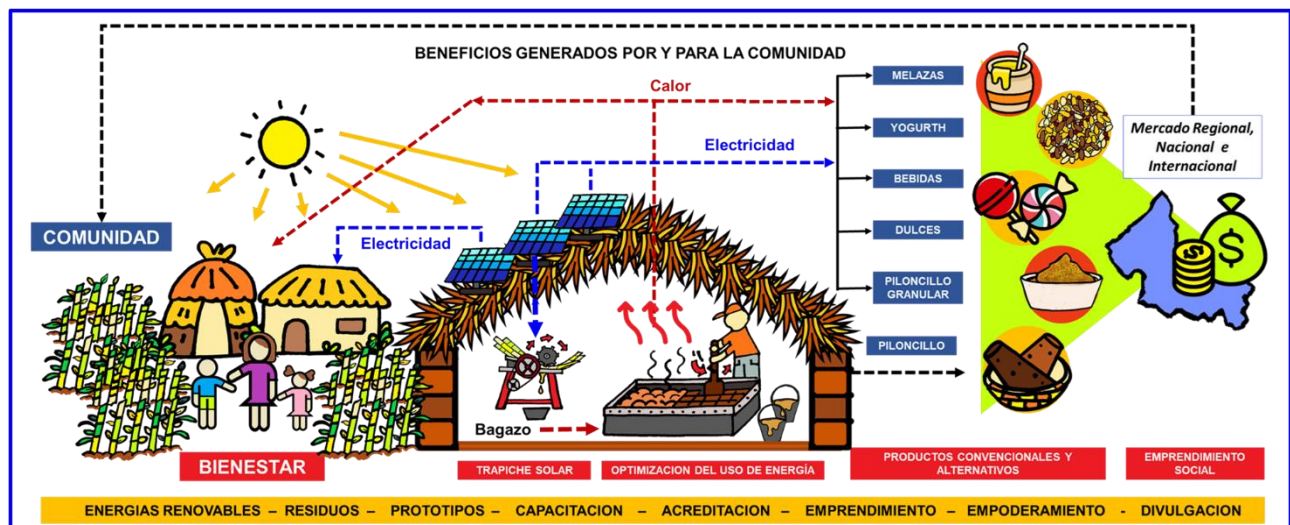


## Paquete Tecnológico

# PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE PILONCILLO GRANULADO ARTESANAL



**Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo**

**Dr. Sergio A. Gómez Torres**

**M.C L. Fabiola Palomo González**

**Dra. Claudia Escudero Lourdes**

**Dr. José A. de los Reyes Heredia**

**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

**Universidad Autónoma Metropolitana**



# **PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE PILONCILLO GRANULADO ARTESANAL**

*Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo*

*Dr. Sergio A. Gómez Torres*

*M.C L. Fabiola Palomo González*

*Dra. Claudia Escudero Lourdes*

*Dr. José A. de los Reyes Heredia*

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

*Universidad Autónoma Metropolitana*

---

**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

**San Luis Potosí, México, 2025**

**ISBN                   XXX-XXX-XXX-XXX-X**

*En trámite*

**Primera Edición Digital: Enero 2025**

**D.R. © Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

**Álvaro Obregón 64, Centro**

**San Luis Potosí, S.L.P., 78000**

**[www.uaslp.mx](http://www.uaslp.mx)**

Este libro fue sometida a un estricto proceso de arbitraje por pares, con base en los lineamientos establecidos por la Dirección de Fomento Editorial y Publicaciones de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Este libro es producto del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia “Desarrollo social y económico de pequeñas unidades agroindustriales con base en la socialización, gestión, generación y/o uso eficiente de energía sostenible” (321073), financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) a partir de la convocatoria 2021-2024 “Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia para Transitar a un Sistema Energético Social y Ambientalmente Sustentable”.

Se autoriza la reproducción de este libro para propósitos de divulgación o didácticos, siempre y cuando no existan fines de lucro, se cite la fuente y no se altere el contenido. Cualquier otro uso requiere permiso escrito de los autores. Dirigirse a [masanchez@uaslp.mx](mailto:masanchez@uaslp.mx)

*Hecho en México / Made in Mexico.*

## **PRESENTACIÓN**

El cultivo de la caña de azúcar y el proceso de transformación artesanal del jugo de caña en piloncillo es una tradición ancestral muy distintiva de las comunidades Tének de la Huasteca Potosina, en el centro geográfico de México. El piloncillo, que es un endulzante natural, es también parte fundamental de la gastronomía y la cultura de otros pueblos originarios en diversas regiones del país. De forma relevante, la producción del piloncillo es por lo general una actividad familiar en la que participan desde los niños hasta los abuelos, que se distingue por respetar los usos y costumbres de sus antepasados, aderezado por los detalles que cada familia mantiene como secretos, que le dan un sello muy simbólico a la elaboración artesanal del piloncillo.

