



# Manual de ecotecnias para hacer un manejo integral de residuos de la producción de mezcal





# Manual de ecotecnias para hacer un manejo integral de residuos de la producción de mezcal

Manual de ecotecnias para hacer un manejo integral de residuos de la  
producción de mezcal  
Primera edición: 2024

**Investigación, edición y coordinación:**

M. en C. Carmen Rosana Estrada Avila  
Investigador independiente, Niyoli Agrosistemas A.C.

**Autores:**

Capítulos *Introducción al Mezcal y su Impacto Ambiental* y *Elaboración de Silos de Pencas de Agave*: M. en C. Carmen Rosana Estrada Avila  
Investigador independiente, Niyoli Agrosistemas A.C.

Capítulo *Elaboración de composta con bagazo*: Mtro. Juan Vidal Bello  
Profesor investigador Universidad Autónoma Chapingo

Capítulo *Elaboración de activadores ruminales*: Mtro. Hermilo Suárez Domínguez  
Profesor investigador Universidad Autónoma Chapingo

Capítulo *Elaboración de briquetas*: Dra. Liliana Marqués Benavides  
Profesora investigadora Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Capítulo *Cultivo de hongo seta sobre bagazo de agave*:  
Ing. Héctor M. Balderas Hernández  
Especialista en cultivo de hongos HDM Biotec  
Biol. David Sánchez González  
Profesor Investigador Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca

**Revisión Técnica:**

Julio César Rosette Castro  
Coordinador de la estrategia de acompañamiento técnico de la Secretaría de Desarrollo Rural

Ing. Senén Dolores Bernabé  
Coordinador de la cadena del Agave de la Scretaría de Desarrollo Rural

**Diseño, Fotografía e Ilustración:** Biol. Ilus. Yasmin Erandi Mendoza Cabrera

**Videos:** Sergio García Flores y Carlos Rodríguez Alba

IMPRESO EN MEXICO

Puebla, Puebla





La biodiversidad de las zonas mezcaleras del estado es amplia y debe ser aprovechada con responsabilidad. Caltepec, Puebla.



GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA  
Lic. Sergio Salomón Céspedes Peregrina  
*Gobernador del Estado de Puebla*

SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL  
Mtra. Ana Laura Altamirano Pérez  
*Secretaria de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla*

Mtro. Julio César Rosette Castro  
*Coordinador de la Estrategia de Acompañamiento Técnico  
de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla*

PACIOLI S.C.  
Beatriz Urías  
*Representante legal*

NIYOLI AGROSISTEMAS A.C.  
M. en C. Carmen Rosana Estrada Avila  
*Directora General*

COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA (GIZ)

PRESENTACIÓN:



### **Agradecimientos especiales a**

Lic. Reynaldo García Campos  
*Presidente Municipal de San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla.*

Ing. Graciela Torres García  
*Directora Municipal de Agricultura, San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla.*

Ing. Senén Dolores Bernabé  
*Coordinador de la cadena agave de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado  
de Puebla*

Ing. Cristina Castillo Solano  
*Técnico especialista en agave de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado  
de Puebla*

Ing. Julio Raúl Cruz Moreno  
*Técnico especialista de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla*

Ing. Adrián Rodríguez Reyes  
*Técnico de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla*

Agustín Alba Vázquez  
*Maestro Mezcalero de Palenque Orgullo Poblano – San Nicolás Huajuapán-  
Huehuetlán el Grande, Puebla*

Jesús Eduardo Cortés Hernández  
*Maestro Mezcalero del Palenque Real Cristalino – Tula - Tepexi de Rodríguez, Puebla.*

Ildefonso Maceda Ginez  
*Maestro Mezcalero del Palenque el Rosario – San Luis Atlotitlán – Caltepec, Puebla.*

Elias Torres Olivan  
*Maestro Mezcalero del Palenque Hermanos Torres – Caltepec, Puebla.*

Arturo Mejía  
*Representante de la CAC-Sembrando Vida – San Diego la Mesa – Tochimiltzingo,  
Puebla.*

A los Productores de la Unión Poblana de Hombres-Mujeres Mezcal-Maguey A.C.



## TABLA DE CONTENIDO

- 1** Introducción al mezcal y su impacto ambiental  
M. en C. Carmen Rosana Estrada  
Avila
- 2** Elaboración de silos con pencas de agave  
M. en C. Carmen Rosana Estrada  
Avila
- 3** Elaboración de activadores ruminales  
Mtro. Hermilo Suárez Domínguez
- 4** Elaboración de briquetas  
Dra. Liliana Marquéz Benavides
- 5** Elaboración de composta con bagazo  
Mtro. Juan Vidal Bello
- 6** Cultivo de hongo seta sobre bagazo de agave  
Ing. Héctor M. Balderas Hernández y  
Biol. David Sánchez González
- 7** Glosario





Piñas de agave jimadas y listas para su cocción en el palenque Orgullo Poblano, San Nicolás Huajuapán, Huehuetlán el Grande.



## El proceso de elaboración del mezcal

El mezcal es una bebida alcohólica destilada originaria de México, específicamente de las regiones productoras de agave; los estados que cuentan con denominación de origen del mezcal son:

**Oaxaca, Puebla, Guerrero, Michoacán, Guanajuato, Durango, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.**

El proceso de obtención del mezcal involucra diversas etapas desde la selección del agave hasta su destilación. A continuación, se describe el proceso general de producción del mezcal:

- 1. Selección del Agave.** Se elige el tipo de agave adecuado para la producción del mezcal, siendo el agave espadín (*Agave angustifolia* Haw.) el más común. Las especies destinadas a la elaboración del mezcal varían de acuerdo a las diferentes regiones de denominación de origen, en el Estado de Puebla, las principales especies utilizadas son el Papalometl (*Agave potatorum* Zucc.), el Pitzometl (*Agave marmorata* Roezl), el Jabalí (*Agave convallis* Trel.), el Coyote (*Agave americana* L.), y el Mexicano o Espadilla (*Agave rhodacantha* Trel.) entre otros. La selección del agave dependerá del tipo de mezcal que se quiera producir.



Plántulas de *Agave angustifolia*, una de las especies utilizadas para la elaboración de mezcal en el campo poblano.



**Para saber más**

Visita la [Guía de magueyes mezcaleros de México](#)





2. **Cosecha y Cocción del Agave.** Una vez que el agave empieza a desarrollar el quiote, se capa (se corta el quiote - escapo floral) después de 3 a 6 meses de capado, se jima el agave, es decir se extraen las pencas (mismas que generalmente se dejan en los terrenos de cultivo) dejando limpio el tallo central o piña, las cuales se cocinan tradicionalmente en hornos subterráneos. En estos hornos, se colocan algunas piedras porosas (basalto o volcánicas), leña (mezquite o pino). Se enciende la leña y de se deja calentar las piedras (una hora por carga de leña), cuando alcanza la temperatura ideal (la piedra se pone blanquizca), se colocan pencas de agave sobre las piedras calientes o bagazo mojado (para evitar que la piña se queme), se llena el horno con las piñas y una vez lleno, las piñas se cubren con algunas pencas, petates, y tierra. La cocción puede durar varios días (3 a 4 días), lo que permite que el almidón del agave se convierta en azúcares fermentables.
3. **Trituración.** Una vez cocidas las piñas, se procede a triturarlas. Tradicionalmente, la trituración se realizaba a mano con mazos de madera o con una piedra de molino jalada por animales, pero en la actualidad, se emplean máquinas trituradoras, molinos de rodillos o hebradoras.
4. **Fermentación.** El agave cocido y molido que se obtiene se coloca en tinas de fermentación, generalmente hechas de madera o cemento a las cuales se les añade agua, generalmente las levaduras naturales permiten el proceso de fermentación sin embargo hay quienes emplean cepas seleccionadas para incrementar los rendimientos. De este proceso se obtiene un líquido conocido como "mosto" con bajo contenido alcohólico.



Tinas de Madera para fermentación de mosto en el palenque Tepenahuazo, San Diego la Mesa Tochimiltzingo.



5. **Destilación.** El mosto fermentado se somete a un proceso de destilación, el cual puede realizarse en alambiques de cobre o en alambiques de barro, dependiendo de la tradición y la región productora. La destilación permite separar y concentrar los alcoholes del mosto, obteniendo el líquido final conocido como "mezcal".
6. **Añejado (opcional).** Algunos mezcales son añejados en garrafones de vidrio o barricas, lo que les da un sabor y aroma característicos. Sin embargo, no todos los mezcales pasan por éste proceso y, en muchos casos, se comercializan como mezcales jóvenes, sin pasar por este proceso.

## Características del mezcal

**Aroma y Sabor.** El mezcal tiene una amplia gama de aromas y sabores que varían según el tipo de agave utilizado, el proceso de destilación y el añejado. Pueden presentar notas de humo, frutas, especias, hierbas y tierra, entre otros.

**Graduación Alcohólica.** El contenido de alcohol en el mezcal puede variar, pero generalmente se encuentra entre 38% y 55% de volumen de alcohol.

**Variedades.** Existen diversos tipos de mezcal, dependiendo del tipo de agave utilizado en su producción. Cada variedad ofrece un perfil de sabor único y distintivo.

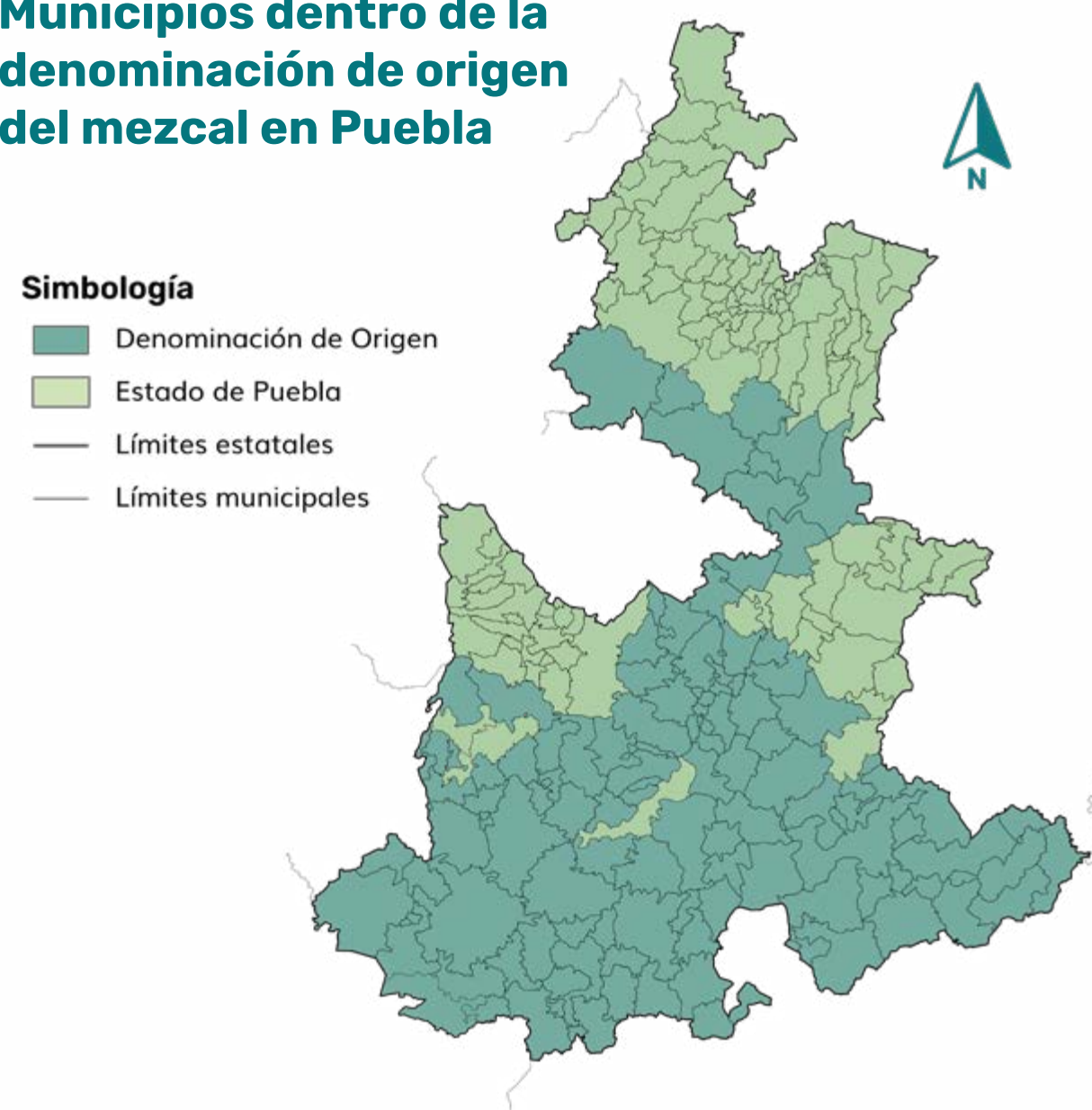
**Denominación de Origen.** El mezcal está protegido por una Denominación de Origen en México, lo que significa que solo puede ser producido en ciertas regiones específicas del país, donde se cumplan con los requisitos establecidos para su producción.

**Artesanalidad.** El proceso de producción del mezcal es artesanal, lo que le da un carácter especial y tradicional. Los métodos de producción han sido transmitidos a través de generaciones y se basan en técnicas ancestrales.

**Transparencia.** El mezcal es una bebida que permite la transparencia y autenticidad en su producción, ya que la etiqueta suele llevar información detallada sobre la variedad de agave utilizada, el tipo de destilación, el productor y la región de origen.

El mezcal es considerado una bebida de alta calidad y tradición en México, y su popularidad ha crecido tanto a nivel nacional como internacional debido a su diversidad de sabores y su vinculación con la cultura y tradiciones mexicanas.

