

VIABILIDAD DEL USO DE LA PULPA DE BAGAZO DE AGAVE *ANGUSTIFOLIA* HAW COMO ADITIVO DE ALIMENTOS

FEASIBILITY OF USE OF AGAVE *ANGUSTIFOLIA* HAW BAGASSE PULP AS A FOOD ADDITIVE

Avenidaño Rito María del Carmen¹, Aquino Gonzalez Laura Victoria², Martínez Vargas Adrián³

¹ Doctora en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales/Instituto Tecnológico de Valle de Etla, Departamento de Ingenierías maria.ar@itvalletla.edu.mx Abasolo S/N Paraje Cañada Grande, Barrio del Agua Buena, Santiago Suchilquitongo, C.P. 68230, Oaxaca.

² Maestra en Ingeniería Química e Integración de procesos. Laboratorio de Tecnología Agroalimentaria, Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos #1003 Col. Noche Buena Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C.P.71230, México. 9515170610 ext. 82753, laquino@ipn.mx

³ Maestro en Administración, Profesor de Medio Tiempo del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Departamento de Ciencias Económico Administrativas, adrian.martinez@itvalletla.edu.mx Abasolo S/N Paraje Cañada Grande, Barrio del Agua Buena, Santiago Suchilquitongo, C.P. 68230, Oaxaca.

Resumen

La escasez de alimentos, el cambio climático, la desigualdad social y la falta de recursos económicos, son factores que ponen en riesgo la seguridad alimentaria a nivel mundial, en los últimos años se han buscado alternativas para satisfacer la necesidad de nutrición y alimentación que sean de fácil acceso principalmente por poblaciones vulnerables con limitantes de una alimentación sana y balanceada. Una de las alternativas más viables para crear alimentos funcionales y nutritivos está en el aprovechamiento de los residuos o derivados agroindustriales los cuales son material de desecho generando un impacto en la huella de carbono; como es el caso del sector mezcalero en el Estado de Oaxaca el cual desecha más de cuatro millones de bagazo de agave (*Angustifolia haw*) al año, con respecto a sus propiedades fisicoquímicas existe antecedentes que se pueden obtener alimentos alternativos. El objetivo de esta investigación se centró el aprovechamiento y procesamiento adecuado del bagazo de agave para obtener una harina de la pulpa residual que pueda usarse como aditivo en la industria alimentaria, las principales etapas del procesamiento son: secado del bagazo de agave, separación por fricción de la pulpa residual, pulverización y tamizado, obteniendo como producto final una harina con características endémicas del Agave y propiedades mecánicas que la hacen adecuada para productos de panificación.

Palabras clave: Seguridad alimentaria, aprovechamiento, pulpa residual, bagazo de agave, harina.

Abstract

Food scarcity, climate change, social inequality, and lack of economic resources, are factors that put food security at risk worldwide, in recent years alternatives

have been sought to meet the need for nutrition and food that are easily accessible mainly by vulnerable populations with limitations on a healthy and balanced diet. One of the most viable alternatives to creating functional and nutritious foods is the use of agro-industrial residues or derivatives, which are waste materials, generating an impact on the carbon footprint; As is the case of the mezcalero sector in the State of Oaxaca, which discards more than four million agave bagasse (*Angustifolia haw*) per year, concerning its physicochemical properties, there is a precedent that alternative foods can be obtained. The objective of this research was focused on the adequate processing of the agave bagasse to obtain flour from the residual pulp that can be used as an additive in the food industry, the main stages of the processing are drying of the agave bagasse, separation by friction of the residual pulp, pulverization and sieving, obtaining as a final product a flour with endemic properties of the Agave.

