

**Artículo de investigación**<https://doi.org/10.61767/mjte.002.2.1021>

Figueredo-Urbina et al., 2023

Recibido: 08-06-2023

Revisado: 17-07-2023

Aceptado: 09-08-2023

Publicado: 31-08-2023

# CARACTERIZACIÓN DEL METZAL: UNA DE LAS BONDADES DEL AGAVE PULQUERO

## CHARACTERIZATION OF METZAL: ONE OF THE BENEFITS OF PULQUE AGAVE

C. J. Figueredo-Urbina<sup>1</sup>, G. Medina-Pérez<sup>2</sup>, J. Juárez-Muñoz<sup>2</sup>, R. González-Tenorio<sup>2</sup>, A. Peláez-Acero<sup>2</sup> y O. Arce-Cervantes<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Investigadora por México CONACYT, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, CP 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, CP 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

Correspondencia: \*[oarce@uaeh.edu.mx](mailto:oarce@uaeh.edu.mx)

### Resumen

Los agaves han sido fuente de alimento desde hace 10 mil años, las piñas o tallo y la base de las hojas cocidas fueron y son ampliamente consumidas, de la savia se obtienen una bebida fresca conocida como el aguamiel y cuando esta se fermenta se obtiene pulque. También ha sido usado para otros propósitos, de hecho, existe 22 categorías de usos para los agaves, con cerca de 100 usos específicos. Dentro de los usos alimenticios que se les da a los agaves, encontramos al *Metzal*, un tejido vegetal o pulpa obtenida cada vez que se raspa el maguey para coleccionar el aguamiel. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue documentar la extracción, usos y preparación del *Metzal*, además de las características nutricionales, la cual permitirán evaluar y discutir el potencial alimenticio de este ingrediente y así proponer recomendaciones para su preparación y consumo. En algunos lugares este producto solo se usa como alimento para animales, mientras en otros ha servido como un recurso importante en épocas de escases, incorporándose en recetas de importancia cultural como las tortillas y los tamales. Se puede obtener *Metzal* durante dos veces al día, una planta de maguey pulquero produce en promedio 174 gramos. Los análisis proximales indicaron que el *Metzal* contiene aportes importantes de azúcares que oscila entre los 62 a 79% y de proteínas de casi 2 a 6% equivalente a las cantidades que podemos encontrar en otros vegetales. También posee altos contenidos de fibra cruda entre 8 a 21%, de hecho, este componente se asocia a beneficios a la salud. El *Metzal* resultó ser un producto con alto potencial alimenticio, el cual es promisorio como alimento funcional.



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

**Palabras clave:** Agaváceas, metzal, alimento funcional, cocina tradicional.

### Abstract

Agaves have been a source of food for 10,000 years; the pineapples or stem and the base of the cooked leaves were and are widely consumed. A fresh drink known as *aguamiel* is obtained from the sap and when it is fermented, *pulque* is obtained. It has also been used for other purposes, in fact, there are twenty-two categories of uses for agaves, with close to one hundred specific uses. Among the food uses given to agaves, we find the *Metzal*, a vegetable tissue or pulp obtained each time the agave is scraped to collect the mead or aguamiel. In this sense, the objective of this work was to document the extraction, uses and preparation of *Metzal*, in addition to the nutritional characteristics, which will allow to evaluate and discuss the nutritional potential of this ingredient and thus propose recommendations for its preparation and consumption. In some places this product is only used as animal feed, while in others it has served as a valuable resource in times of scarcity, being incorporated into culturally important recipes such as tortillas and tamales. *Metzal* can be obtained twice a day, a pulque agave produces an average of 174 grams. The proximal analyzes indicated that the *Metzal* contains important contributions of sugars that oscillates between 62 to 79% and proteins of almost 2 to 6%, equivalent to the amounts that we can find in other vegetables. It also has high crude fiber content between 8 to 21%, in fact, this component is associated with health benefits. *Metzal* turned out to be a product with high nutritional potential, which is promising as a functional food.

**Keywords:** Agavaceae, metzal, functional food, traditional cuisine.

### 1. Introducción

Los agaves o magueyes son recursos genéticos de gran importancia biocultural para México, principalmente por la diversidad de usos, interacción que tuvo su origen hace unos 10,000 años (Colunga-García Marín et al. 2017). Dentro del género *Agave* existen unas 200 especies, de las cuales un 75% son endémicas de México (García Mendoza et al. 2019). Se distribuyen en diversos ecosistemas naturales y en agroecosistemas tradicionales llamados *metepantles*, otros son manejados de manera intensiva en monocultivos (Galan Reséndiz, 2018; García Nuñez et al. 2020; Torres-García et al. 2019; Zuñiga-Estrada et al. 2018).