### Municipios dentro de la denominación de origen del mezcal en Puebla



Fuente: Elaboración propia con información de "Resolución que modifica la declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal (DOF, 24-12-2015)  
Metadatos: INEGI. Marco Geoestadístico, 2018, escala: 1:1 500 000, División política de Puebla mapa descargable.



## Identificación de los procesos de producción de mezcal y generación de residuos

De acuerdo con la **NOM-070-SCFI-1994**, la legislación que regula la producción y comercialización del mezcal en México, se establecen tres categorías para el mezcal, basadas en su proceso de producción. A continuación, se presenta un resumen de dichas categorías:

**Mezcal Ancestral.** Se elabora de acuerdo con métodos tradicionales transmitidos de generación en generación. El proceso de producción se realiza de manera artesanal, empleando técnicas y herramientas tradicionales, como la molienda del agave con tahonas o mazos de madera y la fermentación en cueros. La destilación se lleva a cabo en alambiques de barro, y no se permite el uso de alambiques de columna. El mezcal ancestral se caracteriza por preservar las prácticas culturales y técnicas ancestrales lo que le otorga características y sabores únicos.

**Mezcal Artesanal.** Se produce empleando métodos y procesos manuales, aunque pueden incluir algunas herramientas modernas en su elaboración. En la producción artesanal la molienda puede llevarse a cabo con hebradoras mecánicas, y la destilación implica la utilización de alambiques de cobre, pero también se permite el uso de alambiques de columna.

Si bien se valora la tradición, el mezcal artesanal puede incorporar algunas técnicas modernas que no alteren sustancialmente el proceso tradicional.


**Mezcal Industrial.** Se produce en instalaciones industriales con el uso de maquinaria y tecnología moderna. La producción industrial suele implicar un mayor volumen de mezcal y un proceso más estandarizado. Para la cocción se emplean autoclaves industriales en vez de hornos subterráneos. Para la destilación se puede utilizar alambiques de columna, lo que puede dar lugar a mezcales más neutrales en sabor y aroma.

En la elaboración de los mezcales ancestrales y artesanales se utiliza un horno de cocción de tierra o ladrillo para cocinar las piñas de agave. Horno de tierra en el Palenque Cortés, Tula, Tepexi de Rodríguez





## Tipos de mezcal según su proceso de producción

	Características	Cocción	Molienda	Fermentación	Destilación
<p><b>Ancestral</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos tradicionales transmitidos de generación en generación</li> <li>Preserva prácticas culturales y técnicas ancestrales</li> <li>Se obtienen mezcales con características y sabores únicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Horno cónico subterráneo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mazo</li> <li>Tahona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cueros de animales</li> <li>Oquedades en piedra, suelo o troncos</li> <li>Pileta de mampostería</li> <li>Recipientes de barro</li> <li>Tinajas de madera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuego directo a Olla de Barro</li> </ul>
<p><b>Artesanal</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se emplean métodos y procesos manuales, pueden incluirse algunas herramientas modernas</li> <li>No se altera sustancialmente el proceso tradicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Horno cónico subterráneo</li> <li>Horno elevado de ladrillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mazo</li> <li>Tahona</li> <li>Trapiche</li> <li>Hebradora de Agave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cueros de animales</li> <li>Oquedades en piedra, suelo o troncos</li> <li>Pileta de mampostería</li> <li>Recipientes de barro</li> <li>Tinajas de madera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alambique de cobre</li> <li>Alambique de columna</li> <li>Refrescaderas</li> </ul>
<p><b>Industrial</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producido por medio de procesos y con herramientas modernas</li> <li>Se producen grandes volúmenes</li> <li>Procesos estandarizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hornos de mampostería</li> <li>Autoclaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hebradoras de Agave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tinas de Acero inoxidable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alambique de columna</li> </ul>



En cada uno de los procesos de la producción del mezcal se obtienen diferentes residuos, la cantidad de éstos dependen del tipo de proceso del cual estemos hablando; por ejemplo en el caso de los mezcales ancestrales, las cantidades de residuos suelen ser menores ya que el proceso es muy laborioso y generalmente se suelen emplear pocas cantidades de agave, mientras que el proceso industrial emplea una mayor cantidad de piña por lo que se genera mayores cantidades de residuos.

En los **talleres participativos** realizados por la consultoría Pacioli S.C., se llevó a cabo un diagnóstico de los principales tipos de productores de mezcal en el Estado de Puebla, así como de los principales residuos generados. Se encontró que la mayoría de los productores que participaron en los talleres cuentan con un **proceso artesanal**. Del mismo modo, se observó que los principales residuos generados por la actividad consisten en: pencas, ceniza, carbón, bagazo, y vinaza, siendo éstos dos los más abundantes ya que se estima que por cada litro de mezcal producido se obtienen **15 a 20 kilos de bagazo en base húmeda, y 10 a 12 litros de vinazas**.



La generación de bagazo en la industria mezcalera constituye una oportunidad para generar ingresos mediante su adecuado manejo



## Evaluación del impacto ambiental de los residuos del mezcal en México

En México, el manejo adecuado de los residuos generados durante la producción del mezcal, como el bagazo y las vinazas, está regulado por diversas leyes y normas ambientales.

A continuación, se presenta un listado de algunas de las leyes y normas relevantes que involucran el manejo de estos residuos:

**Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR):** Esta ley tiene como objetivo regular las actividades relacionadas con la prevención y gestión de residuos en México. Establece los principios, criterios y procedimientos para el manejo integral de los residuos, incluyendo la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final adecuada.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/27266/Ley\\_General\\_de\\_Residuos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/27266/Ley_General_de_Residuos.pdf)

**Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996:** Esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las emisiones de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. Es relevante para el manejo del bagazo ya que regula las emisiones generadas durante la cocción del agave.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110519/NOM\\_001\\_SEMARNAT\\_1996.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110519/NOM_001_SEMARNAT_1996.pdf)

**Norma Oficial Mexicana NOM-159-SEMARNAT-2011:** Esta norma establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles requieren un plan de manejo especial. Incluye criterios para la clasificación y manejo de los residuos agroindustriales, como el bagazo y las vinazas del mezcal.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134405/28.-\\_NORMA\\_OFICIAL\\_MEXICANA\\_NOM-159-SEMARNAT-2011.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134405/28.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-159-SEMARNAT-2011.pdf)

**Norma Oficial Mexicana NOM-004-**

**SEMARNAT-2002:** Esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Es relevante para el manejo de las vinazas, ya que regula las descargas de efluentes líquidos generados durante la producción del mezcal.

<http://www.cespm.gob.mx/pdf/NOM-004-SEMARNAT-2002.pdf>

**Norma Mexicana NMX-AA-162-SCFI-2012:**

Esta norma establece el método para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales y agua. La DQO es una medida importante para evaluar la carga orgánica presente en las vinazas del mezcal y su impacto ambiental.

<https://www.gob.mx/profepa/documentos/normas-mexicanas-nmx-aa-162-scfi-2012-y-nmx-aa-163-scfi-2012>

**Norma Mexicana NMX-034-SCFI-2015:**

Esta norma establece los métodos de prueba para la determinación de sólidos disueltos en aguas naturales, residuales y totales. Los sólidos disueltos son otro parámetro relevante para la evaluación del impacto ambiental de las vinazas, y es importante observar que éstos no sobre pasen el límite permitido para las descargas.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>

Es importante mencionar que, además de estas leyes y normas, existen regulaciones estatales y municipales que también pueden aplicar al manejo de residuos del mezcal, dependiendo de la ubicación de las plantas productoras. El cumplimiento de estas normativas es fundamental para asegurar un manejo ambientalmente adecuado de los residuos y minimizar su impacto negativo en el medio ambiente.

Links descargables, da click en los vínculos y descarga las normas de tu interés



## Tecnologías limpias y sostenibles en el sector mezcalero

En la búsqueda de un desarrollo más sostenible y responsable, el enfoque hacia tecnologías limpias se ha vuelto esencial para el sector mezcalero. Las tecnologías limpias y sostenibles se centran en la implementación de prácticas que reduzcan el impacto ambiental, aprovechen los recursos de manera eficiente y promuevan la conservación de la biodiversidad.

En esta era de creciente conciencia ambiental, el sector mezcalero se encuentra en una posición privilegiada para adoptar soluciones innovadoras y respetuosas con el entorno. Mediante la aplicación de tecnologías limpias, es posible transformar los residuos del proceso de producción del mezcal en valiosos recursos, evitando su descarte inadecuado y su potencial contaminación.

Este enfoque integral hacia la sostenibilidad y las tecnologías limpias involucra diversas prácticas, tales como el composteo de bagazo y vinazas para la obtención de fertilizantes orgánicos que beneficien el suelo agrícola, la generación de energía renovable a partir de los residuos y la implementación de procesos de destilación más eficientes y procesos menos intensivos en el aprovechamiento de los recursos naturales.

Algunas de las ecotecnias empleadas con éxito en el manejo de los residuos de la cadena productiva del mezcal son las siguientes:

**Elaboración de compostas, elaboración de briquetas con bagazo, elaboración de activadores ruminales, elaboración de silos a base de pencas de agave y vinaza,** las cuales están incluidas en el presente manual. También existen otras técnicas útiles como: biodigestión anaerobia de vinazas, elaboración de jarabes artesanales y elaboración de bloques de construcción a partir de bagazo y barro, así como el aprovechamiento de fibras entre otros.



Participantes en uno de los talleres de manejo de residuos quitando espinas de pencas de maguey. Palenque Cortés, Tula, Tepexi de Rodríguez.



## Objetivo General del Manual de Capacitación

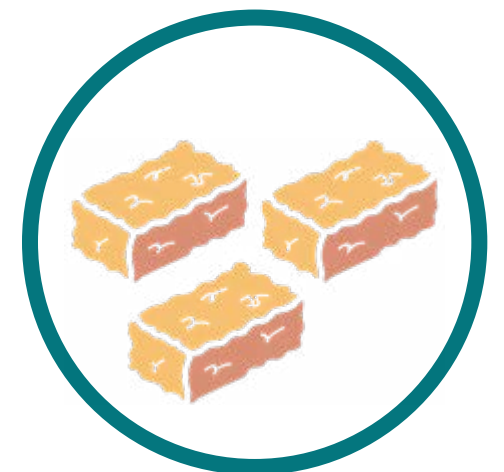
El objetivo de este manual de capacitación es proporcionar a los productores del sector mezcalero en Puebla, México, las capacidades y conocimientos necesarios para implementar prácticas efectivas de manejo de residuos generados durante la producción de mezcal, en cinco temas específicos:



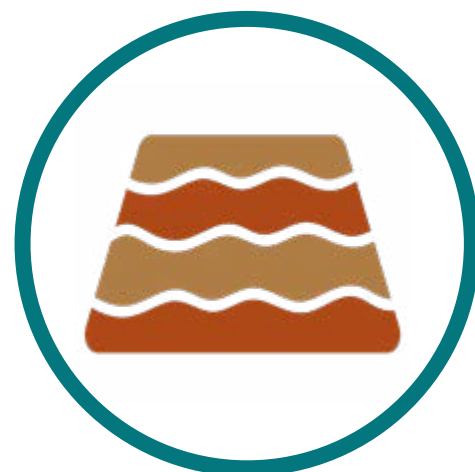
**Elaboración de Silos con  
Pencas de Agave**



**Elaboración de  
Activadores Ruminales**



**Elaboración de Briquetas con  
Bagazo de Agave**



**Elaboración de Composta con  
Bagazo de Agave**



**Producción de hongos Setas en  
Sustrato de Bagazo de Agave**





Pencas de maguey espadín (*Agave angustifolia*) en proceso de preparación para la elaboración de silos para ganado.



# Elaboración de silos con pencas de agave

M. en C. Carmen Rosana Estrada Avila

Una de las actividades de subsistencia campesina más importantes en la mixteca Poblana es la ganadería caprina, esta actividad enfrenta una marcada problemática por la escasez de forrajes en tiempos de secas (Ruiz *et al.* 2008). Esto sumado al incremento del costo de las fuentes de energía para la producción de forrajes y a la demanda constante de insumos para la alimentación animal hace necesario buscar alternativas accesibles para el productor (Valdez *et al.* 2011).

El ramoneo de hojas, yemas y tallos de vegetación en la alimentación animal ha recibido considerable atención en las regiones áridas y semiáridas de América (Ramírez, 2009); y se ha encontrado que **el pastoreo de ganado caprino no regulado es una de las principales causas de pérdida de cobertura forestal y biodiversidad** por lo que es importante evaluar especies locales de bajo costo que permitan satisfacer la demanda de forrajes y al mismo tiempo reducir el impacto de ésta actividad (Arriola *et al.* 2014; Ruiz *et al.* 2008).



Los silos de pencas de agave pueden ser una gran opción de complemento alimentario para el ganado. Borregos alimentándose con silo de Agave en la comunidad de San Gabriel Tetzoyocan, Yehualtepec, Puebla.



Estudios recientes consideran que el agave puede ser una alternativa para hacer frente a la escasez de forrajes en tiempos de secas (Zamudio *et al.* 2009). Algunos investigadores han encontrado que las hojas de maguey verde (*A. salmiana*) pueden ser nutritivos para el ganado caprino, ovino y bobino, pues llega a contener hasta un 80% agua y alrededor de 4% de proteína; sin embargo, su contenido de gúixe (cristales de oxalato de calcio y saponinas) reduce el gusto del animal por el consumo de las pencas frescas; es por ello que se recomienda ensilar el material con el fin de reducir el gúixe de la pencas y hacerlas más agradables para los animales (Pinos *et al.* 2008).

