical, distancia mínima entre dientes, distancia máxima entre dientes). Mientras que el *Agave chiapensis* presenta mayor número de hojas por roseta; longitud de diente, número de dientes en 10 cm y, por último, el *Agave grijalvensis* presenta mayor distancia entre la espina lateral y espina apical, distancia mínima entre dientes, proporción largo/ancho. Así mismo, de acuerdo con las diferentes Figuras (1,2 y 3), físicamente se les puede reconocer a cada una de ellas, ya sea por su color, número de hojas y tipo de hoja.

Tabla 1. Caracterización morfológica de magueyes endémicos del estado de Chiapas.

Parámetro	<i>Agave chiapensis</i>		<i>Agave americana</i>		<i>Agave grijalvensis</i>	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
Altura en planta (cm)	123.3	96-151	168	123-194	137.6	105-165
Diámetro en roseta (cm)	162.55	115-240	300.1	240-360	252.45	225-275
No. de hojas/ roseta	32.1	27-40	28.25	23-32	13.15	10-17
Longitud de hoja (cm)	68.2	53-88	133	117-150	129.8	91-156
Ancho de hoja (cm)	15.505	13.5-18	25.35	24-27	13.28	11-20
Espina apical (cm)	2.295	1.6-3.5	3.765	3.2-4.2	2.511	1-3.2
Distancia última espina lateral y espina apical (cm)	7.73	6.5-9.5	11.43	9.1-13.2	13.92	12-16
Longitud de diente (cm)	2.45	2-3	0.515	0.4-0.8	1.4	1-2
Ancho basal del diente (mm)	3.6	3-5	0.55	0.4-0.8	1.945	1-3.2
Distancia mínima entre dientes (mm)	4.25	3-5	2.395	1-3.5	6.25	2-9
Distancia máxima entre dientes (cm)	1.215	0.7-1.6	8.04	4.5-9.8	3.11	1.7-5
No. de dientes en 10 cm	13.4	9-18	2.75	2-4	6.35	3-10
Proporción de largo /ancho	4.408	3.5-5.73	5.2505	4.48-5.57	10.33	5.73-13.7

Con base en la caracterización antes mencionada, los resultados se sometieron al proceso de inscripción al Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, antes el SNICS, cuya solicitud se realizó el 8 de diciembre del 2020 y se obtuvo el registro el 19 de octubre del 2021 con los siguientes números de registro CHAMULA (*Agave chiapensis*). No. Exp. 3908, No. CNVV: AGA-013-191021; COMITECO



AZUL (*Agave americana*) No. Exp. 3909, No. CNVV: AGA-014-191021; GRIJALVA (*Agave grijalvensis*), No. 3910. No. CNVV: AGA-015-191021, (CNVV, 2023). Dicho registro no confiere exclusividad de uso, pero es indispensable en el proceso de calificación de la calidad de las semillas y en el listado oficial de variedades de uso común. Además, dicho registro permite administrar y coordinar el sistema para que fomente la generación y transferencia de tecnología en variedades vegetales, con el fin de incrementar la producción agropecuaria. Esto permite a los productores nacionales la explotación de mejores variedades bajo un marco de certidumbre jurídica y retribución equitativa.

En la Tabla 2 podemos observar la cuantificación de los compuestos bioactivos (polifenoles y flavonoides), así como su actividad antioxidante presente en pencas de maguey. Se observó que el *A. americana* presentó los valores más altos de polifenoles y flavonoides (2.37 mg EAG/g y 3.78 mg EQ/g, respectivamente), sin embargo, su actividad antioxidante es muy baja. Los resultados de *A. grijalvensis* y *A. Chiapensis* son bajos comparado con otros tipos de plantas o frutos. Respecto a la cuantificación de actividad antioxidante por DPPH, la técnica no fue lo suficientemente sensible para la detección.

Tabla 2. Cuantificación de compuestos bioactivos presentes en magueyes endémicos del estado de Chiapas.

Variedad	Polifenoles mg EAG/g	Flavonoides mg EQ/g	ABTS % inhibición	DPPH %Inhibición
<i>A. americana</i>	2.38	3.67	5.109	ND
<i>A. chiapensis</i>	1.36	3.00	2.189	ND
<i>A. grijalvensis</i>	0.70	2.74	1.034	ND

EAG: Equivalentes de Acido Gálico

EQ: Equivalentes de Quercetina

Generalmente el valor de los magueyes para la producción de bebidas fermentadas y destiladas y/o jarabes endulzantes está basado en el contenido de carbohidratos, ya que los azúcares simples son la fuente de carbono que alimenta la fermentación en la elaboración de bebidas. Los fructanos de agave son los carbohidratos de reserva energética del maguey, que se considera fibra prebiótica ya que aporta un efecto benéfico a la salud intestinal de quien lo consume (Espinosa-Andrews *et al.* 2021). Los prebióticos son ingredientes muy cotizados en la industria para elaborar alimentos funcionales o suplementos. En la Figura 4 se presentan los resultados de la caracterización de carbohidratos en distintas fracciones de las pencas como inferior, media y superior para las tres variedades de maguey, en el cual se puede observar que el mayor contenido de carbohidratos se encuentra en el *A. americana* (comiteco) con 3.5-6.2 g/100mL de carbohidratos seguido del *A. chiapensis* (2.5-4 g/100mL) y *A. grijalvensis* (2-3.1 g/100mL). Así también, en la parte baja de la penca se obtuvo mayor concentración de carbohidratos, como era lo esperado, por estar más cerca al tallo o piña, donde se acumula la mayor cantidad de carbohidratos. La gráfica también ilustra la división de estos carbohidratos en dos grandes grupos: fructanos (de color verde) y azúcares simples (color azul). De la misma forma, la mayor proporción de fructanos se encuentra en la parte baja de las pencas con un porcentaje entre 49 y 76%, lo cual es de mayor interés si el fin es extraer esta fibra prebiótica. Por otro lado, si el interés es obtener azúcares simples, que puedan servir para diversos procesos de fermentación o bien producción de jarabes endulzantes, se buscaría hidrolizar el porcentaje de fructanos presente aun en las pencas.

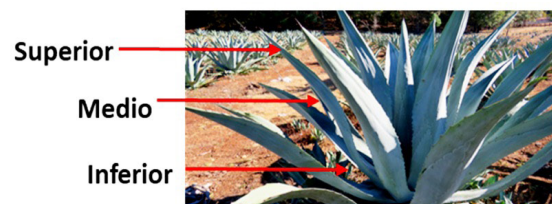
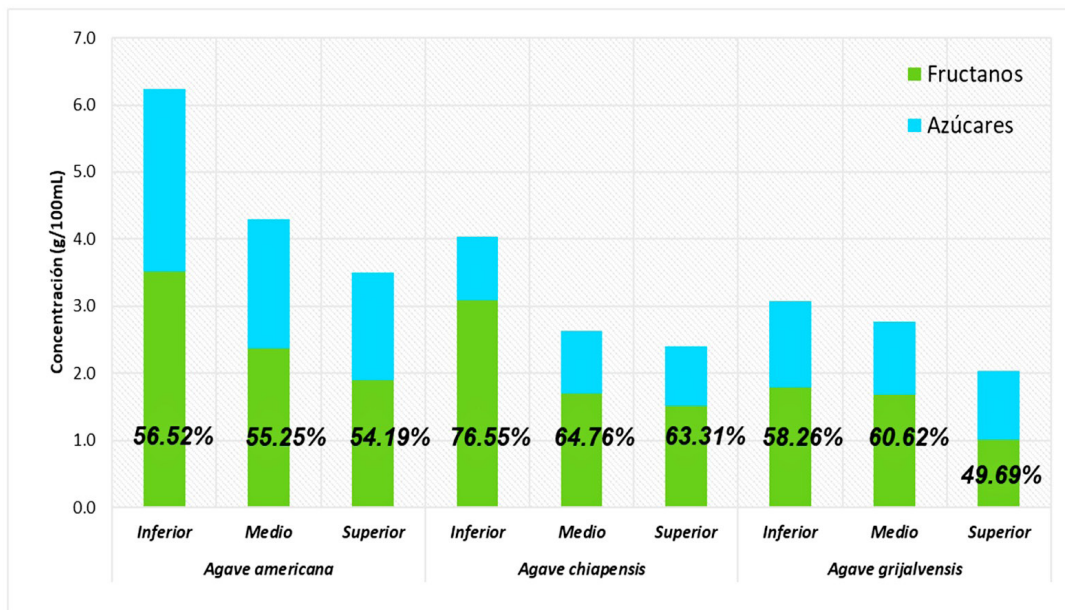