Keywords: food safety, use, residual pulp, bagasse agave, flour.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el concepto de seguridad alimentaria ha tomado gran importancia debido a la escasez de alimentos, a pesar de la duplicación de la producción de cereales y ganado, en la última mitad del siglo XX hay cerca de mil millones de personas que pasan hambre, esto es desencadenado por

factores como el acceso a los alimentos y la garantía de tener ingresos suficientes para adquirirlos [1], aunado a esta problemática social, en el aspecto ambiental el cambio climático provocado principalmente por las actividades industriales y el uso de combustibles fósiles que impactan directamente en la pérdida de bosques, selvas, pastizales, desencadena la búsqueda de alternativas de alimentación, que recaen en un modelo de producción industrializado de alimentos modificados genéticamente por grandes industrias que utilizan fertilizantes químicos a gran escala, impactando directamente en mantos acuíferos generando un ciclo lentamente destructivo, disminuyendo las alternativas de alimentación a millones de personas que viven en pobreza [2]

En un mundo con mayor densidad de población y con recursos limitados, es esencial buscar fuentes sostenibles de alimentos que puedan satisfacer las necesidades de alimentación actual y futura; debido al incremento en el costo de las materias primas para la producción de alimentos para animales, deriva en la búsqueda de alternativas más económicas y con valor nutricional [3]. Los residuos agroindustriales se han convertido en los últimos años en alternativas de materias primas para diferentes industrias alimentarias, estos son generados durante el proceso de producción de alimentos que van desde el cultivo, obtención de materia prima y procesamiento de la misma, estos residuos se clasifican en dos tipos: *residuos del campo* como hojas, tallos vainas de semilla y paja los cuales permanecen en el campo después de la cosecha, por otro parte, se generan *residuos de procesos* como son melazas, cáscaras, vástago, semilla, hojas, pulpa, bagazos, rastrojos y raíces que quedan después de la transformación del producto final, los cuales se han transformado para darles diferentes usos [4] [3] [5].

Sin embargo, en estos procesos bajo la clasificación del residuo[4] hay términos diferentes que se refieren al proceso y aprovechamiento de los subproductos derivados del proceso de la producción de alimentos, a un subproducto o residuo se le aplica un término que puede o no tener un valor comercial, algo diferente sucede con los “desechos” termino que se utiliza para aquellos materiales que no tienen un valor comercial, ni atributos para ser utilizados en procesos los cuales se consideran basura, no obstante poseen propiedades nutrimentales, nutraceuticas o funcionales para ser utilizados como materia prima para nuevos productos por ejemplo: la composta [5], estos desechos en su mayoría se cuentan por

millones de toneladas, producto de los procesos productivos de empresas procesadoras de alimentos o bebidas, por ejemplo en la industria cervecera se generan aproximadamente 20 kilos de bagazo y 3 kilos de levadura gastada por cada hectolitro de cerveza, en el proceso el 8% de los componentes viene del grano y 92% de residuos [5][6]

En el caso del sector mezcalero, el cual es uno de los sectores productivos en creciente desarrollo en el país de acuerdo con los datos de Consejo Regulador del Mezcal en México (COMERCAM) indican que en el año 2022 se produjeron 14,165, 505 litros de mezcal [7], para dar una idea de la cantidad de residuo que se obtiene del proceso de mezcal, según los productores por cada 10 kg de maguey se obtiene un litro de mezcal, en este sentido los productores de mezcal no registran la cantidad de bagazo que generan los palenques [8]; por ejemplo, hay registros de que la producción de mezcal en el estado de Oaxaca genera aproximadamente 4´ 807, 275 toneladas de bagazo de agave *Angustifolia Haw* [9] que coincide con la cantidad aproximada que señala [10].

El impacto ambiental que producen los residuos de las agroindustrias están ampliamente documentados [4][5][8], las más evidentes son la contaminación de cuerpos de agua por lixiviados, la generación y proliferación de fauna nociva (ratas, cucarachas, etc.) y malos olores, además de la falta de normas ambientales adecuadas para el manejo de estos residuos agroindustriales, propiciando que los productores los viertan al río, arroyos o los acumulen en sus terrenos lo cual genera un impacto ambiental y de salud pública [8][11] .