En la actualidad, las comunidades piloncilleras Tének enfrentan múltiples retos tecnológicos y económicos para asegurar que la venta del piloncillo artesanal les permita obtener los ingresos necesarios para brindar a su familias una buena calidad de vida. Para atender esta situación, es indispensable que los productores y sus familias conozcan e implementen algunas variantes que permitan hacer más sostenibles cada una de las etapas de la cadena de valor del proceso de fabricación del piloncillo.

En este escenario, en el marco del proyecto de investigación e incidencia auspiciado y apoyado económicamente por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (PRONACES 321073), un equipo de trabajo de profesores y estudiantes de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y la Universidad Autónoma Metropolitana desarrollaron el paquete tecnológico “Producción Sostenible de Piloncillo Artesanal”, a partir de la armónica integración de las experiencias y vivencias de las comunidades piloncilleras Tének alrededor del Municipio de Tanlajás, S.L.P., y de elementos de ciencia y tecnología que permiten comprender y describir las diferentes etapas de la producción artesanal de piloncillo.

El paquete tecnológico está diseñado para proporcionar a los micro y pequeños productores los conocimientos y la tecnología necesarias para optimizar la producción artesanal de piloncillo, mejorando la productividad y calidad del producto, sin detrimento de sus tradiciones. A través de un enfoque que privilegia la sostenibilidad, se sugieren ajustes o cambios que permitan, entre otros aspectos, optimizar la energía consumida en el proceso, usar fuentes alternas de energía para mejorar las condiciones de trabajo, contar con los servicios necesarios para la operación, mejorar las condiciones de higiene y seguridad. De forma relevante, el paquete tecnológico incluye la opción para lograr la comercialización del producto por parte de los micro

y pequeños productores en nuevos mercados, como premisa para lograr un mejor beneficio económico de sus unidades productivas y, en consecuencia, lograr el bienestar de las familias y las comunidades.

En este documento, se resumen en forma sintética, con un lenguaje accesible a micro y pequeños productores, un conjunto de prácticas y recomendaciones que les permitirán mejorar sus procesos actuales de producción artesanal de piloncillo, con favorables beneficios desde el punto de vista tecnológico, energético, ambiental, económico y social. Estas prácticas y recomendaciones se han moldeado y validado a partir del dialogo, en el intercambio de saberes entre los productores, los verdaderos maestros piloncilleros, y el grupo de trabajo que entusiastamente participó en el proyecto.

La adopción de enfoques sostenibles en cada una de las etapas de la cadena de valor, mejorará la productividad y calidad del piloncillo artesanal, fortalecerá la viabilidad de su comercialización en mercados nacionales e internacionales y, sobre todo, asegurará la continuidad de esta tradicional actividad productiva a largo plazo, contribuyendo a la seguridad alimentaria, al desarrollo económico local y a preservar las raíces culturales de los pueblos originarios, motivo de orgullo para todos los mexicanos.

***Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo***

*Responsable Técnico*

## **PAQUETES TECNOLÓGICOS**

En el contexto del promover el desarrollo sostenible de las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina, los autores han propuestos los siguientes **Paquetes Tecnológicos** que pueden ser implementados en distintivos sistemas productivos rurales:

- **PRODUCCION SOSTENIBLE DE PILONCILLO GRANULADO ARTESANAL**
- **FABRICACION FAMILIAR DE ESTUFAS ECOLOGICAS DE LEÑA**
- **PRODUCCION SOSTENIBLE DE BIOCHAR CON APLICACIONES AGRICOLAS.**
- **PRODUCCION SOSTENIBLE DE RON ARTESANAL.**
- **PRODUCCION DE DULCES DE PILONCILLO CON SEMILLAS.**

La implementación y/o integración de estos paquetes ha permitido establecer los siguientes espacios para la difusión, demostración y capacitación de los paquetes tecnológicos en el municipio de Tanlajás, S.L.P:

- **UNIDAD DE PROCESAMIENTOS DE PRODUCTOS DE PILONCILLO.**
- **TRAPICHE COMO MODELO DE UNA MICROBIORREFINERIA.**
- **CENTRO DE INNOVACIÓN PARA LA VALORIZACIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y ENERGