



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





DESARROLLO Y PROCESOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS



Los agaves del sur y sus fructanos

Rosa María Camacho Ruiz^{1*}, Mirna Estarrón Espinosa²,
Javier Plácido Arrizón Gaviño¹ y Anne Christine Gschaedler Mathis¹

¹ Biotecnología Industrial, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, Jalisco, México.

² Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia: Rosa María Camacho Ruiz, rcamacho@ciatej.mx

Palabras clave:

Agave, fructanos,
fibra soluble,
extracción,
caracterización.

Resumen

Los agaves acumulan energía a lo largo de su vida, la cual utilizarán para florecer y reproducirse. La manera como los agaves acumulan la energía es sintetizando moléculas complejas llamadas fructanos, cadenas de fructosas unidas por enlaces químicos. Los fructanos del agave se pueden recuperar empleando distintos procesos mecánicos y físicos, de tal manera que los podemos extraer de las plantas, purificar y secar para tener un polvo soluble en agua. Este polvo de fructanos puede servir para la salud intestinal de los humanos y animales dado que se considera como fibra dietética soluble, indispensable para la salud digestiva. En este texto explicaremos cuáles variedades de agaves encontramos en el sur de México, qué procesos podemos usar para extraer los fructanos de estos agaves y, finalmente, mostraremos algunas características químicas estructurales de los fructanos extraídos de agaves de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Se colectaron muestras de *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata* de los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca. Se realizó la extracción de azúcares solubles en agua y posteriormente se realizó la caracterización de los azúcares extraídos utilizando metodología de HPLC-SEC. Se observó que el grado de polimerización (GP) promedio osciló entre 8.15 y 21.80. En las muestras analizadas se detectaron porcentajes de fructooligosacáridos (FOS) que oscilaron entre 12 y 78%. Se observó que los azúcares libres son mayoritariamente fructosa (40-80%), seguido de sacarosa (3 - 40%) y glucosa (3-30%). Los agaves del sur muestreados en este proyecto mostraron potencial para obtener de ellos fibras solubles o agavinas mostrando diversidad en el GP y contenido de azúcares libres, encontrando que se pueden obtener productos diferenciados pero también productos similares de los fructanos comerciales de *Agave tequilana*.



Introducción

México es poseedor de una gran diversidad de especies de agaves. Los agaves o magueyes son plantas monocotiledóneas que pertenecen a la familia *Asparagaceae*. Existen más de 200 especies y, particularmente, el centro y sur de México tienen la mayor diversidad de ellas (Mendoza-García, 2007). Los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca se caracterizan por tener ecosistemas con diversas especies de agaves, algunas especies de interés económico que encontramos en esta región son *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata* (Mendoza-García, 2007). Generalmente estas especies se utilizan en la región para la producción de bebidas alcohólicas, como el mezcal; sin embargo, los agaves pueden ser aprovechados para otros usos, entre los que se encuentran las fibras digestivas o fructanos de agave.

Los fructanos de agave, también conocidos como agavinas, son moléculas complejas, compuestas por fructosas, unidas entre sí y que, además, se encuentran formando ramificaciones (López *et al.*, 2003). Se ha documentado que los fructanos de agave son útiles para la salud digestiva debido a que funcionan como fibra soluble con capacidad prebiótica (Marquez-Aguirre *et al.*, 2013), esto quiere decir que cuando son ingeridos por una persona los fructanos resisten las enzimas digestivas y son capaces de pasar intactos a los intestinos, donde son usados como alimento por las bacterias benéficas o también conocidas como microbioma intestinal. Tener una adecuada cantidad de bacterias benéficas en el intestino permite una buena salud digestiva y, en general, una mejor salud de las personas.

Los fructanos de agave ya se comercializan en México y en el mundo bajo el nombre comercial de inulina de agave, estos se extraen principalmente de *Agave tequilana*, y comienza a encontrarse también fructanos de *Agave salmiana*, que han sido estudiados respecto de su extracción y uso como estimulantes del sistema inmune (Moreno-Vilet *et al.*, 2014; Plascencia *et al.*, 2022). Los fructanos comerciales de *Agave tequilana* han sido ampliamente caracterizados (Alvarado *et al.*, 2014). Se sabe que los fructanos de agave son una mezcla de moléculas de diferente tamaño o grado de polimerización (DP) y que, dependiendo de su tamaño, tendrán distinto efecto en salud humana, los fructanos de cadena corta tuvieron efecto en ratones con dietas altas en grasa disminuyendo la ganancia de peso (Marquez-Aguirre *et al.*, 2013). Sin embargo, poco se sabe sobre los fructanos de otras especies de agave distintas del *Agave tequilana* y de si es posible su extracción. El estudio realizado a agaves de Oaxaca como *Agave angustifolia* mostró mayor contenido de sacarosa y fructanos de alto peso molecular, mientras que *Agave potatorum* mostró mayor contenido de fructanos de cadena corta (FOS), glucosa y fructosa (Márquez-López *et al.*, 2022). La extracción de los fructanos de agave es relativamente fácil dado que son sustancias solubles en agua, los métodos consisten en molienda, extracción con agua, purificación y secado (López *et al.*, 2017).

Dado el panorama que aquí se aborda, nos planteamos coleccionar agaves del sur del país, particularmente de Guerrero, Chiapas y Oaxaca, con el objetivo de extraer sus fructanos y caracterizarlos utilizando métodos de laboratorio. En este artículo encontrarán la descripción de los agaves muestreados, de los métodos de extracción de sus fructanos y las características estructurales que encontramos en los fructanos extraídos.



Metodología

Agaves muestreados: Se colectaron los corazones o piñas y, en algunos casos, pencas de los siguientes agaves: *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata* de los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca (Tabla 1).

Tabla 1. Agaves colectados de la región Pacífico Sur de México

Especie	Región/ Estado
<i>A. angustifolia</i> espadín	Huitzuco, Guerrero
<i>A. cupreata</i>	Chilapa, Guerrero
<i>A. cupreata</i>	Mazatlán, Guerrero
<i>A. cupreata</i> capón	Los amates, Chilapa, Guerrero
<i>A. cupreata</i> capón	Los amates, Chilapa Guerrero
<i>A. potatorum</i>	San Juan del Río, Oaxaca
<i>A. angustifolia</i> espadín	San Juan del Río, Oaxaca
<i>A. angustifolia</i> espadín	San Juan del Río, Oaxaca
<i>A. americana</i> (corazón)	Comitán, Chiapas
<i>A. americana</i> (corazón y penca)	Comitán, Chiapas

Extracción de fructanos

Los fructanos contenidos en los corazones y pencas provenientes de las diferentes muestras de la Tabla 1 fueron extraídos con la siguiente metodología: Las piñas o cabezas de agave fueron lavadas con agua a presión para eliminar tierra y materia extraña. Se realizó la reducción de tamaño mediante cortes con cuchilla y coa, de forma manual. Los fragmentos de agave se procesaron en el molino de tres mazas, obteniéndose a partir de esta molienda el bagazo y el jugo de agave crudo. Al jugo de agave crudo se le practicó una coagulación térmica a 80°C durante 30 minutos, seguido de un enfriamiento en hielo hasta 15°C para evitar alguna fermentación o deterioro microbiológico. Los jugos tratados fueron centrifugados a 4000 rpm por 30 min en una centrífuga. El sobrenadante fue recuperado y conservado a -12°C, hasta su secado. El jugo fue deshidratado por aspersión a 170°C, con una temperatura de 65-70°C en la salida del producto. El polvo de fructanos fue envasado en bolsa plástica doble para evitar humectación y conservado para su caracterización.

Caracterización de los fructanos

Cromatografía de exclusión de tamaño (HPLC-SEC): la distribución del grado de polimerización de los fructanos de agave fue realizada usando la metodología reportada por Moreno-Vilet (2017). Las muestras fueron diluidas y filtradas a través de un filtro de 0.45 µm. El sistema cromatográfico consistió en un instrumento Waters e2695 acoplado a un detector de índice de refracción (2414 RI). La fase estacionaria consiste de una columna de exclusión de tamaño Ultrahydrogel DP (7.8 mm d.i. x 300 mm, Waters, Milford, Ma, USA). La fase móvil fue agua MiliQ (18 MΩ) con un pH 5.4. El cálculo de los parámetros de la distribución del peso molecular se realizó con las ecuaciones reportadas por Moreno-Vilet *et al.* (2017). Se tomaron diez muestras de fructanos de agave comerciales extraídos de *Agave tequilana* como contratipo para comparar.