Algunos estudios han demostrado que los residuos de algunos productos alimentarios contienen compuestos con valor nutrimental [12]. [3] señala que para que los residuos agroindustriales puedan ser utilizados con fines alimenticios deben presentar una composición fisicoquímica que permita la fortificación y mejora de otros alimentos; una de las alternativas de aprovechamiento de los residuos es transformarlos en harina ya que al reducir el contenido de humedad, reducen las reacciones químicas y microbiológicas, incrementa su valor nutrimental, es fuente de fibra y minerales, la harina es un material que por sus propiedades fisicoquímicas lo convierte en un subproducto seguro con capacidad nutritiva [13], por lo que el objetivo de esta investigación es el aprovechamiento y procesamiento adecuado del bagazo de agave para obtener una harina de la pulpa residual del mismo con características fisicoquímicas que facilite su

aprovechamiento como aditivo en la industria alimentaria.

Antecedentes

Según el Consejo Regulador del Mezcal en México (COMERCAM), se cultiva el agave en nueve entidades federativas Oaxaca, Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas y Puebla generando 17,000 empleos directos y más de 70,000 empleos indirectos, las cuales cuentan con Denominación de Origen (DOM), por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, siendo Oaxaca uno de los principales productores [14]

Los magueyes se encuentran en todo el territorio mexicano, datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) existen 159 especies de estas 125 son las que se utilizan para destilar mezcal [15]; de estas el maguey espadín es la principal especie de agave que se emplea en la producción del mezcal con un 88.11% sólo en 2021 [7]

La producción del mezcal representa una larga tradición en el estado de Oaxaca, el agave es la materia prima fundamental para la elaboración del mezcal, y la región cuenta con una amplia variedad de especies de agave que se utilizan para producir mezcals únicos y de alta calidad. La industria del mezcal genera empleo y beneficia a las comunidades productoras de agave en Oaxaca ya que es uno de los mayores productores de mezcal, según datos de la COMERCAM de la producción nacional de mezcal en el 2022 referido a 45% Alc Vol, se produjeron 14, 165,505 litros de los cuales Oaxaca produjo el 91.31% beneficiando a 22 municipios del Estado oaxaqueño y por ende a los habitantes de las comunidades productoras (figura 1)



Figura 1. Comunidades mezcaleras en Oaxaca.

Fuente: [14]

Los tipos de mezcal se diferencian por el tipo de proceso que llevan (cocción, molienda,

fermentación y destilación) de acuerdo con la norma NOM-070-SCFI-2016 [16] se clasifican en: mezcal/mezcal industrial, mezcal artesanal y mezcal ancestral (tabla 1), durante el año 2022 el mezcal con mayor producción fue el mezcal artesanal 93.35%

Procesos de elaboración de mezcal y su clasificación

Proceso de elaboración del mezcal/mezcal industrial

- Coción: Cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, mampostería o autoclave (figura 2)
- Molienda: Tahona, molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor
- Fermentación: Recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable.
- Destilación: Alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.



Figura 2. Piñas en autoclave proceso industrial.

Foto: Ben Olivares

Proceso de elaboración del mezcal artesanal:

- **Cocción:** Cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo o elevados de mampostería (figura 3)
- **Molienda:** Mazo, tahona, molino egipcio, trapiche o desgarradora.
- **Fermentación:** Oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo)
- **Destilación:** Fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).



Figura 3. Cocción en horno cónico.

Fuente: Mezcal Augurio

Proceso de elaboración del mezcal ancestral

- Cocción: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo.
- Molienda: mazo, tahona, molino egipcio (figura 4)
- Fermentación: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo)
- Destilación: fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo). [16]



Figura 4. Molienda con mazo. SF

Sin embargo el proceso comienza desde la recolecta, donde los magueyes son recolectados del campo después de 6 años, se eligen los magueyes maduros los cuales se cortan con machete en mano, se cortan las hojas, se obtiene la piña para pasar al siguiente proceso que es el pesado de la piña y se analiza la cantidad de azúcares.

Disposición del residuo de agave

Después del proceso de elaboración del mezcal se producen dos tipos de residuos vinazas y bagazos, las vinazas son los residuos líquidos que se producen en de la destilación. El bagazo de agave es el residuo fibroso que queda después del proceso de molienda para extraerle los azúcares fermentables. En la producción de mezcal en Oaxaca este aún se

sigue utilizando como desecho encontrando destino final en los campos del palenque y arroyos (figuras 5 y 6). Todos los procesos de destilado de alcohol producen una cantidad relevante de subproducto residual en el proceso, en este sentido la inadecuada disposición del bagazo de agave provoca contaminación al existir liberación de dióxido de carbono (CO_2), residuo lignocelulósico de lenta degradación, proliferación de fauna nociva como ratas, cucarachas, moscas y malos olores [3][5][8].