Los silos de agave son una alternativa para la ganadería de bajas emisiones de gases de efecto invernadero pues reducen la producción de metano en el rumen (Valdez *et al.* 2011, Canul *et al.* 2020; Lakhani *et al.* 2018). Otro beneficio de ocupar las pencas del maguey para alimentar al ganado es que se disminuye la presión del pastoreo sobre la regeneración de los ecosistemas locales y, por tanto se asegura que en el futuro se cuente con leña disponible para la producción de mezcal. Económicamente la alimentación del ganado con silos de pencas de maguey permite mantener el peso del ganado y disminuir hasta un 50% del costo de los forrajes en tiempo de secas.



Pencas de maguey papalometl (*Agave potatorum*), un residuo del proceso de cosecha y jima en la producción mezcalera que puede ser aprovechada para la nutrición del ganado

## Preparación de los silos

La elaboración de silos de agave es relativamente sencilla y éstos pueden enriquecerse con los forrajes disponibles en la región como: alfalfa seca, ramas de mezquite con vainas seco, o zacate entre otros. Los silos pueden elaborarse en tambos de plástico de 200 litros con tapa y una llave de desagüe en la base según el tipo de agave que se utilice, **las pencas de Espadín o Espadilla no requieren desagüe.**



# Ingredientes y Materiales

Para preparar los silos se necesitará lo siguiente

## Herramientas y materiales sugeridos para la preparación de un silo de 200 litros

- Tambo de 200 litros con tapa hermética y una llave de salida en la base.
- Molino de martillos o hebradora de agave
- Machetes, cuchillos o navajas
- Afiladores
- Pisón manual



**Tambo plástico de 200 litros.** Se recomienda con llave de drenaje en la base para las pencas con mayor contenido de líquidos



**Molino de Martillos o Hebradora de Agave.**



**Machetes o navajas.** Útiles para la preparación de las pencas



**Pisón manual.** Éste puede ser de diferentes tipos, incluso un tronco con punta roma puede ser de utilidad.



## Ingredientes sugeridos para la preparación de un silo de 200 litros

- 150 kg de Forraje seco de uso común molido previamente
- 150 kg de Pencas frescas de agave molidas, de preferencia Papalometl (*Agave potatorum*), pulquero (*Agave salmiana*), Papalote (*Agave crupreata*), Espadín (*Agave angustifolia*) y/o Espadilla (*Agave rodacantha*).
- Melaza de caña, se ocupan 5 kilos para disolver en agua
- Agua potable 15 litros



**Forraje Molido.** Puede ser el más común en la región.



**Pencas de Agave Frescas y Molidas**



**Melaza.** 5 kilos para 15 litros de agua



**Agua Potable.** 15 litros para mezclar la melaza





**ECOTIP:** Se pueden utilizar otros ingredientes como suplemento nutricional en el silo, como alimento procesado o minerales para ganado

---

## Procedimiento

La elaboración de silos de agave es relativamente sencilla y éstos pueden enriquecerse con los forrajes disponibles en la región; son un forraje que ayuda a mantener el peso del ganado en tiempos de sequía, y además funcionan como una fuente de agua. Dado que el contenido de proteína de la penca del maguey es bajo es necesario mezclarlo con forrajes altos en proteína como los son la alfalfa y/o ramas de mezquite con vainas. Por ser un material muy fibroso se recomienda el uso de afiladores para los machetes y las aspas de los molinos.

### 1. Preparación de pencas

Las pencas del agave se deben limpiar de espinas y las pencas grandes o largas con mayor contenido de fibras deben cortarse en trozos de aproximadamente 10 cm antes de triturarlas.



Limpieza de pencas. Posteriormente las pencas grandes y fibrosas se trozan para evitar fibras excesivamente en el molido



## 2. Triturado y mezcla de pencas y forraje

El triturado de las pencas y el forraje puede ser manual con un machete, usando un molino de martillos o una hebradora de agave. Una vez triturados el forraje y las pencas, éstas se mezclaran de forma uniforme



Molido manual de pencas con machete o empleando una hebradora de agave



Una vez molidas las pencas y el forraje se mezclan de forma uniforme



### 3. Disolución de la melaza

La melaza se mezcla con agua en una proporción de 5 kilos de melaza en 15 litros de agua.



### 4. Construcción del Silo

Se coloca una capa de 20 cm del forraje seco molido, en la base del tambo. A continuación se coloca otra capa de 20 cm de las pencas molidas y se rocía el agua con melaza lo suficiente como para humedecer levemente el material (no debe escurrir), a continuación se apisona el material de tal manera que no queden huecos con aire. Se repite el mismo procedimiento por capas hasta llenar el recipiente, hasta el tope y se tapa herméticamente para evitar la entrada del aire.



El silo se construye en capas de forraje seco con pencas, melaza y apisonado





Una vez completado al tope el silo se cierra con la tapa hermética asegurando no quede aire dentro, ni que entre al recipiente.

### Recomendaciones:

- Cuando las pencas tienen un mayor contenido de humedad como las pencas de papalometl, papalote, o pulquero, suelen generar lixiviados por lo que se recomienda abrir la llave de la base (cada 5 días) para desaguar el líquido y evitar una mala fermentación.
- El silo estará listo a los 28 o 30 días después de su preparación, y puede durar hasta 2 años en el recipiente sin ser abierto.
- En algunos casos cuando el material no se compactó bien el tambo tiende a hincharse, es un proceso normal, hay que tener precaución de no abrirlo ya que puede entrar aire y por tanto contaminar el contenido del interior.



### Recomendaciones (continuación):

- Se recomienda que dependiendo del tipo de ganado, se ofrezcan de 2 a 3 kilos por animal para ganado caprino u ovino, y de 5 a 6 kg por día para ganado bovino. La incorporación del silo en la dieta de los animales debe ser paulatina, agregando medio kilo más por día hasta completar la dosis. Se debe ofrecer por las mañanas antes de que ingieran alimento o salgan a pastorear para así reducir las necesidades de ingesta de los animales ya que de ésta forma estarán más satisfechos y el consumo será menor. En animales que son de libre pastoreo esto ayudará a reducir la presión sobre la regeneración de los ecosistemas naturales, y por tanto se podrá tener mejor disponibilidad de leña en un futuro.



Transcurridos 28 a 30 días desde su preparación el silo estará listo para ofrecerse al ganado. El contenido habrá cambiado de color y no deberá presentar mal olor.



### Para saber más

Escanea el código y accede al [video sobre la elaboración de silos con pencas de agave](#)





# Elaboración de silos de pencas de agave



**Nota:** Por seguridad del ganado las pencas no deben llevar espinas

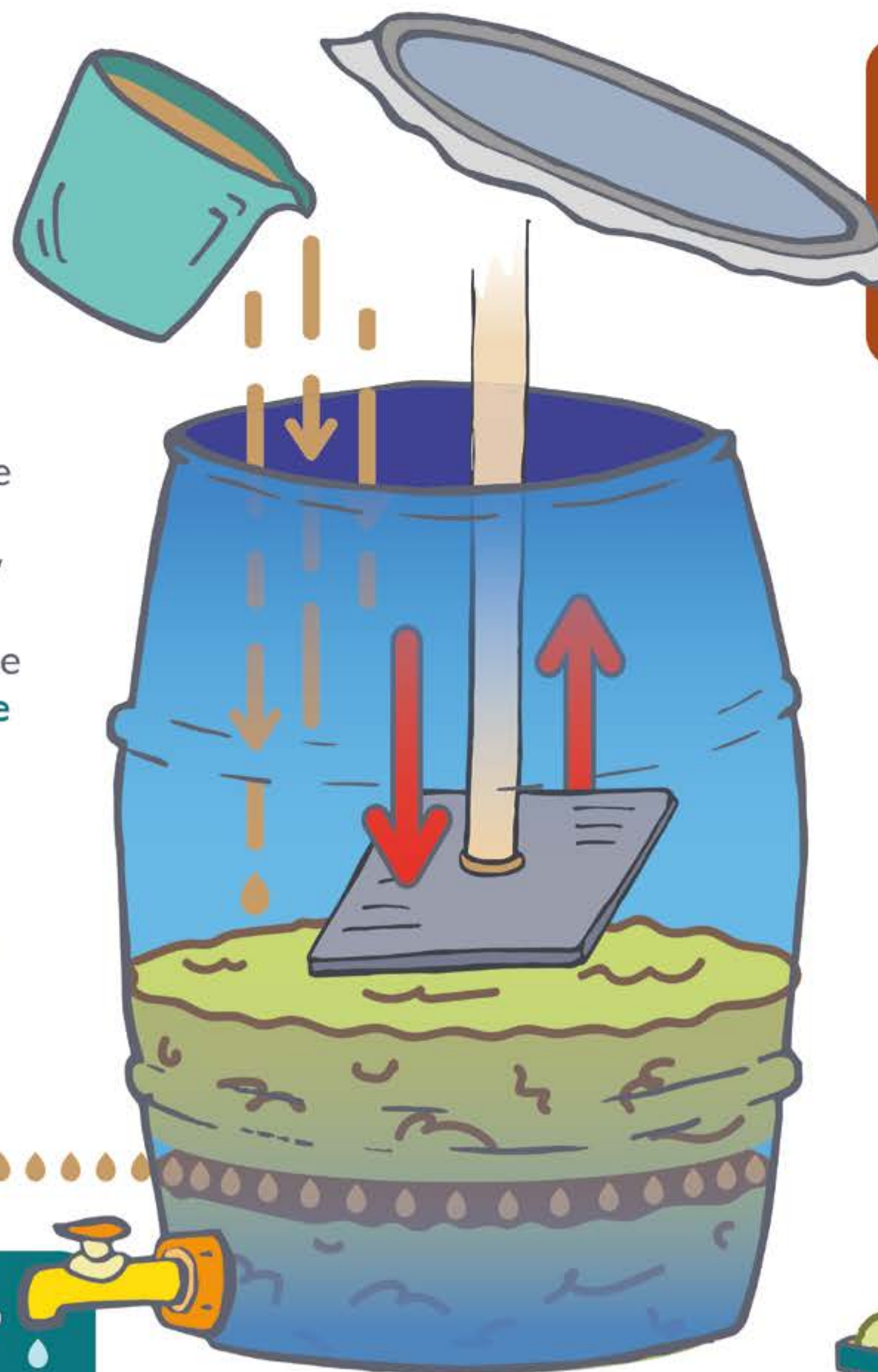
**Importante:** el silo debe ser tapado herméticamente para evitar contaminación durante el proceso de fermentación

## **4** Construcción del silo

Las capas intercaladas de forraje y pencas molidas deben ser bien mojadas y apisonadas entre cada una intentando que quede **la menor cantidad de aire en el interior del silo**

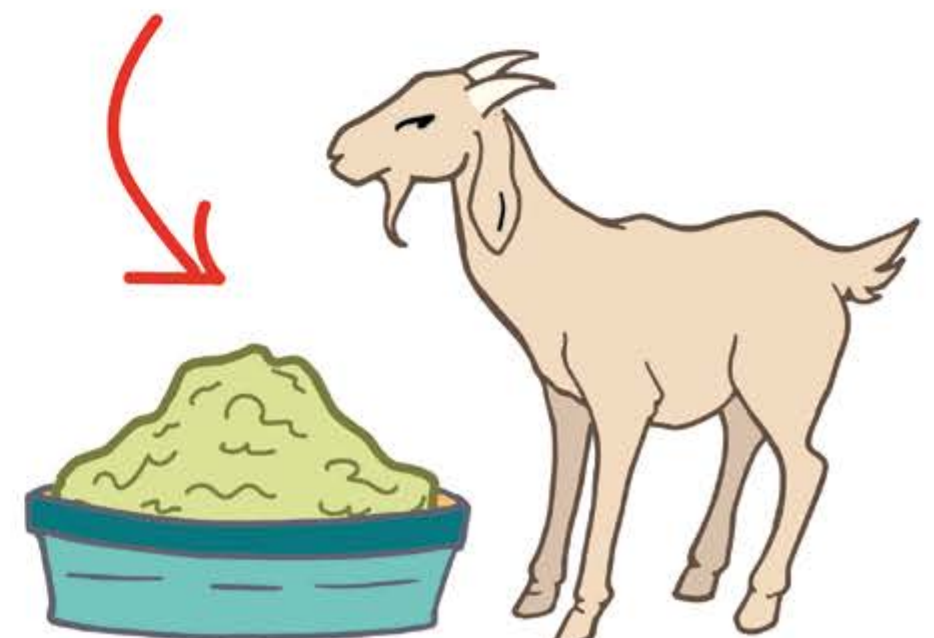
Riegos abundantes entre cada capa para que la materia vegetal quede **perfectamente mojada**

**Ecotip:** Drenaje necesario solo para aquellos tipos de agave con mayor contenido de humedad



**1-24 MESES**

Tras un mes de procesado, y hasta 12 meses después, los contenidos del silo se pueden ofrecer al ganado como alimento o como suplemento de su dieta





## Referencias : Elaboración de silos de pencas de agave

Arriola PVJ, Estrada ME, Ortega RA, Pérez MR, y Gijón HAR. (2014).

Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y ciencia*. 22:60

Canul SJ, Campos NM, Piñeiro VA, Casanova LF, Barros RM, Chay CA, y Castillo SL. (2020).

Mitigation of Rumen Methane Emissions with Foliage and Pods of Tropical Trees. *Animals* (10-5) 843.

Lakhani N, y Lakhani P. (2018).

Plant secondary metabolites as a potential source to inhibit methane production and improve animal performance. *International Journal of Chemical Studies*, (6-3) 3375:3379.

Pinos RJM, Zamudio M, y González RR. (2008)

The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *South African Journal of Animal Science*. ; (38-1) 43:50

Ramírez LRG. (2009).