Entre los aprovechamientos de los agaves está el comestible, sus tejidos eran cocidos y se masticaban para extraer sus jugos.

Históricamente, destaca su uso para producir *pulque*, una bebida fermentada tradicional de gran arraigo cultural (Escalante et al. 2016; Trejo et al. 2020). Actualmente, la importancia económica y cultural que poseen los agaves es para la producción de mezcal y tequila, sin embargo, existe un amplio uso de aprovechamiento alimenticio, producción de fibras, en la construcción, como combustible y en la medicina tradicional. De los agaves pulqueros, particularmente, se obtienen recursos comestibles como: chinicuiles, gusano blanco de maguey y hongo de maguey. Se han agrupado cerca de 100 usos específicos (Colunga-GarcíaMarín et al. 2017; Trejo et al. 2022), y para cada parte de la planta en las distintas fases de su crecimiento provee de diversos recursos (Bucio Peña et al. 2023).



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

De toda la diversidad de agaves que son usados en México, los agaves pulqueros destacan por ser multipropósito al dar variados beneficios. Son cerca de 40 especies las que se emplean para extraer la savia y fermentarla para obtener el pulque, siendo el estado de Hidalgo la entidad con mayor agrobiodiversidad, además también el estado cuenta con la mayor producción de pulque a nivel nacional y la mayor cantidad de hectáreas cultivadas de agave pulquero, siendo la especie *Agave salmiana* subespecie *salmiana* la que principalmente se cultiva (Figueredo-Urbina et al. 2021; Narváez Suarez et al. 2020; Vega-García et al. 2023).

El metzal, mechal o metsal, o Xí'mfi en Hñähñu, es la pulpa o tejido vegetal que resulta del proceso de raspado del cajete del maguey para que emane el aguamiel (Bravo Vargas, 2014), esta palabra proviene del náhuatl *Metzalli*, *Metl*: maguey y *tzalli*: raspadura, entonces significa raspadura o rasgadura de maguey. Desde la época prehispánica es conocido por parte de los pueblos originarios, evidenciando su uso desde hace más de 400 años (Ramírez Rodríguez, 2021; Sahagún, 1999). Por otro lado, en Hidalgo este ingrediente se utiliza en la cocina tradicional para la preparación de tortillas que se conocen como *metlaxcal* y algunos guisos de uso muy local (Buenrostro, 2020; Magaña Santiago, 2019). Actualmente, la incorporación como ingrediente parece tomar auge, sin embargo; la información del proceso de colecta, cocción y preparación es escasa, además se desconoce las características nutricionales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es documentar la extracción, usos y preparación del metzal en tres localidades del estado de Hidalgo y determinar algunas características bromatológicas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Colecta de muestras

El trabajo se llevó a cabo en Rancho La Gaspareña, el Jardín de Mayahuel, (Singuilucan,

Hgo), y en Tepa el Chico (Zempoala, Hgo). En el Rancho La Gaspareña existen 12 hectáreas dedicadas al cultivo del maguey pulquero en sistema productivo metepantle, con árboles frutales nativos, criollos y cultivo de milpa. El Jardín de Mayahuel es una hectárea y media en donde se mantienen ocho variedades tradicionales de maguey pulquero, están sembradas en hileras que se combina con la vegetación natural. En la localidad de Tepa el Chico, los magueyes están como linderos (Tabla1).

Se realizaron recorridos con productores, tlachiqueros, cocineras tradicionales y un chef de cocina mexicana, para identificar las labores en torno a la obtención del metzal, proceso de preparación y los usos gastronómicos. Se recolectó metzal de las variedades de maguey pulquero en producción. Se almacenaron en bolsa de plástico y fueron transportados en refrigeración (4°C) para evitar su fermentación. Una vez en el laboratorio se procedió a pesar el metzal colectado (174.4 g) en una balanza Ohaus PA214 y se dejó secar sobre papel adsorbente. Adicionalmente, se realizó la cocción de dos muestras de metzal.

Se determinó la humedad de metzal pesando 5 g de muestra en una cápsula de aluminio previamente tarada y a peso constante, se colocó la cápsula en una estufa que se calibró a una temperatura de 100°C por 24 h. Transcurrido ese tiempo se sacó la cápsula de la estufa y se colocó en un desecador para enfriar a temperatura ambiente, posteriormente se pesó la cápsula.