Cuantificación de sacarosa, glucosa y fructosa por HPLC-RI

La cuantificación de la sacarosa, glucosa y fructosa presentes en las muestras de los fructanos de agave se realizó por HPLC-RI. Se utilizó un instrumento Waters e2695 acoplado a un detector de índice de refracción 2414 RI. La fase estacionaria fue una columna Aminex HPX-87 C de intercambio iónico (300 x 7.8 mm, Biorad) y la fase móvil fue agua MiliQ (18 MΩ). El flujo fue de 0.55 mL/min, la temperatura de operación de la columna fue de 60° C y el volumen de inyección fue de 10 µL. La curva de calibración de sacarosa, fructosa y glucosa fue realizada en un rango de 10 a 30 g L⁻¹ de cada componente.

Resultados y discusión

Agaves muestreados

La región Pacífico sur (Guerrero, Chiapas y Oaxaca) fue seleccionada para el muestreo dado que este trabajo se insertó en el marco del proyecto “Estrategias multidisciplinarias para incrementar el valor agregado de las cadenas productivas del café, frijol, agave mezcalero y productos acuícolas (tilapia) en la región Pacífico sur a través de la ciencia, la tecnología y la innovación”. Por tanto, este trabajo pretende abonar en el aprovechamiento del agave mezcalero para la producción de fructanos de agave como moléculas para la salud humana.

Los agaves que se muestrearon corresponden a las siguientes especies: *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Agave potatorum*, *Agave cupreata*. Estas especies son de interés económico dado que se usan para la producción de mezcal en la zona de estudio. A continuación, se describen algunas características importantes de cada especie. *Agave angustifolia*, conocido también como agave espadín, es la especie más cultivada en Oaxaca y en otros estados de la cuenca del Pacífico mexicano (Mendoza-García, 2007). Una característica morfológica particular de esta especie son sus hojas largas y angostas, se puede confundir con *A. tequilana*, pero este último tiene un color azulado. *Agave americana*, se conocen distintas variedades de esta especie (americana, oaxacensis, marginata) y, dependiendo de la variedad, se encuentran distintas morfologías. La variedad americana es un agave de gran tamaño, sus hojas son anchas y grandes de color verde blanquecino, se han documentado distintos nombres comunes: blanco, coyote, arroqueño, maguey (Figueredo-Urbina *et al.*, 2021). *Agave potatorum*, también conocido como tobalá o Papalometl (que significa mariposa), es un agave con hojas ovaladas y anchas en la base como alas de mariposa, se distribuye en Oaxaca, Puebla y algunas zonas de Guerrero. *Agave cupreata*, esta especie de agave se localiza principalmente en Guerrero y Michoacán, se caracteriza por sus espinas de color cobre, hojas anchas verde claro, muy dentadas con espinas marcadas en los bordes, se utiliza para la producción de mezcal (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2015).

En la Tabla 1 se muestran los agaves que fueron colectados en la región sur de México, en localidades de Comitán, Chiapas; San Juan del Rio, Oaxaca; Huitzucó, Chilapa y Mazatlán, Guerrero.

Método de extracción

El método para extraer los fructanos del agave consiste básicamente en una reducción de tamaño de la muestra, que puede hacerse a nivel industrial con una desgarradora, como la que se usa en la industria del tequila para reducir tamaño. El siguiente paso consiste en una extracción de los azúcares utilizando agua, de preferencia a 80°C. Los siguientes pasos permitirán la eliminación de saponinas, ceras, proteínas, etc., se pueden hacer con un choque térmico, seguido de centrifugación. En la industria se hace una clarificación y una remoción de sustancias distintas de fructanos empleando resinas de intercambio iónico. Finalmente, los fructanos pueden concentrarse por evaporación o de preferencia hacer un secado por aspersión.

En las muestras de agave colectadas del sur se siguió el método que se describe con detalle en la sección de metodología, se lograron obtener fructanos de todas las muestras colectadas y fue posible secar utilizando un secador por aspersión, es importante comentar que si la muestra contiene una elevada concentración de fructosa libre el proceso de secado se ve afectado. En la Figura 1 se describe a grandes rasgos el proceso de extracción de fructanos a partir de agaves.

Figura 1. Proceso para la extracción de fructanos de agave. El agave se procesa crudo.