Figura 5. Bagazo acumulado cerca del río

Fuente: Colectivo Bagatech



Figura 6. Vinazas de los residuos sólidos del bagazo de Agave. Fuente: Colectivo Bagatech

Uso del bagazo de agave

Se han encontrado otros usos para la fibra de bagazo de agave de la especie *Angustifolia Haw* que es la más utilizada en el proceso de producción del mezcal

- Material de refuerzo en la matriz polimérica para elaborar biocompuestos [17]
- Fibras de agave para papel y artesanías [18]
- Material de refuerzo en materiales de construcción como bloques, tejas, tabiques [19]
- Biocombustible: Bagazo de agave de desecho agroindustrial a materia prima en las biorrefinerías [20]
- Bagazo de agave como alternativa para alimentos para rumiantes [21]

DESARROLLO

Selección de la materia prima

La metodología empleada en esta investigación es de corte experimental aplicada por etapas como lo realizaron [22], se establecieron cuatro etapas para la obtención de un pan con harina de trigo adicionada con harina de pulpa residual de bagazo de agave *Angustifolia Haw*.

1. Recolección y preparación de la materia prima

Para la preparación de la harina de pulpa residual de bagazo, se recolectaron 15 kilogramos de bagazo *Angustifolia Haw* del palenque el Cortijo ubicado en Santiago Matatlán Oaxaca; el bagazo seleccionado presentó mayor cantidad de pulpa residual adherida a la fibra.

Como prueba preliminar se lavaron 5 kilogramos de bagazo para desprender la pulpa residual, sin embargo, este proceso generó menor rendimiento y calidad de la pulpa deshidratada, quedando un material con mayor cantidad de material insoluble y el material de importancia quedó contenido en el agua de lavado.

Posterior al primer proceso se secaron 10 kg de bagazo en un secador híbrido solar-gas marca hechizo en el CIIDIR OAXACA IPN, estimando un tiempo de secado de 7 días, lo cual garantiza la mayor pérdida de humedad y favorece en el desprendimiento de la pulpa residual (Figura 7)



Figura 7. Secado de bagazo en secador solar.
Fuente propia

Para separar la pulpa residual se aplicó un proceso manual de fricción en el bagazo seco, una vez recolectada la pulpa residual se molió con un molino Pulvex marca Carejoy UYIO (Figura 8)



Figura 8. Fricción manual para separación de pulpa residual del bagazo de agave seco. Fuente propia.

Con la molienda se redujo el tamaño de la partícula, se tamizó en un tamiz de acero inoxidable malla 100 para obtener un tamaño de partícula de 0.149 mm aproximadamente, lo cual le confiere a una granulometría semejante a la harina de trigo cuyo rango se encuentra entre 0.125-0.250 mm, para determinar el rendimiento de la harina de pulpa residual de bagazo de agave se hizo una relación entre la harina de pulpa residual obtenida y la cantidad de bagazo seco, método consistente con el utilizado por [24]

2. Capacidad de absorción de agua subjetiva de la harina de pulpa residual de bagazo de agave

La capacidad de absorción de agua subjetiva es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa con consistencia apropiada para moldear; se utilizó la metodología descrita por [22] [23] Se pesaron 10 g de harina, adicionándose agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia. La cantidad de agua adicionada se registró como la capacidad de absorción de agua de la harina en ml de agua / 100 g de harina.

3. Formulación de Harina fortificada con harina de pulpa residual de bagazo de agave

La harina fortificada de agave se formuló usando como base 1 kg harina de trigo de fuerza con harina de pulpa residual de agave las concentraciones usadas fueron: 10% 20% y 30 % (relación % de harina de agave/kg de harina de trigo).