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

**Tabla 1.** Localidades estudiadas en los municipios de Singuilucan y Zempoala, se indica la condición de la muestra de *Metzal* y el peso de la muestra recién colectada de las variedades tradicionales de agaves pulqueros de las especies *Agave salmiana* y *A. mapisaga*.

Localidad	Variedad	Muestra	Peso (g)
Rancho La Gaspareña	Manso	Cocida y congelada por 6 meses	187*
Rancho La Gaspareña	Manso	Cocida y puesto a secar de inmediato	118*
Rancho La Gaspareña	Manso	Fresca	216
Jardín de Mayahuel	Manso	Fresca	238.9
Jardín de Mayahuel	Manso	Fresca	127
Jardín de Mayahuel	Manso	Fresca	69
Tepa el Chico	Manso	Fresca	185
Rancho La Gaspareña	Chalqueño	Fresca	188
Jardín de Mayahuel	Tempranillo	Fresca	147
Tepa el Chico, Zempoala	Carricillo	Fresca	224
		<b>Promedio</b>	<b>174.36 ± 51.07</b>

\*Corresponde al peso de la muestra posterior a su cocción.

### 2.2 Características bromatológicas

El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjendahl de acuerdo con la norma oficial 950.36. Para la determinación de cenizas se utilizaron crisoles a peso constante (110°C durante 12 h), en donde se pesó 3 g de muestra de metzal, posteriormente las muestras fueron calcinadas en una mufla Lindberg (TPS Termo products Solutions Riverside, MI, USA), haciendo incrementos de temperatura desde 180°C cada hora hasta llegar a 550°C, y se siguió la calcinación hasta obtener un color grisáceo blanquecino aproximadamente por 4 h. El porcentaje de cenizas se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \left[ \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \right] \times 100$$

El contenido de grasa se evaluó mediante la extracción de grasa utilizando éter de petróleo por el método Soxlet en un sistema de extracción automática Büchi, Extraction System B-811 (Büchi Labortechnik AG, Flawill, Suiza). Se colocaron 3 g de muestra dentro del dedal de celulosa, luego se colocaron en el equipo. Por otra parte, los vasos de extracción fueron puestos en una estufa hasta peso constante (110°C durante 12 h), el dedal y los vasos se colocaron en la estufa, para evaporar el residuo de solvente por 2 h, posteriormente se colocaron en un desecador por 24 h, después se pesaron. Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de grasa} = \left[ \frac{\text{Peso del crisol con grasa} - \text{Peso del crisol vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \right] \times 100$$



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

Finalmente, para la determinación de fibra cruda se pesaron 0.5 g de muestra seca desgrasada. Se colocó en un vaso de Berzelius de 600 mL y se añadió 200 mL solución de  $H_2SO_4$  0.225 N en ebullición, en seguida se colocó en el aparato de digestión manteniendo en ebullición suave durante 30 minutos, pasado ese tiempo, se filtró y se lavó el residuo con agua hirviendo hasta que se obtuvo un pH neutro. Luego se transfirió el residuo al vaso Berzelius, donde se adicionaron 200 mL de solución de NaOH 0.313 N en ebullición, nuevamente colocándolo con el aparato de digestión, manteniendo la ebullición durante 30 minutos. El residuo se filtró y se lavó con 25 mL de solución de ácido sulfúrico 0.225 N se filtró y posteriormente se lavó tres veces con agua destilada en ebullición, posteriormente con 25 mL de alcohol absoluto. El residuo se puso a secar en un crisol en una estufa durante dos horas a 130°C. Finalmente, se llevó a una mufla donde fue calcinado a 600°C durante 4 h aproximadamente. Los cálculos se hicieron mediante la siguiente formula:

**Fibra cruda = [(Peso del crisol con el residuo seco en gramos - Peso del crisol con el residuo calcinado en gramos) x 100] / Peso de la muestra seca.**

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Usos del metzal y formas de preparación

Se realizaron entrevistas abiertas a los productores (n = 3), tlachiqueros (n = 3), cocineras tradicionales (n = 2) y un chef, en las tres localidades estudiadas. Además, se realizaron recorridos en cada localidad (n = 6, dos en cada localidad) para conocer los detalles de la recolección del metzal y se colectaron muestras provenientes de las variedades: manso, chalqueño, tempranillo (*Agave salmiana* subespecie. *salmiana*) y carricillo (*A. mapisaga*). En las localidades del municipio Singuilucan el metzal se utiliza para el autoconsumo y también para la venta. En el municipio de Zempoala no se consume, su consumo está asociado a gente de