Forrajes nativos. Una alternativa sustentable en la alimentación de rumiantes. *Ciencia UANL*; 12(1) 4.

Ruiz EB, Campos SA, Pérez AG, y Valiente-Banuet A. (2008).

Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia*; (33-12) 891:896.

Valdez CRD, Márquez MM, Blanco MF, Vázquez ARE, y Santos H.J.A. (2011).

*Atributos Forrajeros del Maguey*. X Simposium-Taller Nacional y III Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey". Escobedo Nuevo León México.

Zamudio DM, Pinos RJM, González SS, Robinson PH, García JC, y Montañez O. (2009).

Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. *Animal feed science and technology*; (148-1) 1:11.





Interior de un horno subterráneo de piedra para la cocción de piñas de agave



# Elaboración de activadores ruminales

Mtro. Hermilo Suárez Domínguez

Las vinazas se extraen de los fondos de las columnas destiladoras de mezcal como líquidos de desecho. Sin embargo por su alto contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas se considera que estos residuos son altamente contaminantes del agua y del suelo en los espacios circundantes de los palenques. Ese efecto se debe al contenido de sólidos totales superior a 40 mil mg por litro de vinaza (Ibarra-Camacho y León-Duarte, 2018).

Sin embargo esa característica convierte a las vinazas en un recurso de gran utilidad y bajo costo en la producción de alimentos de origen animal. Esta tecnología es de origen reciente y se incorpora en la alimentación de los animales rumiantes como un activador digestivo que aporta sustancias altamente asimilables por parte de los microbios del rumen. **Por esa razón las vinazas funcionan como activador ruminal de gran impacto.**

Las vinazas como activadores ruminales son residuos de la industria del mezcal que aportan vitaminas del complejo B así como de ácidos orgánicos, alcoholes, levaduras, péptidos, aminoácidos, minerales altamente asimilables, sustancias antioxidantes y sustancias secuestrantes de hongos que descomponen los alimentos almacenados. Por tanto las vinazas pueden emplearse sin riesgos de toxicidad en la alimentación de animales rumiantes como vacas, ovejas y cabras. Esta tecnología también se recomienda como estabilizador digestivo en animales no rumiantes como aves de traspatio y puercos.



Las vinazas pueden ser incluidas en activadores ruminales que se adicionan a los alimentos para aves de corral y ganado

En ese contenido de sólidos totales se incluye cerca de 5% de una mezcla de proteínas, péptidos y aminoácidos (Ibarra-Camacho y León-Duarte, 2018) de origen microbiano (Martínez-Castillo *et al.*, 2023) que enriquecen la alimentación de los animales. También se incluyen minerales de alto valor nutricional, como potasio, calcio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, aluminio, cadmio, manganeso, níquel y zinc (Íñiguez y Hernández, 2010).



Además el aporte nutrimental tan amplio de las vinazas no se encuentra disponible en los alimentos convencionales como residuos de cosecha, forrajes de pastoreo, granos y las opciones comerciales de alimentos concentrados. Por consiguiente las vinazas enriquecen las fuentes convencionales de alimentación para los animales.

Sin embargo el aporte nutrimental de las vinazas depende de la especie de agave que se procese y de la técnica que se siga para la producción de mezcal (Flores-Ríos et al., 2020).

Para comprender el porqué del valor nutrimental de las vinazas se sugiere a los propietarios de los palenques que analicen el proceso que siguen para producir mezcal desde que las piñas se descargan en el horno hasta que las vinazas se generan. Ahí ellos encontrarán que las piñas se cuecen y que después de molerlas se exponen a fermentación por medio de levaduras cuyos desechos y proteínas permanecen en las vinazas junto con todos los minerales de las piñas. Después de destilar los alcoholes de las piñas fermentadas el residuo que queda son las vinazas que se asemejan a consomé de agave.

Esto quiere decir que las vinazas pueden aprovecharse como complemento de los alimentos convencionales de los animales y también como insumo que los vuelve más digeribles. Además no se requiere periodo de adaptación de los animales al consumo de vinazas y estas no necesitan tratamiento especial para suministrarlas a los animales.



Ganado bovino consumiendo alimento enriquecido con activador ruminal a base de vinazas, La Soledad Tepexitla, Puebla.



## Dosificación de las vinazas en la alimentación de los animales

En la tabla siguiente se muestran las cantidades de vinazas que pueden agregarse en los alimentos de los animales de interés productivo. Esas cantidades pueden mezclarse con los alimentos o aplicarse en forma de rocío para humectarlos ligeramente.

Tabla. Dosificación de vinazas en la alimentación de los animales de interés productivo.

Especie animal	Tipo de animal	Dosis	Forma de aprovechamiento
Aves	Gallinas y pollos	4%	En granos enteros y alimento comercial
Bovinos	Beceros	10%	En el alimento preiniciador
	Vacas de cría	10-12%	En los esquilmos de cosecha
	Vacas de ordeño	10 -12%	En el alimento concentrado
	Toros	10%	En los esquilmos de cosecha
Caprinos	Cabritos	10%	En el alimento preiniciador
	Cabras jóvenes	10-12%	En los esquilmos de cosecha
	Cabras adultas	10 -12%	En los esquilmos de cosecha
	Sementales	10%	En los esquilmos de cosecha
Ovinos	Corderos	10%	En el alimento preiniciador
	Corderos jóvenes	10-12%	En los esquilmos de cosecha
	Ovejas	10-12%	En los esquilmos de cosecha
	Carneros	10%	En los esquilmos de cosecha
Porcinos	Lechones	5%	En el alimento preiniciador
	Lechones jóvenes	6%	En el alimento concentrado
	Cerdas	8%	En el alimento concentrado
	Sementales	8%	En el alimento concentrado

La mezcla de la vinaza con los alimentos y materias primas para el ganado se realiza al momento de alimentar a los animales.



**ECOTIP:** Además las vinazas pueden proporcionarse a libre acceso para todos los animales en contenedores tipo saladeros o en el agua.

## Elaboración de activador Ruminal con melaza y vinazas

También se pueden elaborar activadores ruminales que favorezcan la digestión de los animales de granja con ingredientes como la melaza, vinazas, minerales y nitrógeno.



### Fórmula base para preparar un kilo de activador ruminal

Melaza	900 g
Urea	10 g
Minerales	10 g
Levaduras	2 g
Vinazas	20 ml

Algunos ingredientes para el activador ruminal a base de melaza: Vinazas, sales minerales, urea, alimento para ganado.



El procedimiento para elaborar el activador ruminal es muy sencillo, simplemente se mezclan todos los ingredientes en sus proporciones correspondientes y se dejan reposar un mínimo de 24 horas y un máximo de 3 días. Posteriormente se administran al ganado.



Activador ruminal ya preparado y listo para adicionarse al alimento

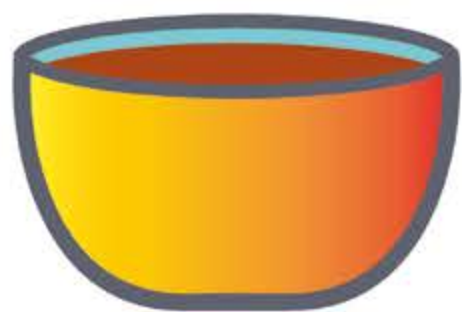


Alimento ya adicionado con el activador ruminal

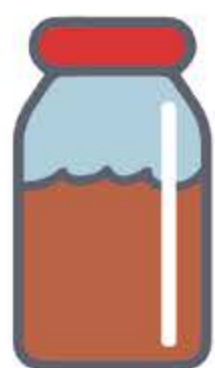


# Elaboración de activadores ruminales

## Ingredientes



Melaza



Vinazas



Urea



Minerales



Levadura

Para preparar 1 kg de activador



900 g



10 gr



2 gr



10 gr



20 ml

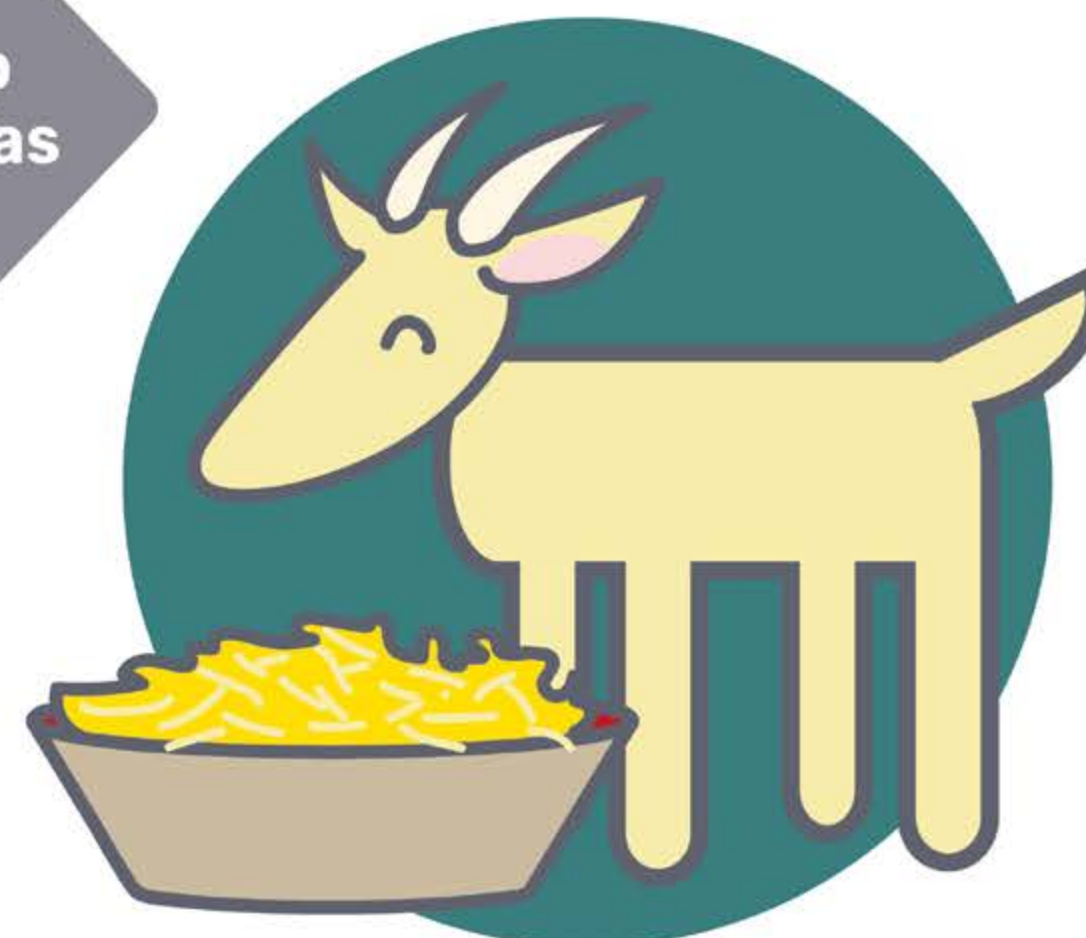
Mezclar bien todos los ingredientes

Agregar al alimento hasta humedecer

Ofrecer al ganado por las mañanas



Reposo  
1 a 3 días





## Beneficios esperados de agregar vinazas en la alimentación de los animales

Especie animal	Tipo de animal	Beneficios
Aves	Gallinas	Cascarón más firme y mejor composición del huevo
	Pollos	Mayor tasa de crecimiento y menor mortalidad
Bovinos, caprinos y ovinos	Crías lactantes	Mayor tasa de crecimiento y menor mortalidad
	Animales jóvenes	Mayor tasa de crecimiento, mejora en la composición de las canales y mejora en la conversión de alimento a ganancia de peso
	Vacas de cría	Mayor producción de leche para la cría y fertilidad mejorada
	Vacas de ordeño	Mayor producción de leche, menor incidencia de mastitis y leche con mayor cantidad de sólidos
	Sementales	Mayor vigor y rápida recuperación posterior a los empadres
Porcinos	Lechones	Menos diarreas y mayor velocidad de crecimiento
	Lechones jóvenes	Mayor velocidad de crecimiento y mejora en la conversión de alimento a ganancia de peso
	Cerdas	Mayor producción de leche, mayor tasa de destetes, mejor condición corporal y mayor fertilidad
	Sementales	Mayor vigor y mejora en la conversión de alimento a ganancia de peso

Principales beneficios que se logran del aprovechamiento de las vinazas como alimento para los animales. Estos beneficios dependen del tipo de alimentación que los animales reciben y del nivel de desnutrición o de trastornos digestivos que padezcan.

En el caso de la actividad caprina que se desarrolla en la Mixteca poblana con rebaños en pastoreo el uso de vinazas suplementarias en cantidades de 500 g por animal al día, combinadas o no con granos molidos o fórmulas concentradas, ha permitido lograr los siguientes resultados inmediatos: mayor peso al nacimiento de los cabritos (3.5 kg vs. 2.5 kg), peso al destete mayor a 16 kg a los 60 días de edad de los cabritos (vs. peso similar a los 120 días de edad), alta sobrevivencia de la segunda cría en partos gemelares (mayor a 90% vs. menor a 20%), eficiencia productiva alta en las cabras de reproducción (de 55% en promedio con rango de 40% a 110%) expresada esta como la cantidad de kg destetados por la cabra en un parto en comparación con el peso de la cabra e intervalos de 7-8 meses entre dos partos sucesivos.



Resultados semejantes en la mejora productiva se han obtenido en la actividad ovina de la misma región poblana tanto en animales de reproducción como en crías lactantes y crías destetadas. El resultado general del aprovechamiento de las vinazas en la producción de carne y leche son animales mejor alimentados que padecen menos trastornos digestivos porque las vinazas protegen las paredes interiores de los dos intestinos con lo cual los animales experimentan estados de confort y asimilan mejor los nutrientes de las dietas.

Así que el aprovechamiento de las vinazas como alimento para los animales productores de carne y leche permitirá asegurar la disposición adecuada de estos desechos con un mínimo de impacto ambiental directo e indirecto.

### Ventajas del aprovechamiento de vinazas:

- Las vinazas son una alternativa de amplia disponibilidad local y regional.
- El uso de vinazas no requiere entrenamiento especial de los productores de ganado en temas de nutrición.
- No se requiere tratamiento ni manejo especial porque las vinazas son una materia prima de uso directo e inmediato.
- El uso de vinazas disminuye los costos de producción de alimentos de origen animal.
- El uso de vinazas vuelve a los animales más productivos inclusive en alimentos de baja calidad.
- El uso de vinazas mejora la salud digestiva de los animales y previene pérdidas por mortalidad.
- El uso de vinazas es una alternativa para el cuidado ambiental con costo mínimo.
- El uso de vinazas aumenta la calidad de los productos como carne, leche y huevo.



### Para saber más

Escanea el código y accede al [video sobre activadores ruminales](#) para ganado





## Referencias : Elaboración de activadores ruminales

Flores-Ríos P.A.; C. Robles & E. Castañeda-Hidalgo. (2020).

Generación y caracterización de los bagazos de la agroindustria del mezcal en Oaxaca. *Rev. Mex. de Ciencias Agríc.* 11(6):1437-1445.

Íñiguez G. & y D.R. Hernández. (2010).

Estudio para la rehabilitación de una planta de tratamiento de vinazas tequileras mediante un floculante polimérico de poliacrilamida (PAM). *Rev. Int. Contam. Amb.* 26(4):299-311.

Martínez-Castillo L.M; M.G. Bustos-Vázquez; D. Trujillo-Ramírez; G.C. Rodríguez Castillejos & O. Castillo-Ruiz. (2023).

Caracterización de vinazas de la industria tequilera para su uso como medios nutritivos económicos en fermentaciones con bacterias lácticas. *Inv. Des. en Cienc. Tec. Alim.* 8:795-801.





La leña es el principal combustible empleado en la fabricación de mezcal a pequeña escala con grandes repercusiones económicas y ambientales



# Elaboración de briquetas

Dra. Liliana Marquéz Benavides

El consumo de leña en el proceso productivo del mezcal, es considerado como alto, ya que tan sólo para la cocción de las piñas se requieren cerca de 4 toneladas de leña, para fabricar 300 litros de mezcal (Garzón y Velandia, 2020). Esto supone aproximadamente 8 metros cúbicos de madera, el precio estimado del m<sup>3</sup> de madera en rollo en México a la fecha (Septiembre, de 2023), oscila alrededor de \$2,600.00, económicamente hablando el costo de la leña por litro de mezcal producido asciende aproximadamente a \$70.00, sin contar el costo ecológico de la madera. Por otra parte la mayoría de las regiones dentro de la Denominación de Origen del Mezcal se encuentran en zonas áridas o semiáridas lo cual las convierte en ecosistemas de lenta regeneración por lo que la producción de leña en éstas zonas es baja (Barrera-Calva et al. 2021).



Leña siendo usada en el proceso de destilación. La utilización de leña como principal combustible en la producción de mezcal en zonas áridas puede resultar problemática dado que es un recurso de lenta regeneración en estos ecosistemas

Por otra parte, se estima que por cada litro de mezcal se producen de 10 a 12 kilogramos de bagazo en base húmeda, mismos que no están siendo aprovechados de forma óptima (Chávez-Guerrero, 2010).

Con prácticas amigables con el ambiente, como la elaboración de briquetas, se puede reducir significativamente el consumo de leña alcanzando una disminución en el consumo de hasta 30% y con ello el impacto ecológico sobre los ecosistemas generado tanto por el consumo de dendroenergéticos como por la producción de mezcal.



En 2017, un grupo de investigadores de la Universidad Michoacana, determinaron la composición química del bagazo del agave, encontrando que la composición química del agave corresponde a un 43% de celulosa, 19% de hemicelulosa, 15% de lignina, 5% de azúcares reductores, y 6% de cenizas; mientras que sólo tiene el 0.54% de nitrógeno y 0.37% de azufre (Sánchez-Miranda 2017). El bajo contenido de nitrógeno y azufre reduce los efectos contaminantes del bagazo como combustible, mientras que a pesar de que aproximadamente el 50% de la biomasa del bagazo del agave se pierde en forma de carbono y dióxido de carbono, éste desprendimiento NO incrementa la cantidad total neta de éstos compuestos en el ambiente (Sánchez-Miranda, 2017; Chávez-Guerrero, 2010).

El poder calorífico (capacidad para generar calor) del bagazo de agave es alto (aprox. 9550 Joules por gramo, y el 23% de contenido de oxígeno) lo que significa que el bagazo cuenta con un alto potencial para ser usado como combustible, sin embargo se recomienda reducir el contenido de humedad del mismo antes de emplear el material como combustible (Barrera-Calva et al. 2021).



Las briquetas combustibles de bagazo de agave son una excelente alternativa como combustible para la industria mezcalera

## Elaboración de Briquetas

La elaboración de briquetas a base de bagazo es muy sencilla, y depende de los materiales con los que se cuenten en la región, pueden fabricarse únicamente con bagazo molido y remojado, o bien emplear algún adherente como papel o cartón remojado. Se requiere de moldes que permitan compactar el material o bien una máquina briquetadora.



# Ingredientes y Materiales

Para fabricar las briquetas se necesitará lo siguiente:

## Herramientas y materiales

- Moldes, briquetadora o bloquera manual
- Licuadora industrial o revolvedora eléctrica (opcional)

## Ingredientes sugeridos para la preparación de briquetas

- 10 kilos de Bagazo de agave (residual de la producción de mezcal)
- 1 a 2 kilos de Papel o cartón
- Agua potable 20 litros



10 kilos de Bagazo de agave. Residual de la producción de mezcal).



1 a 2 kilos de Papel o cartón. Remojado en agua por dos días



Agua Potable. Lo suficiente para remojar muy bien el papel



Máquina briquetadora. También se pueden usar moldes manuales



## Procedimiento

Se corta el papel (o cartón) en trozos y se deja remojar por al menos 2 días. Se pica o muele el bagazo (con machete o la licuadora industrial) y se pone a remojar por 2 días.



El papel se pone a remojar y el bagazo se desmenuza y se pone a remojar en el agua por 1 o 2 días

Una vez remojado el material, se deshace el papel (puede ser manualmente o con la licuadora industrial o con una revolvedora eléctrica). Se mezcla el papel remojado y el bagazo.



Papel remojado siendo desmenuzado y posteriormente mezclado con bagazo



Se escurre el material mezclado y se coloca en los moldes o la briquetadora, y se prensa para eliminar el agua residual.



Proceso de prensado de briquetas en máquina briquetadora.

Las briquetas se ponen a secar al aire libre en un espacio soleado que permita el drenaje y el flujo del aire. Se dejan secar por una semana. Una vez secas pueden ser empleadas como combustible.



Posterior a ser prensadas las briquetas se ponen a secar al aire libre. Las briquetas pueden contener diferentes tipos de cartón o papel así como diferentes proporciones de bagazo y cartón.

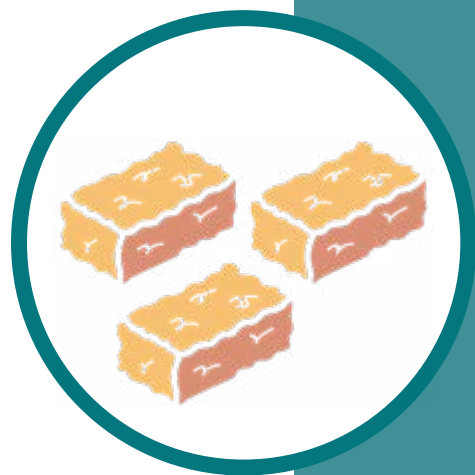




**ECOTIP:** El bagazo caliente recién salido del proceso de destilación puede ser utilizado para la fabricación de briquetas sin la necesidad de usar papel, siempre y cuando se encuentre caliente todavía.

### Recomendaciones:

- El bagazo puede ser usado sin picar o moler pero esto dificulta su adherencia.
- Las briquetas pueden ser usadas como combustible en el proceso de destilación o como iniciadores en la cocción de las piñas.
- La duración aproximada del tiempo de quemado de una briqueta es de 30 a 40 minutos.



### Para saber más

Escanea el código y accede al [video sobre las briquetas de bagazo en la industria mezcalera](#)





## Referencias : Elaboración de briquetas

- Barrera-Calva, E., Martínez, G., Rosas-Cedillo, R., & Rentería-Tapia, V. (2021).  
Maderas de zonas áridas de México, poder calorífico por ATG-ATD y mediante bomba calorimétrica. *Madera y bosques*, 27(3).
- Chávez Guerrero, L. (2010).  
Uso de bagazo de la industria mezcalera como materia prima para generar energía. *Ingenierías*, 13(47), 8-16.
- Garzón Polanco, M. F., & Velandia Rodríguez, Y. V. (2020).  
*Análisis del costo económico que generan las externalidades ambientales en el proceso productivo del Mezcal en Oaxaca, México.*  
[tesis de licenciatura, Universidad de Pamplona] Repositorio Institucional
- Sánchez Miranda, M. A. (2017).  
*Estudio de reducción de briquetas compuestas de mineral de hierro y bagazo de agave.* [tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo] Repositorio Institucional





Pila de bagazo seco, listo para ser incorporado a una pila de compostaje



# Elaboración de composta de bagazo

Mtro. Juan Vidal Bello

Una composta es un producto que resulta de la descomposición controlada de materiales orgánicos, como restos de cultivos, residuos de actividades productivas, abono de animales y otros materiales biodegradables. Este proceso de descomposición es llevado a cabo por microorganismos; por lo que un buen proceso de compostaje debe promover las condiciones más adecuadas para que los microorganismos trabajen de forma adecuada. El resultado final del proceso de compostaje es un producto rico en nutrientes y beneficioso para la fertilidad del suelo, que se puede utilizar como enmienda para mejorar la estructura y la calidad del suelo en la agricultura, o como sustrato para la producción de plantas en vivero o en invernadero (Negro *et al*, 2000).

El bagazo es el residuo sólido de mayor generación durante el proceso de elaboración del mezcal, se estima que por cada litro de mezcal se producen de 10 a 12 kilogramos de bagazo en base húmeda (Chávez-Guerrero, 2010).

Existen diferentes tipos de compostaje, el más sencillo es el que se presenta en éste manual, y se propone de ésta manera ya que en algunas localidades es más difícil conseguir algunos insumos más especializados. La elaboración de Bocashi es un proceso más complejo y que a su vez resulta más costoso. Por otro lado la diferencia entre la composición química de ambas enmiendas orgánicas es poca (Bocashi 1.44% de Nitrógeno, 2.49% Fósforo y 2.46% Potasio y Composta 1.33% de nitrógeno, 0.84 de Fósforo, y 1.30% de Potasio) (Pérez *et al* 2008).



El bagazo es uno de los principales residuos que se generan en la producción de mezcal



De acuerdo a la caracterización química de la composta de agave se estima que contiene 24 miligramo/gramo de Carbono, y 1.85 mg/g de Nitrógeno; por lo que la composta de bagazo de agave puede ser empleada con éxito en el mejoramiento de la fertilidad y el incremento de la materia orgánica en suelos (Acosta et al. 2023).

Investigadores de la Universidad de Guadalajara, evaluaron diferentes sustratos para la producción de agave tequilero, encontrando que la composta de bagazo de agave al 50% funcionó mejor que otros tipos de sustrato como fibra de coco o turba, las plántulas de agave crecidas con éste sustrato presentaron mejor calidad que las desarrolladas en otros tipos de sustratos (diámetro de piña 5.0 cm, diámetro de tallo 3.8 cm, número de pencas 15, longitud de la penca 55.4 cm, ancho de la penca 4 cm) (Crespo-González et al, 2013).

Es importante señalar que entre los objetivos el compostaje es, fomentar la cultura de la utilización de los residuos orgánicos disponibles localmente, mejorar los suelos, bajar costos de producción, obtener productos más sanos y proteger al ambiente y la salud y bienestar de los seres humanos.

## Preparación de Composta

Elaborar una composta es un proceso considerado de fácil manejo, **pero se deben observar de manera muy cuidadosa los principios básicos, como relación carbono/nitrógeno, pH, humedad y temperatura, de tal forma que el producto final o composta, sea un insumo de calidad.**

## Ingredientes y Materiales

La composta se puede prepara con los elementos o ingredientes que se encuentren disponibles en la zona, éstos pueden ser adaptados según la región, por lo que la siguiente es una propuesta basada de forma general a lo observado en la mayoría de los palenques mezcaleros.

### Herramientas y materiales

- Bioldos
- Palas
- Bomba aspersora
- 2 tambos de 200 litros con agua.



## Ingredientes propuestos:

- 1 Tonelada de bagazo de agave (residual de la destilación)
- 100 litros de vinaza
- 8 metros cúbicos de estiércol (puede ser de Vaca, Borrego, Chivo)
- 5 costales de Rastrojo de maíz
- Agua
- \*Opcional 40 kg de Nitrato de amonio soluble (Ultrasol AmNit; Nitrofos ka 30-10-10 de aplicación foliar)
- \*Opcional Inoculantes de microorganismos benéficos (*Trichodermas spp* y *Beuveria bassiana*)

## Procedimiento

### 1. Preparación del terreno

En primer lugar, hay que determinar el área sobre la cual se va a elaborar la pila de compostaje: un espacio ventilado, con poca pendiente, un ancho de entre 2-6 m, el largo depende de la cantidad de material disponible. Hay que delimitar con estacas los 4 esquinas (esquinas) unidos con una cuerda para formar un rectángulo y dar uniformidad a la pila.



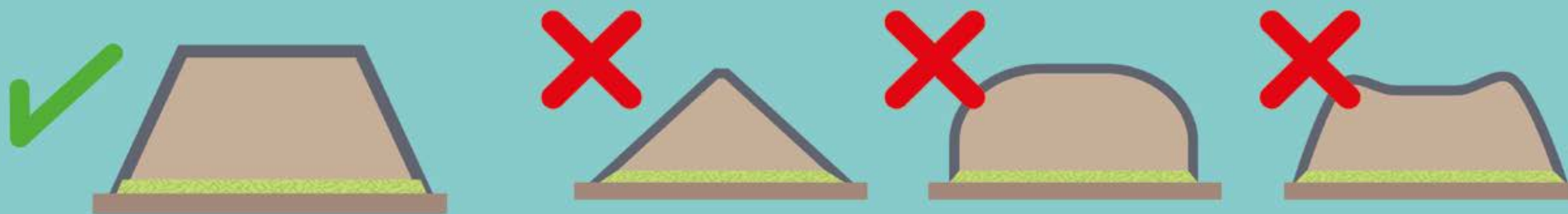
Es importante realizar un surco de drenaje alrededor del espacio destinado para la pila de compostaje



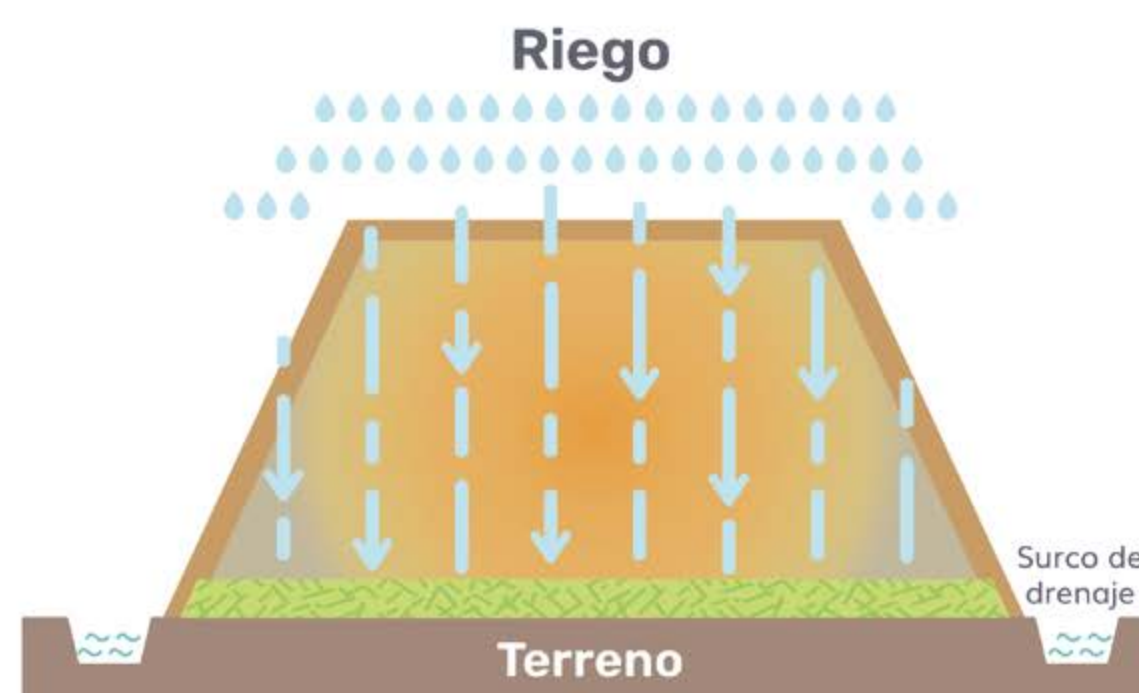
## Preparación del terreno (continuación)

Una vez delimitado y preparado el terreno, la pila de compostaje se va construyendo por capas de material intercaladas con riegos de agua y vinazas. Es importante considerar la forma de la pila de compostaje, **siendo la forma ideal la de un trapecio para que la humedad sea uniforme**, otras formas irregulares o con terminación en punta no favorecen la correcta distribución de los riegos, afectando la humedad y temperatura de la composta y con ello los procesos de descomposición de la materia orgánica.

### Formas de la composta



La pendiente no permite que el riego penetre al interior de la composta aumentando de forma considerable la temperatura



Con la forma de **trapecio** el riego penetra de forma uniforme controlando así la temperatura al interior de la composta

Controlar la temperatura de la composta es de gran importancia. Para esto la forma de la composta debe ser la correcta y para medir la temperatura se puede utilizar un termómetro grande que debe introducirse al menos 20 cm dentro de la pila de compostaje.



## 2. Construcción por capas

La melaza se mezcla con agua en una proporción de 5 kilos de melaza en 15 litros de agua

### Primera capa de base:

Debe estar compuesta por material vegetal grueso como: ramas delgadas, rastrojos o bagazo seco, para propiciar la aireación y el incremento de microorganismos. Esta capa debe ser de 15 a 20 cm de espesor. Si se dispone de composta o mantillo hay que incorporarlo en la parte superior. Tras colocar la capa base se aplica un riego muy fino de vinaza mezclada con agua, (50 y 50%) para humedecer bien el material.



La primera capa se realizará con material grueso disponible como rastrojo o caña

---

**ECOTIP:** A la mezcla de agua y vinaza para riego se puede agregar el nitrato de amonio soluble para estabilizar la mezcla, se recomienda una solución de 20 kg por tambo de 200 litros de mezcla.

---



### Segunda capa:

Utilizar estiércol seco o fresco, sólo 10 centímetros de espesor, no más, puede mezclarse con pulpa de café, material verde, frutos y verduras bien picadas o cualquier material disponible en su localidad o parcela.



La segunda capa deberá ser estiércol y este debe ser bien humedecido con la mezcla para riego

### Tercera capa:

Esta debe ser de preferencia de bagazo de maguey fresco o seco, con un espesor de 20 hasta 30 centímetros de espesor como máximo. Una vez terminada hay que suministrar un riego de gota fina con la mezcla de agua y vinaza. Cuidar que quede bien mojada la capa, pero que no escurra el agua.



Para la tercera capa se utilizan de 20 a 30 cm de bagazo que posteriormente se moja bien



#### Cuarta capa:

Utilizar para esta capa de nuevo estiércol de preferencia fresco, puede ser seco pero se debe humedecer procurando que todo el material quede húmedo, también se puede agregar material vegetal verde, 15 cm aproximadamente.



La segunda capa deberá ser estiércol y este debe ser bien humedecido con la mezcla para riego

#### Quinta capa:

Utilizar nuevamente bagazo de maguey, como se incorporó en la tercera capa (es deseable contar con los mismos materiales y en la misma cantidad). No se olvide que se debe regar perfectamente esta capa para que el material trabaje bien y la microbiología se desarrolle de forma adecuada.



Las capas de bagazo deben regarse muy bien para que queden bien humedecidas, evitando regar demasiado y que escurra el agua



### Sexta capa:

Esta debe formarse nuevamente de estiércol, con la finalidad de que el bagazo se transforme en composta como deseamos. Aplicar riego hasta humedecer



**ECOTIP:** Se pueden agregar las capas necesarias según la cantidad de material que se tenga hasta 1.5 o 2 metros de altura. Siempre siguiendo la forma de trapecio

### Ultima capa:

Si la pila de compostaje está a la intemperie, cúbrala con hierbas de preferencia verdes, paja, rastrojo o una capa final de bagazo seco, esto ayudará a conservar la humedad interior de la pila de compostaje.



La última capa protectora puede ser de gabazo seco, rastrojo u otros materiales para evitar la pérdida de la humedad



## Vista transversal de una pila de composta



### Recomendaciones:

- Por ningún motivo utilizar cal o ceniza
- No se debe utilizar plástico para cubrir la composta, al menos que se presenten lluvias



Una vez finalizada la pila se debe esperar entre 20 y 30 días para realizar el primer volteo de la composta, siempre tratando de mantener una temperatura adecuada de aproximadamente 55° grados centígrados al interior de la misma, si la temperatura se acerca o rebasa por poco los 60°C se pueden aplicar riegos con agua para disminuirla un poco. Si la temperatura es excesiva y llega cerca de los 70°C la composta es inviable ya que los microorganismos benéficos habrán muerto.



Transcurrido un mes se realiza el primer volteo de la pila de compostaje.

Un segundo volteo de la composta se realizará a los 60 días aproximadamente. En esta etapa es posible encontrar diversos organismos en la composta, esto no se considera dañino para la composta



A los 60 días se realizará un segundo volteo de la pila de compostaje





Tras el segundo volteo de la pila de compostaje se puede notar el cambio de color y textura del bagazo

Completado el proceso, se obtiene la composta, que es un producto sólido maduro y estable, con olor y apariencia a tierra; es el resultado del proceso de compostaje, derivado exclusivamente de materia orgánica, misma que posee las propiedades y estructura del humus, al incorporarse al suelo, aporta nutrimentos, materia orgánica y microorganismos en cantidades importantes, obviamente el contenido nutrimental de la composta depende de los materiales utilizados y de cómo se ha realizado proceso de elaboración



En ocasiones se pueden encontrar organismos en las últimas etapas de la composta



## Para saber más

Escanea el código y accede al [video sobre la elaboración de composta con bagazo de agave](#)

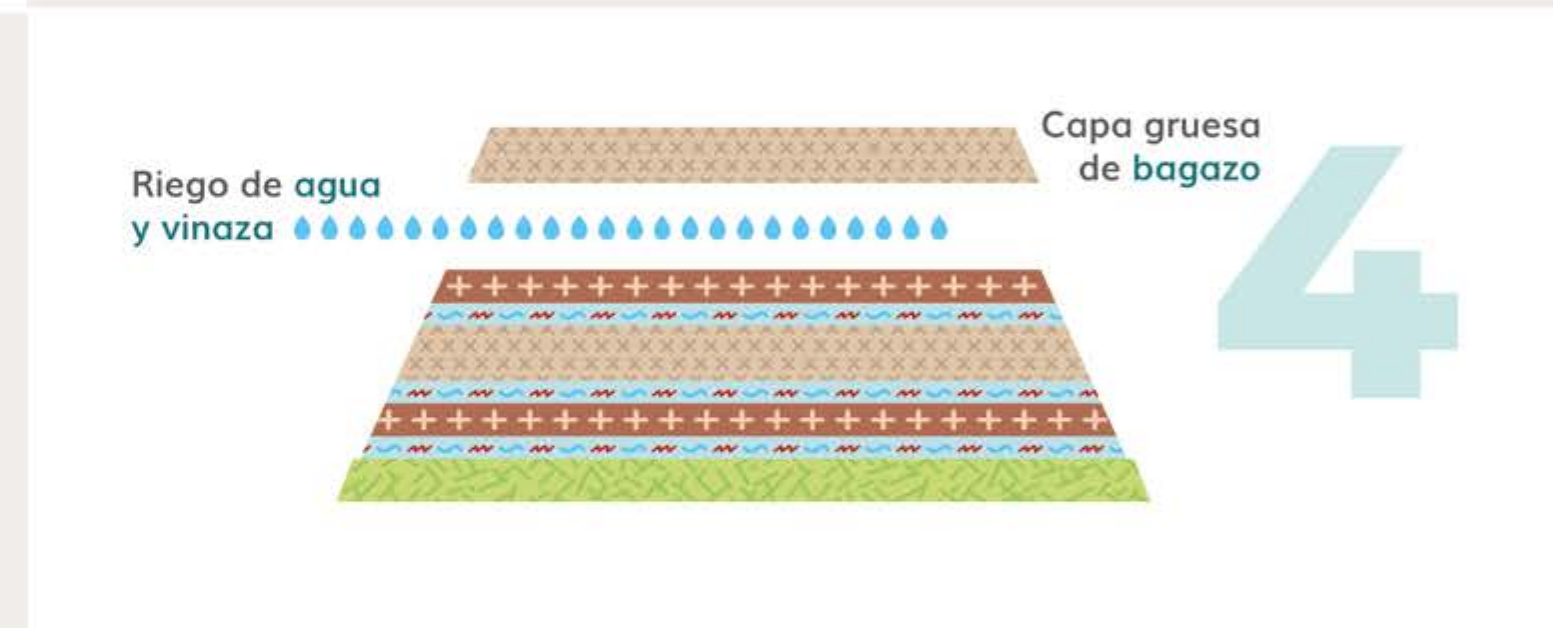
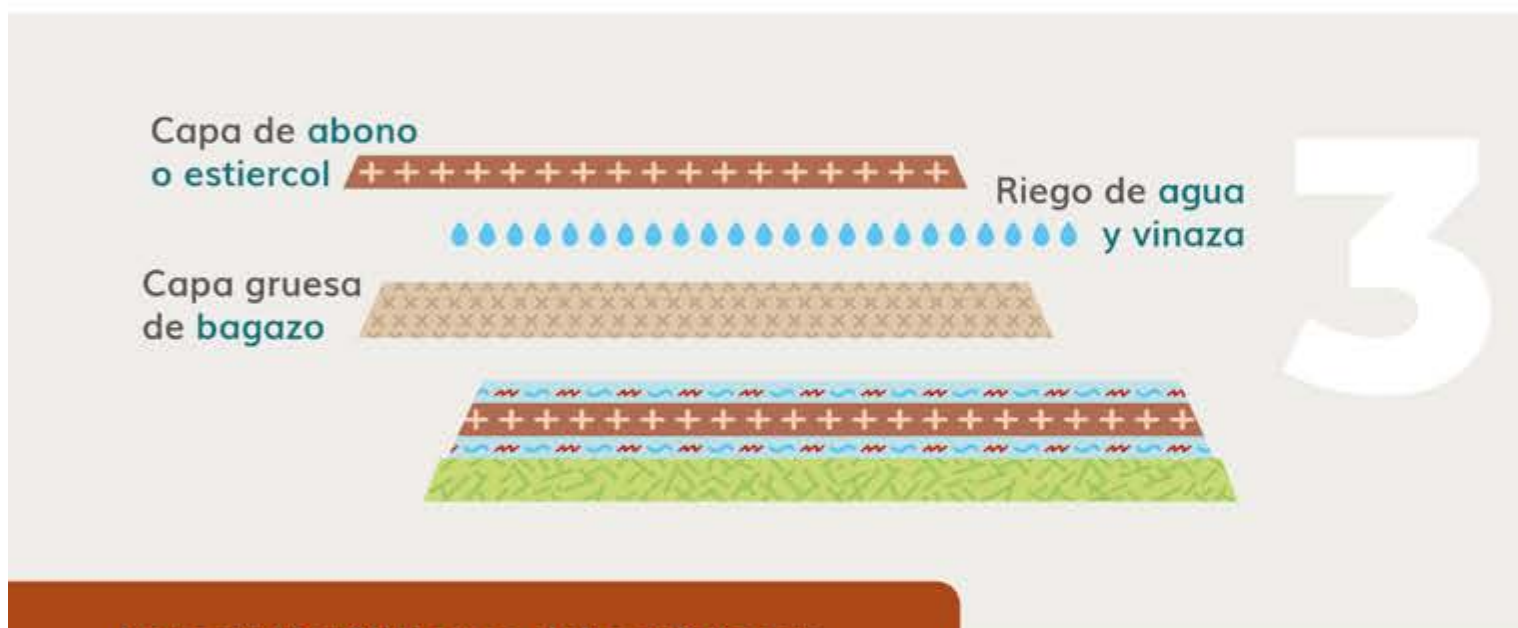
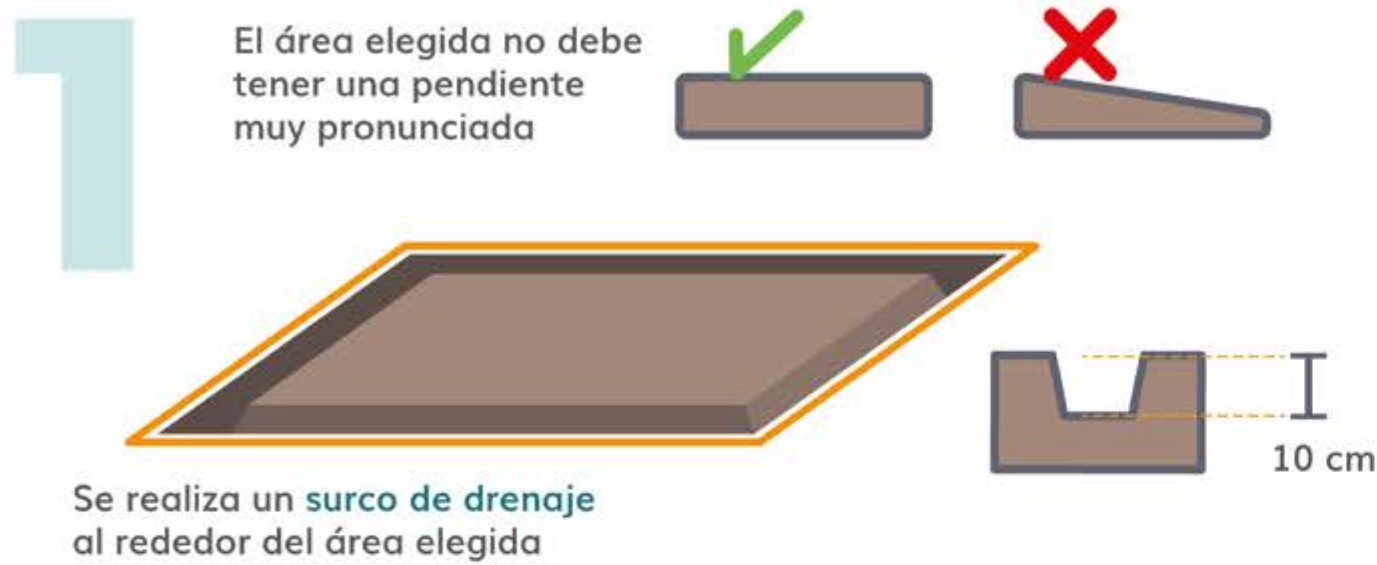




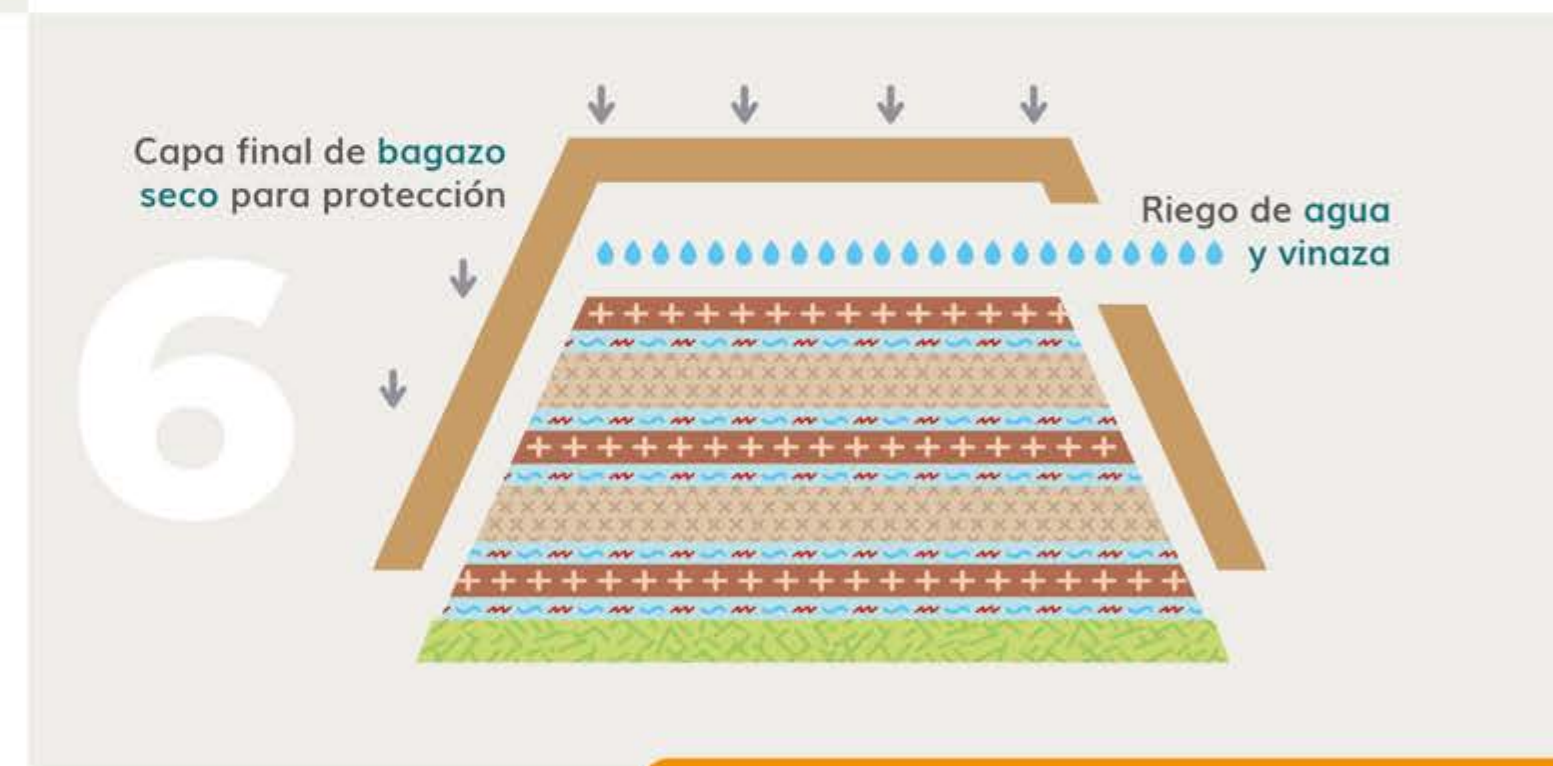
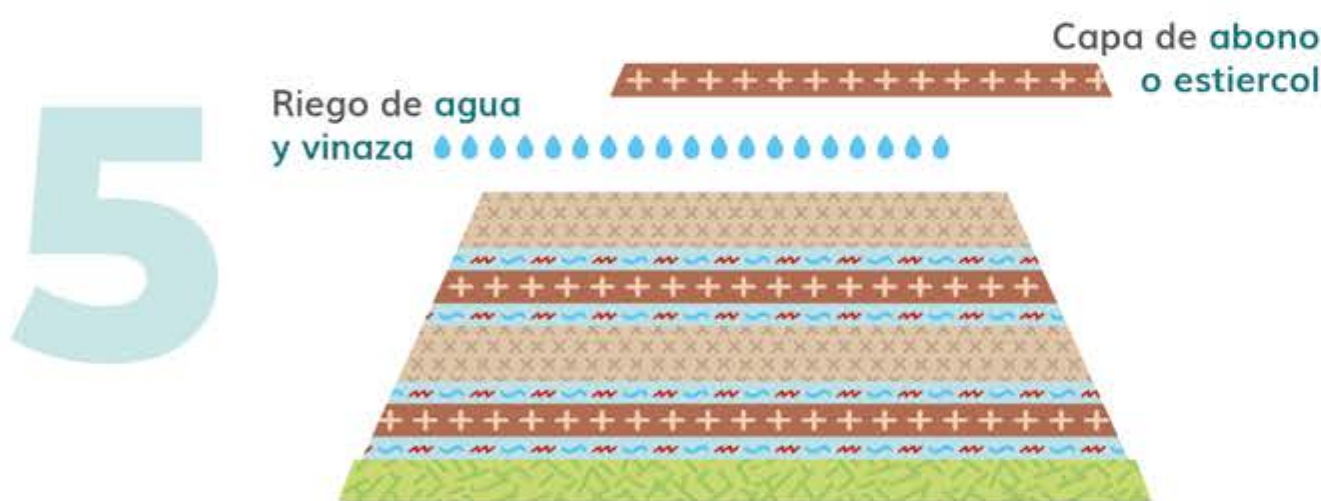
# Elaboración de composta de bagazo

Elaborar una pila de compostaje es sencillo. Primero se elige un área rectangular sin mucha pendiente, al rededor de se realiza un surco de unos 10 cm de profundidad como drenaje. Después se empieza a agregar **capas**, la primera de un material grueso para que aporte aireación. Posteriormente se van colocando de forma intercalada las capas de estiércol y bagazo, siempre humedeciendo con agua y vinazas. Finalmente se cubre con una capa gruesa de bagazo seco como protección.

-  Capa Final de Bagazo Seco
-  Capa Gruesa de Bagazo
-  Riego de Agua y Vinaza
-  Capa de Estiércol o Abono
-  Capa de Material Grueso



**Importante:** Nunca se debe adicionar cenizas o cal a la composta



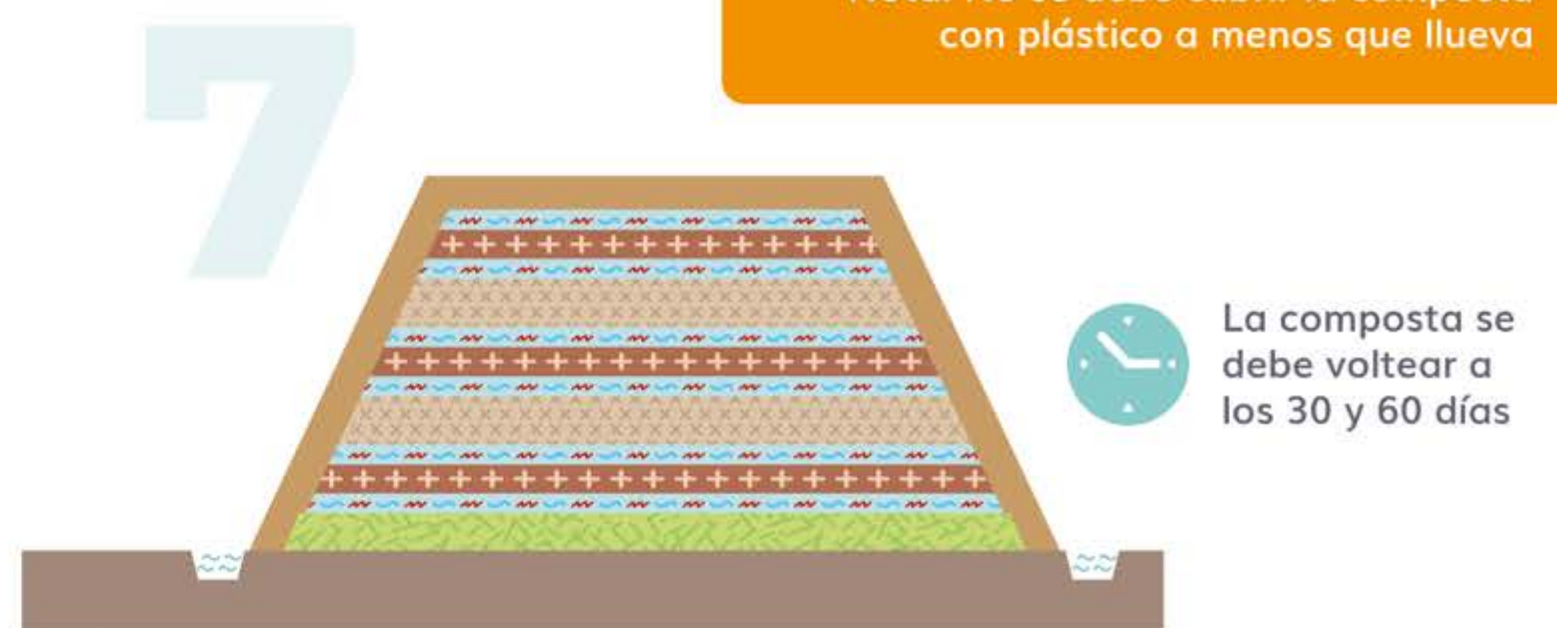
**Nota:** No se debe cubrir la composta con plástico a menos que llueva



**55 - 60°C** Temperatura ideal para el buen desarrollo de la composta

**+60°C** Temperaturas superiores a 60°C dañaran la composta, éstas se pueden controlar adicionando agua

**70°C** Pasados los 70°C la composta es inviable ya que los organismos benéficos mueren





## Referencias : Elaboración de composta de bagazo

Acosta Sotelo, L. L., Zamora Natera, J. F., Rodríguez Macías, R., González Eguiarte, D. R., Gallardo Lancho, J. F., & Salcedo Pérez, E. (2023).