Caracterización de los fructanos extraídos

Es importante puntualizar que los fructanos de agave son sustancias formadas de fructosas unidas entre sí. En una muestra de fructanos extraídos podemos encontrar una población de moléculas, dicho de otra manera, vamos a encontrar muchas moléculas con distinto número de fructosas unidas entre sí, en el laboratorio lo que podemos ver es el valor promedio. Al número de fructosas que están unidas se le llama grado de polimerización o GP, en el laboratorio se cuantifica de qué tamaño es toda la población de moléculas que existe en la mezcla y se obtiene un promedio (Moreno-Vilet *et al.*, 2017). El GP nos indica las características del fructano de agave, a menor tamaño tendrá una mayor capacidad como prebiótico y a mayor tamaño podrá usarse, por ejemplo, como agente espesante en alimentos (Santiago-García *et al.*, 2017). El GP depende de muchos factores, entre otros, de la especie de agave, de la edad en la que se cosecha, de las características de la región donde fue cultivado, clima, suelo (Arrizón *et al.*, 2010).

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la caracterización de los fructanos extraídos de los agaves colectados en la región sur de México, observamos que el GP promedio osciló entre 8.15 y 21.80, llama la atención que el agave capón de Guerrero tiene los valores de grado de polimerización GP más bajos (8 -10), esto podría deberse a que el agave capón (que se ha cortado el escapo floral para que no florezca) comienzan un proceso de autohidrólisis de los fructanos para generar fructosa libre y que pueden usar como energía para florecer.

Tabla 2. Peso molecular y grado de polimerización de diferentes fructanos de Agave extraídos de agaves de la región del pacífico sur de México obtenidos por la técnica de HPLC-SEC.

Especie de agave	M _n (g/mol)	GP _n
<i>A. angustifolia</i> espadín, Huitzuco, Guerrero	3330.94	20.44
<i>A. cupreata</i> Chilapa, Guerrero	2834.08	17.37
<i>A. cupreata</i> , Guerrero	3551.52	21.80
<i>A. cupreata</i> capón, Guerrero	1641.96	10.02
<i>A. cupreata</i> capón, Guerrero	1338.33	8.15
<i>A. potatorum</i> , San Juan del rio, Oaxaca	2528.25	14.87
<i>A. angustifolia</i> , San Juan del rio, Oaxaca	2915.17	17.89
<i>A. angustifolia</i> espadín, San Juan del rio, Oaxaca	2922.71	17.92
<i>A. americana</i> (cabeza), Comitán, Chiapas	2106.70	12.89
<i>A. americana</i> (cabeza-penca), Comitán, Chiapas	1872.76	11.40
<i>A. tequilana</i> , Fructanos comerciales*	2701.58	16.32

M_n=Masa molar promedio en número, GP_n= grado de polimerización promedio en número. *Se analizaron fructanos comerciales de *A. tequilana* como contrapunto para comparar.



Por otro lado, los agaves que presentaron grados de polimerización más elevados, es decir, que tienen más unidades de fructosa (20 - 22) unidas, fueron el *A. angustifolia* espadín de Huitzuco y el *A. cupreata*, ambos de Guerrero. En general, los *A. angustifolia* de Oaxaca mostraron mayores (17) GP que los *A. americana* de Chiapas (12). Se observó que los fructanos extraídos de *A. angustifolia* de Oaxaca mostraron GP (17) similares a los que se encuentran para fructanos comerciales de *A. tequilana* (GP 16).

Otro parámetro que se exploró en los agaves del sur es la distribución de tamaños (Figura 2), este parámetro se refiere a en qué proporción encontramos la población de moléculas en la mezcla de fructanos, es decir, qué cantidad tenemos de moléculas grandes y cuántas moléculas pequeñas. Las moléculas pequeñas son aquellas que tienen entre 3 y 10 unidades de fructosa; mientras que los fructanos grandes tienen entre 10 y hasta 40 fructosas unidas (Moreno-Vilet *et al.*, 2017). Cabe aclarar que, en promedio, los agaves estudiados mostraron de 8 a 21 fructosas unidas entre sí (GPn promedio).