pueblos originarios y de bajo recursos económicos. En el maguey se puede obtener su aguamiel dos veces al día (Bucio Peña et al. 2023) y en algunos lugares donde las temperaturas son extremas hasta tres veces, esto debido a que las altas temperaturas hacen que se acelere el proceso de fermentación y para evitarlo se colecta el aguamiel en la mañana, al medio día y en la tarde (Vega-García et al. 2023). La actividad de raspado la lleva a cabo el tlachiquero, quien destapa el cajete del maguey y una vez retirada el aguamiel con el acocote, se procede a raspar el cajete para que siga manando el aguamiel. Se utiliza un raspador o cuchara (Fig. 1A-B), y se va raspando de manera que se le siga dando la forma atecomatada o redondeada que caracteriza al cajete. De acuerdo con el conocimiento tradicional, la manera de raspar debe ser sutil, pues si se hace un raspado muy fuerte puede conllevar a que el maguey deje de producir aguamiel y se blanquee, es decir que las hojas se pongan blancas y el maguey no produce savia y termina por secarse. Cuando el metzal se va a utilizar, el tlachiquero lleva un envase que sirve para ir juntando la raspa (Fig. 1C), se lleva al tinacal y de allí a la cocina para proceder con su preparación (Fig. 1E). Cuando el metzal no se procesa inmediatamente se le coloca agua que cubra el tejido para evitar que se torne de un color café. Un maguey de raspa produce entre 70 a 250 gramos de metzal, en promedio son  $174.4 \pm 57$  gramos. La cantidad de metzal producido va a depender del tamaño del maguey, el filo del raspador y la fuerza con la cual se raspa el cajete. Las tandas de producción de magueyes pulqueros (es decir los magueyes que se están raspando) oscila entre unos 10 a 60 plantas por día, lo cual sería una producción de 1.5 a 10 kilos aproximadamente en cada una de las raspas, para un total de casi 20 kg en un día.

En las localidades estudiadas el metzal generado se tira en el mismo lugar donde está el maguey (Fig. 1D). Algunos productores destinan el metzal para el consumo de animales domésticos (burros y borregos). Por otro lado, durante la época de escases de alimento en estas zonas productoras, el metzal se combinaba con el nixtamal, con esto



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

hacerlo rendir (Bucio Peña et al. 2023) para preparar tortillas y/o tamales (Fig. 2A, B). Desde hace unas dos décadas se ha retomado el uso gastronómico del metzal y se ha innovado en su incorporación en diversos platillos de la cocina mexicana tradicional y también contemporánea.

Una vez colectado el metzal este debe prepararse de preferencia inmediatamente, pues si se deja sin cocinar se torna color café e incluso puede llegar a fermentarse. El procedimiento de preparación del metzal consiste en retirar las impurezas, insectos y partes de otras plantas. Se lava tres veces y se lleva a cocción por unos 40 minutos con sal y bicarbonato de sodio (Fig. 2C), hasta que el metzal esté tierno. Al manipular el metzal puede resultar en un enrojecimiento que es una dermatitis de contacto, por lo que se recomienda utilizar guantes para protegerse (Fig. 1E). Los agaves contienen elevados niveles de saponinas, también ácido oxálico y cristales de oxalato de calcio en estructuras conocidas como rafidios, tanto en las hojas como en el tallo o cormo central, y ha sido documentado que produce dermatitis purpúrea de agave o dermatitis de contacto (De la Cueva et al. 2005; Figueredo Urbina et al. 2018; Salina et al. 2001). Se ha documentado además que los tipos de saponinas que contiene esta planta son de tipo esteroideas, que además tienen actividad antiinflamatoria, entre otras actividades biológicas (Figueredo Urbina et al. 2018).

Una vez que se cocina, se escurre y está listo para incluirse en diversos platillos, generalmente como sustituto de proteína animal. Si el metzal no se le realiza el tratamiento adecuado, este producirá comezón cuando se consuma, llegando incluso a ser desagradable. Entre los platillos más populares que se preparan está: metzal a la mexicana (Foto 2 D-E), tinga de metzal, como relleno de tamales con diversas salsas y tortitas de metzal. En algunas localidades del Valle del Mezquital se utiliza en un tipo de sopa y algunos guisos.

### 3.2 Análisis químico proximal

Las muestras de metzal de agaves pulqueros presentaron diferencias en la composición

proximal en algunos parámetros. De esta manera, en la Tabla 2 se presentan los promedios obtenidos en las cuatro variedades tradicionales de agaves pulqueros que se evaluaron, donde se aprecia que variedad chalqueño y tempranillo presentaron un 10% más de carbohidratos solubles en comparación a la variedad manso y carricillo.

En los últimos años, los alimentos provenientes de plantas son importantes como fuente de moléculas de valor agregado, lo cual ha conllevado a un interés creciente en el campo de la alimentación y el desarrollo de productos alimenticios. Los consumidores buscan ingredientes naturales, con mayor valor nutritivo y beneficios a la salud, dichos ingredientes describen funcionalidad y tienen valor nutracéutico (Bchir et al. 2014; Bouaziz et al. 2017). Los resultados obtenidos mostraron azúcares totales ( $76.706 \pm 0.193$  a  $61.866 \pm 0.678$ ) y proteínas ( $5.728 \pm 0.333$  a  $2.157 \pm 0.087$ ). Los valores de proteína fueron similares a los de las hojas de *Agave americana* reportados por Bouaziz et al. (2014) y relativamente superiores a las de las hojas de *A. americana* encontradas por Bouaziz et al. (2020). Estas diferencias entre los dos estudios podrían estar relacionadas con las preparaciones de los productos alimentarios, la variación de las especies botánicas, el estado de madurez de las hojas recolectadas, el período de recolección, así como el efecto de los factores precosecha.

Por otro lado, después del proceso de cocción del metzal los valores de los carbohidratos disminuyeron en la variedad manso, mientras que la cantidad de fibra cruda fue del doble en las muestras cocidas. Este hecho ha sido documentado en otros alimentos como el pan, reportando hasta un 20% de incremento de fibra, esto es común en otros alimentos como frijoles, lentejas y habas, debido a la asociación entre almidones y proteínas que se establecen en el alimento después de la cocción (Alfonzo González, 2000; Saura-Calixto et al. 1992). En cuanto al contenido de proteína, la variedad manso resultó del doble comparado con las otras variedades, aun cuando



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

estas se lleven a cocción. En este sentido, el metzal es un alimento de alto valor nutricional debido a sus contenidos de carbohidratos, fibra y proteínas, donde la variedad manso es promisoría para que el metzal se destine al consumo culinario.

Un componente funcional en el metzal es la fibra, la cual presentó un contenido de  $20.9 \pm 0.82$  a  $8.2 \pm 0.2$ . Las recomendaciones actuales para la ingesta diaria de fibra oscilan entre 25 y 30 g (Bouaziz et al. 2017). Los beneficios para la salud asociados con la ingesta adecuada de fibras dietéticas incluyen niveles más bajos de colesterol y azúcar en la sangre, menor riesgo de estreñimiento, obesidad, diabetes,

complicaciones cardíacas, cáncer de colon y recto, cálculos biliares, hemorroides, hernia, aterosclerosis e inflamación, entre otros (Elluch et al. 2011). Estos beneficios para la salud han atraído al consumidor hacia los alimentos ricos en fibra. El metzal presenta posible potencial uso en el sector alimentario, por la fibra, además de incorporarse como un producto más dentro de la cadena productiva del pulque, lo que antes era considerado como desperdicio para algunos hoy puede ser empleado como alimento nutritivo y mantener las tradiciones y costumbres en torno al maguey pulquero.

**Tabla 2.** Análisis proximal de muestras de metzal obtenidas de cuatro variedades de agaves pulqueros de las especies *Agave salmiana* subespecie *salmiana* y *A. mapisaga* (Singuilucan y Zempoala, Hgo, México).

VARIEDAD DE AGAVE PULQUERO	SOLIDOS TOTALES	HUMEDAD	EXTRACTO ETereo-GRASA	PROTEINAS	MINERALES-CENIZA	FIBRA CRUDA	CARBOHIDRATOS SOLUBLES
Manso <i>Agave salmiana</i> subespecie <i>salmiana</i>	93.0±0.11	7.0±0.11	0.6±0.23	4.1±1.05	7.1±2.16	11.0±2.6	70.1±5.03
Manso-cocido <i>Agave salmiana</i> subespecie <i>salmiana</i>	93.2±0.70	6.8±0.70	1.2±0.87	3.9±0.26	5.5±0.59	20.3±0.82	62.3±0.36
Chalqueño <i>Agave salmiana</i> subespecie <i>salmiana</i>	92.9±0.03	7.1±0.03	0.97±0.01	2.2±0.27	4.8±0.14	8.7±0.43	76.1±0.73
Tempranilo <i>Agave salmiana</i> subespecie <i>salmiana</i> lo	93.0±0.13	6.9±0.13	1.2±0.16	2.6±0.09	6.3±0.24	8.4±0.41	74.6±0.57
Carricillo <i>Agave mapisaga</i>	92.6±0.09	7.4±0.09	1.0±0.09	2.1±0.08	6.4±0.07	12.7±0.35	70.3±0.54

Se muestran los valores promedios ± desviación estándar de tres réplicas por muestra.