4. Integración de la masa

Se realizaron pruebas con los porcentajes de harina formulados para evaluar la respuesta de humectación y fermentación de la masa, se seleccionaron dos tipos de pan: Concha y panqué. Los ingredientes de la concha fueron: harina de trigo de fuerza adicionada con harina de pulpa residual de bagazo de agave, azúcar, aceite, piloncillo, miel de agave, mantequilla y huevo

Los ingredientes para los panques individuales fueron harina de trigo de fuerza adicionada con harina de pulpa residual de bagazo, azúcar, aceite, miel de agave, polvo para hornear, leche y huevo. Se adicionó líquido en la misma proporción que la masa de concha.

El proceso de la masa

El procesado de la masa para conchas consistió en pesar los ingredientes líquidos y sólidos en una báscula marca Just Home con capacidad de 10 kg. Los ingredientes sólidos se mezclaron gradualmente incorporando los ingredientes líquidos, se amasó hasta obtener una masa elástica y manejable, se dejó en reposo a temperatura ambiente.

Se aplicó posteriormente un segundo amasado con reposo a temperatura ambiente para lograr una primera fermentación.

La masa se seccionó para bolear y se reposó para una segunda fermentación. Transcurrida la segunda fermentación se colocó en la parte superior del bollo la costra de la concha.

Las conchas se hornearon en un horno de gas tipo convectivo marca San-Son durante 15 min cuidando su rotación para garantizar una buena cocción.

Se evaluó la absorción de agua en la harina durante el amasado, el efecto de la concentración sobre el tiempo de fermentación y las propiedades visuales del producto final (tabla 1)

Tabla 1. Porcentaje de agua requerida para la hidratación de harina fortificada con pulpa residual de agave.

Harina de trigo %	Harina de pulpa residual de agave %	Agua para hidratación %
90	10	80
80	20	90
70	30	100

Fuente: Elaboración propia

El procesado de la masa para panqué consistió en pesar los ingredientes líquidos y sólidos en una báscula marca Just Home con capacidad de 10 kg. Los ingredientes sólidos se mezclaron gradualmente incorporando los ingredientes líquidos, se distribuyó en capacillos para su horneado, se horneó en horno precalentado a 180° por aproximadamente 15 minutos

Para las dos preparaciones se evaluaron la absorción de agua en la harina durante el amasado e integración, el efecto de la concentración sobre el tiempo de fermentación y las propiedades visuales del producto final.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El rendimiento obtenido de harina de pulpa residual fue del 30% es decir, 3 Kg de harina de pulpa residual por 10 Kg de bagazo seco. El rendimiento de la harina de pulpa de bagazo es suficiente para la fortificación de la harina de trigo ya que se usa como un aditivo o materia prima, se pudo notar una masa homogénea, elástica con suficiente humedad para trabajarla.

En este sentido la capacidad de absorción de agua obtenida por la harina de pulpa de agave fue de 2.5 (25ml de agua por 10 gramos de harina) lo que indica una capacidad de absorción de agua mucho mayor que la de la harina de trigo (1.92) estos hallazgos son consistentes con los encontrados por [24] con relación a la harina de quinoa con 2.3 de capacidad de absorción de agua, estos mismos autores consideran que la capacidad de absorción de agua es un parámetro que muestra la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas que se afectan por la relación amilosa/amilopectina en términos de peso/distribución, grado, longitud y conformación de la cadena y por lo tanto, a capacidad de absorción de agua es un índice de calidad de una harina panificable

Durante la primera fermentación se observó que la masas que contienen 20 y 30 % de harina de agave requirieron de un tiempo de fermentación de 35 min, para la masa con 10 % de harina de agave el tiempo de fermentación fue de 25 min, todas las masas presentaron buena humectación, en esta primera fermentación la eleudación de la masa fue mínima. La coloración de la masa es ligeramente amarillenta.

En la segunda fermentación se observó un cambio de color a color café de la masa siendo evidente en masas con mayor concentración de harina de agave, sin embargo la humectabilidad se perdió ya que presentaron agrietamientos, baja eleudación y un tiempo de fermentación de 25 min.