Figura 4. Cuantificación de carbohidratos (azúcares simples y fructanos) presentes en distintas fracciones de las pencas de magueyes de Chiapas.

Conclusiones

Se logró la identificación de tres variedades de magueyes endémicas de Chiapas: *A. grijalvensis*, *A. chiapensis*, *A. americana*, las cuales fueron registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales ante el SNICS. Dicho registro le permitirá dar una protección para no ser transportada a otros países y mantener su origen. La mayor concentración de carbohidratos se encontró en el *Agave americana*. De las pencas de las tres especies de magueyes se logró obtener jugos de 2-6.3 g/100mL, dependiendo de la fracción y especie de maguey, de los cuales el 49-76% son fructanos. Se detectó la presencia de compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides en las pencas de las tres especies de maguey, aunque en bajas concentraciones. Estos resultados indican que las tres variedades endémicas del estado de Chiapas presentan propiedades atractivas para fomentar su participación en la producción de productos de mayor valor agregado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.



Financiamiento

Dichos proyectos se realizaron con recurso de los proyectos CIESAS CEAR2018-06 y FORDECYT-CONACYT 292474.

Referencias

- Aguirre-Rivera, J.R., Charcas Salazar, H. y Flores Flores, J. L. (2001). *El maguey mezcalero potosino*. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Gobierno del Estado de San Luis Potosí e Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Gallardo-Valdez, J. (2016). *Breviario Mezcalero*. (Ed.). CIATEJ. <https://www.agared.org/libro-breviario-mezcalero>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). *Magueyes*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes>.
- Santiz-Gómez, J.; Rincón, Reiner; Gutiérrez-Miceli, F. (2012). In vitro propagation of *Agave grijalvensis* B.Ullrich, an endemic species from Chiapas under special protection. *Gayana - Botánica*, 69, 23-30.
- Cadena-Iñiguez, P. (2016). ÁREAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DEL AGAVE (*Agave americana* L.) EN LA MESETA COMITECA, CHIAPAS. *Agroproductividad*, 9, 56-61.
- Rodríguez-Garay, B., Lomelí-Sención, J.A., Tapia-Campos, E., Gutiérrez-Mora, A., García-Galindo, J., Rodríguez-Domínguez, J.M., Urbina-López, D. and VicenteRamírez, I. (2009). Morphological and molecular diversity of *Agave tequilana* Weber var. Azul and *Agave angustifolia* var. Lineño. *Ind. Crops Prod*, 29, 220-228.
- Catálogo Nacional de Variedades Vegetales en línea. (2023) <https://lookerstudio.google.com/reporting/5b7206ba-e190-48fe-9696-73523bfccf58/page/itBWB>
- Moreno-Vilet, L.; Bostyn, S.; Flores-Montaño, J.L.; Camacho-Ruiz R.M. (2017). Size-exclusion chromatography (HPLC-SEC) technique optimization by simplex method to estimate molecular weight distribution of agave fructans. *Food Chemistry*, 237, 10.1016/j.foodchem.2017.06.020.
- Borrás-Enríquez, A. J., Reyes-Ventura, E., Villanueva-Rodríguez, S. J., & Moreno-Vilet, L. (2021). Effect of Ultrasound-Assisted Extraction Parameters on Total Polyphenols and Its Antioxidant Activity from Mango Residues (*Mangifera indica* L. var. Manililla). *Separations*, 8(7), 94. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/separations8070094>
- Espinosa-Andrews, H., Urías-Silvas, J.E., & Morales-Hernández, N. (2021). The role of agave fructans in health and food applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 585-598. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.022>.