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023



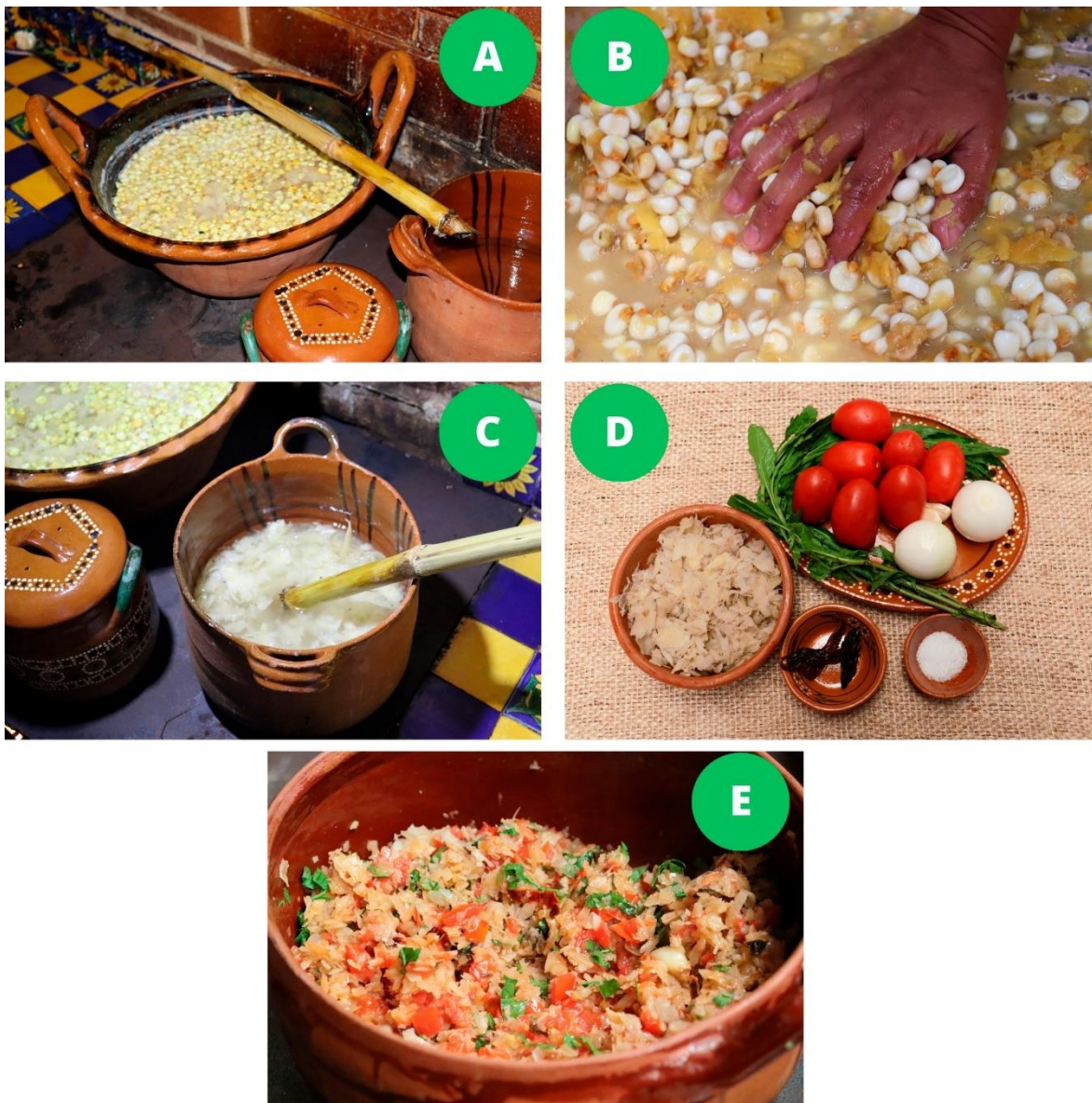
**Figura 1.** Proceso de obtención del *metzal*; A) Raspador o cuchara, herramienta con la cual se raspa el cajete del maguey; B) Raspado de la piña de maguey y obtención del *metzal*; C) *Metzal* recién colectado; D) Tlachiquero en la labor de colecta de aguamiel y raspado del cajete del maguey, se aprecia el *metzal* en el suelo; E) Lavado y limpieza del *Metzal*, debe usarse guantes para protegerse de los compuestos que pueden producir irritación (Fotos CJ Figueredo).





## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023



**Figura 2.** Preparación tradicional del metzal. A-B) Preparación de Nixtamal con metzal para preparar tortillas y tamales, C) Cocción del metzal recién colectado, D-E) Ingredientes para la preparación de metzal a la mexicana y platillo ya listo (Fotos CJ Figueredo).



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

### 4. Conclusión

Los agaves o magueyes pulqueros son plantas que proveen de múltiples beneficios o bondades al ambiente y a los humanos. En espacios productivos de magueyes, la producción de metzal diaria puede ser de casi 20 kilogramos, y esta cantidad es suficiente para ser ampliamente usado en preparaciones de la cocina mexicana tradicional para autoconsumo, también para la comercialización. El metzal posee un potencial para el desarrollo de productos alimenticios, dado los contenidos de proteína, carbohidratos y fibra. Actualmente estas cantidades de metzal producido en los sistemas productivos son desechados y en una pequeña fracción es empleada como forraje de animales. Con esta investigación presentamos información inédita de este recurso, se seguirá profundizando acerca del aporte de nutricional detallado del metzal, además del contenido de compuestos saludables, y con esto detonar el aprovechamiento y la comercialización del metzal en la cadena productiva del maguey. Como parte de las perspectivas de investigación y del trabajo colaborativo y de incidencia en las comunidades magueyeras, las preguntas estarán ahora orientadas a realizar estudios que permitan identificar los tipos de carbohidratos que contiene, los minerales, vitaminas y compuestos con actividad biológica, así como tecnologías y protocolos del manejo, innovar en el uso y preparación del metzal, para obtener productos derivados de calidad y con ello activar la economía de las comunidades y el consumo de ingredientes locales, saludables y de bajo costo. Adquirimos el compromiso de presentar los avances de esta investigación con las comunidades con las cuales trabajamos para estudio. En ese sentido, ya se ha compartido los resultados en dos foros, donde los participantes han expresado interés en seguir colaborando en la investigación y que se presente estos resultados a otros integrantes de la comunidad para maximizar el aprovechamiento del metzal y la salvaguarda de las tradiciones de la cultura del maguey y el pulque.

### 5. Agradecimientos

Agradecemos a los manejadores de magueyes y las familias que nos abrieron las puertas de sus hogares para la realización de esta investigación, en particular al Rancho la Gasparena y Jardín de Mayahuel y Xocoyol Arte Gastronómico Mexicano. Gracias a Carlos G. Vásquez Osorio por la colecta de muestras en el municipio de Zempoala, Hidalgo. La investigación es parte del Proyecto Investigadoras e Investigadores por México CONACYT CIR/0010/2022, con financiamiento parcial del proyecto Soberanía Alimentaria CONACYT 317510.

### 6. Referencias

1. Alfonso González, G. C. (2000). Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(3), 281-285.
2. Bchir, B., Rabetafika, H. N., Paquot, M., & Blecker, C. (2014). Effect of Pear, Apple and Date fibres from Cooked Fruit by-products on Dough Performance and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1114-1127.
3. Bouaziz, M. A., Abbes, F., Mokni, A., Blecker, C., Attia, H., & Besbes, S. (2017). The addition effect of Tunisian date seed fibers on the quality of chocolate spreads. *Journal of Texture Studies*, 48(2), 143-150.
4. Bouaziz, M. A., Mokni, A., Masmoudi, M., Bchir, B., Attia, H., & Besbes, S. (2020). Gelling qualities of water-soluble carbohydrate from Agave americana L. leaf extracts. *Food Bioscience*, 35, 100543.
5. Bouaziz, M. A., Rassaoui, R., & Besbes, S. (2014). Chemical Composition, Functional Properties, and Effect of Inulin from Tunisian Agave americana L. Leaves on Textural Qualities of Pectin Gel. *Journal of Chemistry*, 2014, 1-12.



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

6. Bravo Vargas, G. (2014). *Vocabulario náhuatl del maguey y el pulque*. Zempoala, Hidalgo, México: Edición del autor.
7. Bucio Peña, R., Figueredo Urbina, C. J., Jiménez, M. M., & Moreno Montiel, R. (2023). Los usos y costumbres de la plantas de las mil maravillas: Los Magueyes. *Memorias del Octavo Congreso Nacional del pulque*, 15-23.
8. Buenrostro, M. (2020). IV Historia de la cocina Hidalguense. En M. I. Saldaña Villareal, & R. Guerrero Bustamante, *Hidalgo a través de su cocina* (pág. 325). D. R. Agencia Promotora de Publicaciones S. A. de C. V. .
9. Colunga-GarcíaMarín, P., Zizumbo-Villarreal, D., Torres, I., Casas, A., Figueredo Urbina, C. J., Rangel-Landa, S., . . . Carrillo-Galván, G. (2017). Los agaves y las prácticas mesoamericanas de aprovechamiento, manejo y domesticación. En A. Casas, T.-G. Juan, & F. Parra, *Domesticación en el continente americano. Investigaciones para el manejo sustentable de recursos genéticos en el nuevo mundo*. (págs. 273-309). Lima: Universidad Nacional Autónoma de México.
10. De la Cueva, P., González-Carrascosa, M., Campos, M., Leis, V., Suárez, R., & Lázaro, P. (2005). Dermatitis de contacto por Agave americana. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 96(8), 534-536.
11. Elluch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411-421.
12. Escalante, A., López Soto, D. R., Velázquez Gutierrez, J. E., Bolivar, F., & López-Munguia, A. (2016). Pulque, a Traditional Mexican Alcoholic Fermented Beverage: Historical, Microbiological, and Technical Aspects. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1026.
13. Figueredo Urbina, C. J., Casas, A., Yesenia, M.-D., Santos-Zea, L., & Gutiérrez-Urbe, J. (2018). Domestication and saponins contents in a gradient on management intensity of agaves: *Agave cupreata*, *Agave inaequidens* and *A. hookeri* in central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65, 1133-1146.
14. 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, México. *Plos One*, 16(7), e0254376.
15. Galan Reséndiz, M. (2018). Contribución al entendimiento del Sistema Agroforestal con metepantle en Tepetlaoxtoc, México. *Universidad Autónoma Chapingo*, 103.
16. García Mendoza, A. J., Franco Martínez, I. S., & Sandoval Gutierrez, D. (2019). Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, 1-18. doi:<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>
17. García Nuñez, R. M., Galán Reséndiz, M., Cuevas Sánchez, J. A., & Álvarez Hernández, R. (2020). Identificación y caracterización Morfológica de agaves en sistemas agroforestales con metepantle en tierras campesinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 917-929. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2468>
18. Magaña Santiago, M. d. (2019). Biodiversidad, Patrimonio y cocina. Procesos Bioculturales sobre alimentación-nutrición. *Secuencia*.
19. Narváez Suarez, A. U., Cruz León, A., & Sangermán Jarquín, D. M. (2020). Servicios ambientales: sistema agroforestal tradicional con plantas de maguey pulquero en la Altiplanicie, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1957-1969.



## Artículo de investigación

Figueredo-Urbina et al., 2023

20. Ramírez Rodríguez, R. (2021). La especialización agrícola de la región de losllanos de Apan. El surgimiento del cultivo del maguey de aguamiel (Siglos XVI-XVIII). *Estudios de Historia novohispana*, 64, 41-84.
21. Sahagún, B. (1999). *Historia general de las cosas de la Nueva España* (41 ed.). Mexico: Porrúa.
22. Salina, M. L., Ogura, T., & Soffchi, L. (2001). Irritant contact dermatitis caused by needle-like calcium oxalate crystals, raphides, in Agave tequilana among workers in tequila distilleries and agave plantations. *Contact Dermatitis*, 44(2), 94-96.
23. Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., & Mañas, E. (1992). Formation of resistant starch in deproteinized and non-deproteinized beans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46(2), 109-111.
24. Torres-García, I., Rendón-Sandoval, F. J., Blancas, J., & Moreno-Calees, A. I. (2019). The genus Agave in agroforestry system of México. *Botanical Sciences*, 97(3), 263-290. doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
25. Trejo, L., Luz-Velázquez, M. L., Vallejo, M., & Adriana, M. (2022). Differentiating knowledge of Agave landraces, uses and management in Nanacamilpa, Tlaxcala. *Journal of Ethnobiology*, 42, 3150.
26. Trejo, L., Reyes, M., Cortés-Toto, D., Romano-Grande, E., & Muñoz-Camacho, L. L. (2020). Morphological Diversity and Genetic Relationships in Pulque Production Agaves in Tlaxcala, Mexico: by Means of Unsupervised Learning and Gene Sequencing Analysis. *Frontiers in Plant Science*, 11, 524812. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.524812>
27. Vega-García, M. A., Álvarez-Ríos, G. D., & Figueredo-Urbina, C. J. (2023). Sistemas de manejo de agaves pulqueros en el estado de Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingeniería del ICBI*, 10(20), 92-100.
28. Zuñiga-Estrada, L., Rosales Robles, E., Yáñez-Morales, M. d., & Jacques-Hernández, C. (2018). Características y productividad de una planta MAC, Agave tequilana desarrollada con fertigación en Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 553-564.