Bagazo y composta de bagazo de agave tequilero en suelos contrastantes: 1. Dinámica de degradación. *Biotechnia*, 25(2), 90-96.

Crespo González, M. R., González Eguiarte, D. R., Rodríguez Macías, R., Rendón Salcido, L. A., del Real Laborde, J. I., & Torres Morán, J. P. (2013).

Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(8), 1161-1173.

Escudero-Enriquez, E., Montaña, O. D. L., Guido, S. I. M., & Gutiérrez-Antonio, C. (2023).

Bagazo de agave, la otra cara (valiosa) de la producción de tequila. *Naturaleza y Tecnología*, 10.

Íñiguez, G., Martínez, G. A., Flores, P. A., y Virgen, G. (2011).

Utilización de subproductos de la industria tequilera: Parte 9. Monitoreo de la evolución del compostaje de dos fuentes distintas de bagazo de agave para la obtención de un sustrato para jitomate. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(1), 47-59.

Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., & Zaragoza, C. (2000).

Producción y gestión del compost.

Pérez, A., Céspedes, C., & Núñez, P. (2008).

Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3), 10-29.





Pila de bagazo seco, listo para ser incorporado a una pila de compostaje



# Cultivo de hongo seta sobre bagazo de agave

Ing. Héctor M. Balderas Hernández y Biol. David Sánchez González

El cultivo de hongos seta sobre bagazo de maguey mezcalero es una práctica interesante y sostenible que aprovecha los residuos de la producción de mezcal para obtener un producto alimenticio valioso. Los hongos comestibles son reconocidos por su alto contenido energético y calidad nutricional, en 2020 se estimó que el consumo por persona a nivel mundial de hongos alcanzó los 4.78 kg anuales (Rodríguez *et al.* 2021).

El proceso de cultivo generalmente implica la mezcla del bagazo con otros sustratos, como zacate molido, para crear un sustrato ideal para el crecimiento de los hongos. La elección de la variedad de hongo seta dependerá de factores como el sustrato, las condiciones ambientales y las preferencias del cultivador. Para el cultivo de setas en bagazo de agave se deben elegir las variedades más resistentes a la acidez, ya que, aunque se debe realizar un prelavado de la fibra, ésta generalmente tiene un pH muy bajo aproximadamente 4 (Álvarez, 2019).



Micelio de hongo seta listo para ser agregado al sustrato

## Preparación de bolsas de cultivo

El cultivo de hongo seta requiere de algunas especificaciones técnicas sencillas, una de las características más importantes en el cultivo de hongos son las condiciones de asepsia necesarias, para evitar la contaminación del cultivo. Una consideración importante en el cultivo de hongos seta, es que si bien el cultivo puede realizarse sobre un sustrato 100% de bagazo de agave, se recomienda ocupar una mezcla del 50% de bagazo de agave y 50% de paja de cebada, para de esta forma incrementar el rendimiento del cultivo.



Otra de las pautas importantes para el cultivo es el nivel de pH del sustrato, ya que la acidez del bagazo puede afectar el desarrollo de los hongos. La nivelación del pH puede realizarse mediante lavados previos del sustrato (bagazo de agave) o bien con la aplicación de 15 a 20 gramos de cal por cada 10 kilogramos de bagazo de agave (Álvarez, 2019).

## Ingredientes y Materiales

Para preparar las bolsas de cultivo se necesitará lo siguiente

### Herramientas y materiales:

- Bolsa de plástico de 30x50 cm.
- Bolsa de plástico de 30x50 cm.
- Guantes de latex esteriles.
- Cubre bocas
- Tonel de lámina (para pequeñas cantidades de sustrato puede ocuparse una Olla express o autoclave)
- 2 o 3 Arpillas

### Ingredientes propuestos:

- 10 kilogramos de Bagazo de agave
- 10 kilogramos de paja de cebada
- 20 grs de cal en piedra
- 2 kilogramos de micelio de hongo seta



**Materiales para el cultivo.** Bolsas, rafia, guantes de latex, agujas, cubrebocas, micelio de hongo seta



**Bagazo de Agave.** Debe estar limpio y con el pH ajustado



## Procedimiento

La elaboración de silos de agave es relativamente sencilla y éstos pueden enriquecerse con los forrajes disponibles en la región; son un forraje que ayuda a mantener el peso del ganado en tiempos de sequía, y además funcionan como una fuente de agua. Dado que el contenido de proteína de la penca del maguey es bajo es necesario mezclarlo con forrajes altos en proteína como los son la alfalfa y/o ramas de mezquite con vainas. Por ser un material muy fibroso se recomienda el uso de afiladores para los machetes y las aspas de los molinos.

### 1. Preparación del sustrato

Se realiza un prelavado del bagazo de agave (de 2 a 3 veces), o bien se puede poner a remojar en agua (1 litro de agua por cada kilo de bagazo) y adicionar 20 gramos de cal viva para equilibrar el pH del bagazo el tiempo de remojo será de 2 a 3 horas previas a la esterilización del sustrato. Una vez equilibrado el pH del bagazo del agave, se mezcla con la paja de cebada y se embolsa el sustrato en las arpilla, se ponen las arpillas en un tambo de lámina y se cubren de agua, se pone a hervir la mezcla de sustratos, por lo menos tres horas a partir de que se alcanza el punto de ebullición.



El sustrato preparado se coloca dentro de una arpilla y se hierve durante 3 horas para esterilizarlo



## 2. Siembra

Posteriormente se espera a que se enfríe el material y se escurra, se prepara una mesa de trabajo la cual deberá limpiarse y esterilizarse con una mezcla del 50% de cloro y 50% de agua. La siembra se realiza en las bolsas se debe tener cuidado de ocupar los guantes estériles para manipular el material. Se hacen dos nudos en la base de la bolsa con la finalidad de que ésta se mantenga erguida una vez llena. A continuación se aplica una capa de aproximadamente 5 cm de la mezcla de sustratos (50% bagazo de agave y 50% de paja de cebada), y se esparce el micelio del hongo (aproximadamente 2 o 3 puñados de micelio por capa de sustrato), luego se agrega otra capa de sustrato y micelio, y así sucesivamente hasta llenar las bolsas. Un vez llena la bolsa se amarra para evitar la entrada del aire.



La temperatura del sustrato no debe dañar el micelio. Se recomienda anudar las esquinas inferiores de las bolsas para que una vez llenas se mantengan erguidas.



Las bolsas se llenan con capas de sustrato y micelio siempre con equipo de protección para evitar la contaminación del cultivo. Al finalizar se cierran tratando de no dejar mucho aire en su interior.



### 3. Germinación y Cosecha

Cerrada la bolsa se almacena en un lugar oscuro y cerrado donde éstas no se puedan contaminar por corrientes de aire. Pueden disponerse colgadas o sobre estantería. A los 7 días de la siembra se realizará un perforado de la bolsa, usando una aguja esterilizada, para facilitar el riego del material.



a. Bolsa lista para ser almacenada en un espacio oscuro y cerrado

b. Fructificaciones empezando a brotar dentro de una bolsa de cultivo

c. Hongos Seta listos para ser cosechados

A los 15 o 20 días de la siembra, una vez que se empiecen a observar los primordios del hongo, se deben realizar unos cortes en forma de media luna en las bolsas alrededor de los primordios con el fin de que éstos puedan desarrollarse libremente. Las bolsas deben regarse por lo menos cada 3 días a fin de mantener la humedad del sustrato. Una vez que los hongos se hallan desarrollado, y durante la esporación, se debe ocupar overol, cofia, mascarilla y lentes de protección cada vez que se rieguen las bolsas, con el fin de evitar respirar las esporas o que ellas se impregnen en la ropa o cabello.



#### Para saber más

Escanea el código y accede al [video sobre el cultivo de hongo seta sobre bagazo de agave](#)





## Referencias : Cultivo de hongo seta sobre bagazo de agave

Álvarez, L. J. N. (2019).

Crecimiento de hongo *Pleurotus* spp. a partir de desecho de agave. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Heredia Solis, A., Esparza Ibarra, E. L., Romero Bautista, L., Cabral Arellano, F. J., & Bañuelos Valenzuela, R. (2014).

Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*.

Rodríguez, M. E., Domínguez, E. M. H., De Lucio, B. S. V., García, M. V., & Cervantes, J. Á. (2021).

Productividad y análisis químico proximal de *Pleurotus* spp. crecidos sobre bagazo de *Agave salmiana* como sustrato alternativo. *Agrociencia*, 55(7), 569-581.



# Glosario

## ACTIVADOR RUMINAL

Sustancia que ayuda a mejorar la absorción de nutrientes en el rumen.

## AUTOCLAVE

Dispositivo utilizado para esterilizar equipos y materiales mediante el uso de vapor de agua a alta presión y temperatura.

## BIOMASA

Material biológico, en este contexto, se refiere a la cantidad de materia orgánica en el bagazo del agave.

## BRIQUETAS

Bloques compactos y sólidos elaborados con materiales como bagazo y destinados a ser utilizados como combustible.

## BAGAZO DE AGAVE

Residuos fibrosos que quedan después de extraer los azúcares fermentables del corazón del agave durante el proceso de producción de bebidas alcohólicas, como el mezcal.

## COCCIÓN DE PIÑAS

Proceso de cocción de las piñas de agave para la producción de mezcal.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA

La proporción de diferentes elementos y compuestos presentes en un material.

## CONTAMINANTES

Sustancias no deseadas que pueden tener efectos perjudiciales en el medio ambiente.

## CONTENIDO DE HUMEDAD

Cantidad de agua presente cualquier material.

## DENOMINACIÓN DE ORIGEN

Certificación que delimita las áreas geográficas donde se puede producir un producto con características específicas. En el caso del mezcal, se aplica a ciertos estados de México.

## DIGERIBLES

Capacidad de un material de ser asimilados fácilmente por los animales.

## DOSIFICACIÓN

Cantidad específica de vinazas que se agrega a los alimentos de los animales.

## ECOSISTEMAS DE LENTA REGENERACIÓN

Áreas donde la capacidad de recuperación natural es más gradual, como en zonas áridas o semiáridas.

## ECOTECNIAS

Tecnologías ecológicas empleadas para el manejo de residuos, como el composteo de bagazo y vinazas, la elaboración de briquetas y otras técnicas sostenibles.

## ENSILAR

Proceso de conservación de forraje o material vegetal (Alfalfa, Elote, Agave, etc.) mediante su fermentación anaerobia en condiciones herméticas.

## ESTERILIZAR

Proceso de eliminar o destruir todos los microorganismos, incluyendo bacterias, esporas y otros agentes patógenos, así como sus formas de vida vegetativas.



# Glosario

## FORRAJES

Alimentos vegetales utilizados para la alimentación animal.

## FERMENTACIÓN DEL MEZCAL

Transformación del agave cocido y triturado en un líquido llamado "mosto" con bajo contenido alcohólico, mediante levaduras naturales o seleccionadas.

## GASES DE EFECTO INVERNADERO

Liberación de gases, como el metano, que contribuyen al calentamiento global.

## GRADUACIÓN ALCOHÓLICA

Porcentaje de alcohol en el mezcal, generalmente entre 38% y 55%.

## GÜIXE

Cristales de oxalato de calcio y saponinas presentes en las hojas de maguey verde, que causan escozor y reducen el gusto del animal por el consumo de las pencas frescas.

## HEMICELULOSA

Polisacárido presente en las paredes celulares de las plantas.

## HONGO SETA

Hongos que producen cuerpos fructíferos visibles conocidos como setas. Estos hongos son utilizados en la gastronomía y también pueden ser cultivados con fines comerciales.

## INSUMO

Material o sustancia utilizado en la producción de algo más.

## LEÑA

Madera utilizada como combustible.

## LIGNINA

Componente estructural en las plantas que proporciona resistencia y rigidez.

## MEZCAL

Bebida alcohólica destilada originaria de México, producida específicamente en las regiones productoras de agave.



## Gracias por el apoyo

La elaboración de éste manual fue posible gracias a la participación activa de los productores de mezcal del Estado de Puebla, el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla así como la Agencia de Cooperación Alemana.

Nuestro profundo agradecimiento a todos quienes lo hicieron posible.











## Manual de ecotecnias para hacer un manejo integral de residuos de la producción de mezcal