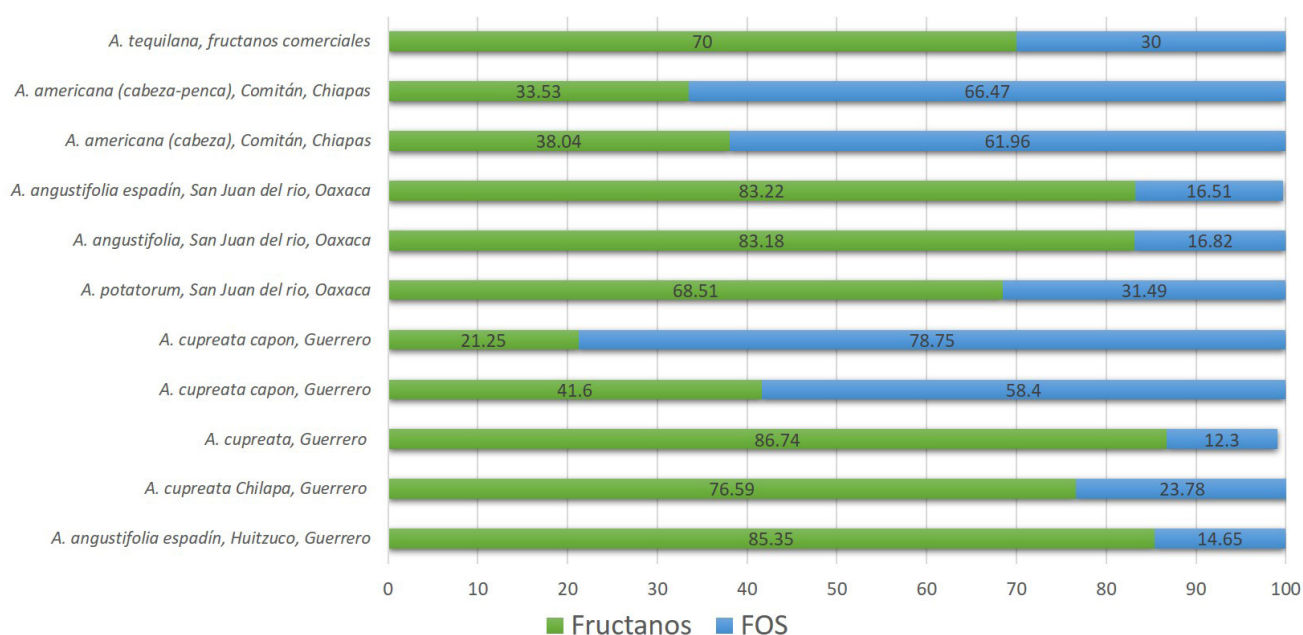


Figura 2. Distribución de tamaños de los fructanos polimerizados. Los porcentajes se muestran en base seca y se refieren a la proporción que guardan entre sí los Fructanos (fructanos con GP mayores a 10) y los FOS (fructooligosacridos de GP entre 3 y 10)

Pero, ¿por qué nos interesa saber cuántos fructanos pequeños, mejor conocidos como fructooligosacáridos (FOS), contiene el agave estudiado? Se ha visto que los fructanos pequeños o FOS son buenos para la salud digestiva, en particular podrían ayudar en problemas de obesidad, se observó una disminución en la ganancia de peso de ratones alimentados con dietas altas en grasa (Márquez-Aguirre *et al.*, 2013). En las muestras analizadas se detectaron porcentajes de FOS que oscilaron entre 12 y 78% (Figura 2), siendo el valor más bajo encontrado para el *A. cupreata* de Guerrero y el más alto en el *A. cupreata* capón, también de Guerrero; esto confirma nuestra hipótesis que se plantea en la sección anterior de que cuando el agave se capa existe una ruptura o hidrólisis de los fructanos para producir moléculas más pequeñas y poder usarlas como energía. Resulta interesante también que los *A. americana* de Chiapas contienen mayor porcentaje de FOS (61 – 66%) que los *A. angustifolia* de Oaxaca o Guerrero (14 -16%). En el caso de los fructanos de agave comerciales de *A. tequilana*, encontramos contenido de FOS del 30%. Similar a los extraídos de Agave *potatorum* de

Oaxaca. Los agaves con alto contenido de FOS pueden ser empleados como prebióticos en distintas formulaciones o como ingredientes altos en fibra con aplicación para la salud digestiva. Por otro lado, los fructanos con alto contenido de fructanos de cadena larga pueden ser empleados como espesantes en formulaciones alimentarias, entre otros usos.