En la masa con 10 % el tiempo de fermentación fue de 15 min, buena humectación y duplico la eleudación. El tiempo de horneado para el pan fue de 15 minutos a 180°C. El pan concha obtenido presento las siguientes características físicas a 30% de harina de agave mayor coloración café, sin embargo, no hay una buena formación de miga con apelmazamiento de material, con 20% de harina el pan presenta mejor formación de miga un café menos intenso, mayor suavidad y menor apelmazamiento, con 10 % de harina no hay apelmazamiento, presenta una coloración

ligeramente a caramelo hay mayor formación de miga y el pan es muy suave (figura 9).

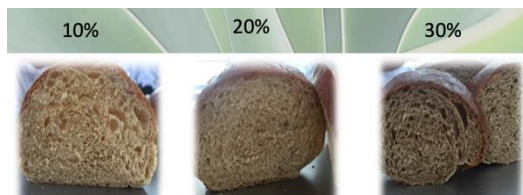


Figura 9. Formación de miga después del horneado. *Fuente propia*

En los panes obtenidos se detectó un ligero aroma de agave cocido y se observó una tendencia de color al café de acuerdo con la concentración de harina de agave utilizada (figura 10)



Figura 10. Pan tipo concha elaborado con harina de trigo adicionada con harina de pulpa residual de bagazo de agave. *Fuente propia*

Con relación a la masa del panque a la misma proporción de harina y leche la coloración es más oscura, y se observa mayor volumen que con la harina de trigo (figura 11). organolépticamente se detecta un aroma y sabor propio al de agave cocido y trazas del sabor a mezcal, lo cual no es desagradable al paladar.



Figura 11. Panque de harina de trigo adicionado con harina de pulpa de bagazo. *Fuente propia*

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el proceso de obtención de la harina de pulpa de bagazo de maguey y el proceso de panificación, se comprueba la viabilidad del uso de residuos de bagazo de maguey para crear alimentos funcionales con las propiedades alimenticias que aún conserva el bagazo de maguey [21]. Esta harina no solo representa una ventaja para mitigar el impacto ambiental que dejan los residuos de bagazo de agave en las zonas mezcaleras, también es una oportunidad de tener un alimento funcional que coadyuve a la seguridad alimentaria en las regiones donde se produce el mezcal, ya que algunas son comunidades rurales con difícil acceso a variedad de alimentos y nutrientes, además esta harina puede ser funcional no solo en la panificación, también puede emplearse en la elaboración de atoles y tortillas. Estos residuos agroindustriales no solo representan una nueva alternativa de uso alimenticio; también para las empresas mezcaleras representa una oportunidad de crear procesos limpios, basado en modelos de economía circular y responsabilidad social, ya que al disponer de sus recursos y crear subproductos de sus residuos abonan a disminuir el impacto ambiental de sus operaciones.

Referencias

- [1] Flood, J. (2010). The importance of plant health to food ,security. *Food security*, 2(3), 215-231.
- [2] Casas, A. & Moreno, A. I. (2014). Seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina. *Leisa revista de agroecología*, 30(4), 5-7.
- [3] Romero-Sáez, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas*, 25(54).
- [4] Zainudin, M. H. M., Zulkarnain, A., Azmi, A. S., Muniandy, S., Sakai, K., Shirai, Y., & Hassan, M. A. (2022). Enhancement of agro-industrial waste composting process via the microbial inoculation: a brief review. *Agronomy*, 12(1), 198.
- [5] Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.
- [6] Redacción interempresas (2021). Economía circular a partir de residuos de cerveza que crea riqueza y empleo verde. <https://www.interempresas.net/Bebidas/Articulos/351703-Economia-circular-a-partir-de-residuos-de-cerveza-que-crea-riqueza-y-empleo-verde.html>
- [7] Informe estadístico del Consejo Regulador de Mezcal 2023. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/INFORME-2023_PUBLICO.pdf

[8] Flores-Ríos, Paulina Alejandra, Celerino, Robles, & Castañeda-Hidalgo, Ernesto. (2020). Generación y caracterización básica de bagazos de la agroindustria del mezcal en Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1437-1445. Epub 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2615>

[9] Gutiérrez, G. A. M., Altamirano, G. Z., & Urrestarazu, M. (2012). Maguey bagasse waste as sustainable substrate in soilless culture by melon and tomato crop. *Journal of plant nutrition*, 35(14), 2135-2144

[10] García-Méndez, R. F., Cortés-Martínez, C. I., & Almendárez-Camarillo, A. (2022). Thermochemical and Tensile Mechanical Properties of Fibers Mechanically Extracted from Leaves of Agave angustifolia Haw. *Journal of Natural Fibers*, 19(9), 3171-3185.