Se analizó también el contenido de azúcares libres, glucosa, fructosa y sacarosa (Figura 3), los resultados que se muestran en la figura 3 están representados en base seca y se muestra la proporción que guardan entre sí los azúcares libres. En general, se observó que los azúcares libres son mayoritariamente fructosa (40-80%), seguido de sacarosa (3 - 40%) y glucosa (3-30%). Los agaves con elevado contenido de fructosa pueden ser destinados a la elaboración de jarabes de agave, que son empleados como edulcorantes por la industria alimentaria y como producto unttable a manera de miel por el consumidor final.

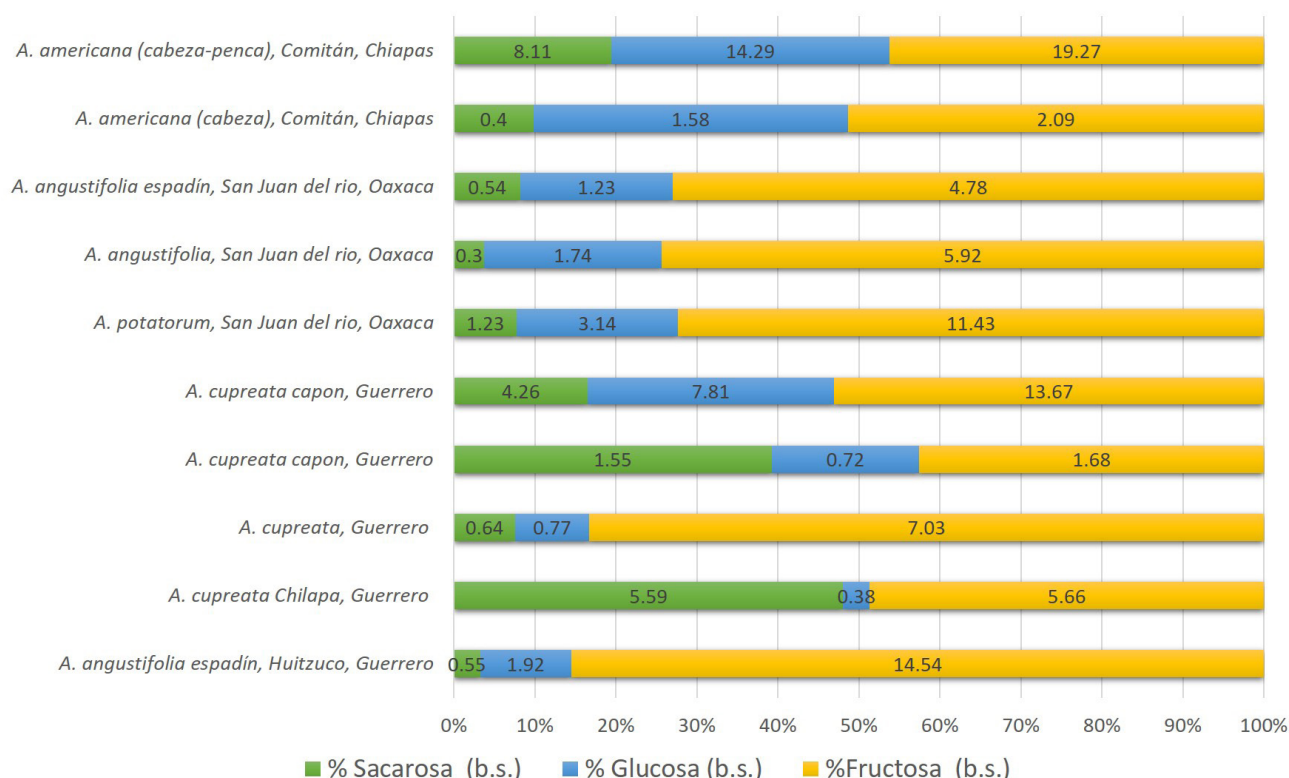


Figura 3. Distribución de azúcares libres, fructosa, glucosa y sacarosa. Los porcentajes se muestran en base seca y se refieren a la proporción que guardan entre sí los azúcares libres.

Conclusión

Los agaves del sur muestreados en este proyecto mostraron un gran potencial para obtener de ellos fibras solubles, mejor conocidas como fructanos de agave o agavinas. Estos agaves representan una alternativa de aprovechamiento de la diversidad de los agaves mezcaleros incrementando el valor agregado de los mismos a través de procesos de extracción de azúcares o fructanos útiles en salud humana. Los fructanos extraídos de *Agave angustifolia*, *Agave americana*, *Agave potatorum* y *Agave cupreata* muestran composiciones de interés por la diversidad que mostraron en el GP y contenido de azúcares libres, encontrando que se pueden obtener productos similares, pero también diferenciados de los fructanos comerciales de *Agave tequilana*. Por otro lado, se concluye que la diversidad de agaves



de la región Pacífico sur podrían tener diversas aplicaciones en las industrias alimentaria y de salud dado la diversidad de composiciones que se encuentran.

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

Este trabajo fue financiado por CONACYT en el marco del proyecto FORDECYT 29247 “Estrategias multidisciplinarias para incrementar el valor agregado de las cadenas productivas del café, frijol, agave mezcalero y productos acuícolas (tilapia) en la región Pacífico sur a través de la ciencia, la tecnología y la innovación”.

Referencias

- Alvarado, C., Camacho, R. M., Cejas, R., & Rodríguez, J. A. (2014). Perfil de fructooligosacáridos de agave comerciales empleando ultrafiltración y cromatografía en capa fina de alta resolución. *Revista mexicana de ingeniería química*, 13(2), 417-427.
- Arrizón, J., Morel, S., Gschaedler, A., & Monsan, P. (2010). Comparison of the water-soluble carbohydrate composition and fructan structures of Agave tequilana plants of different ages. *Food Chemistry*, 122(1), 123-130.
- 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. *Phyton* (Buenos Aires), 84(1), 148-162.
- 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.
- Lopez, M. G., Mancilla-Margalli, N. A., & Mendoza-Díaz, G. (2003). Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 7835-7840.
- López, M. G., Camacho-Ruiz, R. M., González-Avila, M., Mellado-Mojica, E., Moreno-Vilet, L., Godínez-Hernández, C. I., Aguirre-Rivera, J. R., De la Mora-Amutio, M., Juárez-Flores, B. I., Ramos-Clamont, M. G., Armenta-Corral, R. I., Prado-Ramírez, R., Mendoza-Rivera, M. A., Arrizon, J., Andrade-González, I., Aldrete-Herrera, P. I., Ortiz-Basurto, R. I. (2017). Fructanos de agave: actualidad y perspectivas. En *Panorama del aprovechamiento de los agaves en México* (pp. 70-120). CONACYT, CIATEJ, AGARED.
- Márquez-Aguirre, A. L., Camacho-Ruiz, R. M., Arriaga-Alba, M., Padilla-Camberos, E., Kirchmayr, M. R., Blasco, J. L., & González-Avila, M. (2013). Effects of Agave tequilana fructans with different degree of polymerization profiles on the body weight, blood lipids and count of fecal Lactobacilli/Bifidobacteria in obese mice. *Food & Function*, 4(8), 1237-1244.



- Márquez-López, R. E., Santiago-García, P. A., & López, M. G. (2022). Agave Fructans in Oaxaca's Emblematic Specimens: *Agave angustifolia* Haw. and *Agave potatorum* Zucc. *Plants*, 11(14), 1834.
- Mendoza-García, A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, (87), 14-23.
- Moreno-Vilet, L., Garcia-Hernandez, M. H., Delgado-Portales, R. E., Corral-Fernandez, N. E., Cortez-Espinosa, N., Ruiz-Cabrera, M. A., & Portales-Perez, D. P. (2014). In vitro assessment of agave fructans (*Agave salmiana*) as prebiotics and immune system activators. *International Journal of Biological Macromolecules*, 63, 181-187.
- Moreno-Vilet, L., Bostyn, S., Flores-Montano, 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, 833-840.
- Plascencia, A., Gutiérrez-Mora, A., Rodríguez-Domínguez, J. M., Castañeda-Nava, J. J., Gallardo-Valdez, J., Shimada, H., & Camacho-Ruiz, R. M. (2022). Molecular weight distribution of fructans extracted from *Agave salmiana* leaves. *Botanical Sciences*, 100(3), 657-666.
- Santiago-García, P. A., Mellado-Mojica, E., León-Martínez, F. M., & López, M. G. (2017). Evaluation of *Agave angustifolia* fructans as fat replacer in the cookies manufacture. *LWT*, 77, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.028>