[11] Flores-Sahagun, T. H., Dos Santos, L. P., Dos Santos, J., Mazzaro, I., & Mikowski, A. (2013). Characterization of blue agave bagasse fibers of Mexico. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 45, 153-161.

[12] Gondim, J. A. M., Moura, M. D. F. V., Dantas, A. S., Medeiros, R. L. S., & Santos, K. M. (2005). Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Food Science and Technology*, 25, 825-827

[13] D.R. Izidoro, A.D.P. Scheer, M.F.D.O. Negre, C. W.I. Haminiuk, M.R. Sierakowski (2008), Avaliação físico-química, colorimétrica e aceitação sensorial de emulsão estabilizada com polpa de banana verde. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 67 (3) pp. 167-176

[14] Palma, F., Pérez, P., & Meza, V. (2016). Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca. <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/6.%20CV%20MEZCAL.pdf>

[15] Informe estadístico del Consejo Regulador del Mezcal 2022. <https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/INFORME-2022-II-SINTESIS.pdf>

[16] 2016 NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5472787&fecha=23/02/2017#gsc.tab=0

[17] Corredor, Y. A. V., & Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59-72.

[17] García-Méndez, R. F., Cortés-Martínez, C. I., Carrillo, J. G., & Almendárez-Camarillo, A. (2023). Investigation on Physicochemical, Tensile Test, and

Thermal Properties of Alkali Treatment to A. Angustifolia Haw Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2166644

[18] Parra Negrete, L. A., Villar Quiñones, P. D., & Prieto Rodríguez, A. (2010). Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías. *Acta Universitaria*, 20(3), 77-83.

[19] Olivera, Andy A., Caballero Caballero, Magdaleno, Alavéz Ramírez, Rafael, Chiñas Castillo, Fernando, Montes Bernabé, José Luis, & Silva Rivera, María Eugenia. (2018). Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de Agave angustifolia Haw. como mortero ligero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe21), 4406-4415. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1531>

[20] Sierra E., Alcaraz J., Valdivia A., Rosas A., Hernández M., Vivaldo E., Martínez A. (2021) Bagazo de agave: de desecho agroindustrial a materia prima en las biorrefinerías; *Materia y Energía; Ciencia UNAM* <https://ciencia.unam.mx/leer/1112/bagazo-de-agave-de-desecho-agroindustrial-a-materia-prima-en-las-biorrefinerias->

[21] Delgadillo Ruíz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., & Muro Reyes, A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE11), 2099-2103.

[22] Quintero, M. E. M., Zafra, L. M. C., & Hernández, C. C. (2021). Uso de harina de vainas secas de moringa en la elaboración de galletas y tortas venezolanas. Parte I. *Revista Centro Azucar*, 48(3), 62-74

[23] Farías, R. F., Bustos, F. M., Moreno, Y. S., & Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36(5), 557-567.

[24] Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S., & Rodríguez, S. (2018). Bagazo de cerveza como ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. *Innotec*, (16), 40-46.

[25] Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199-207.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor(es)
Conceptualización	María del Carmen Avendaño-Rito, Laura

	Victoria Aquino González
Metodología	Laura Victoria Aquino González, María del Carmen Avendaño- Rito
Recursos	Adrián Martínez Vargas Laura Victoria Aquino González, María del Carmen Avendaño-Rito,
Escritura - Preparación del borrador original	María del Carmen Avendaño-Rito
Escritura - revisión y edición	María del Carmen Avendaño-Rito, Laura Victoria Aquino González, Adrián Martínez Vargas



Esta obra está bajo
 una licencia internacional
 Creative Commons Atribución 4.0.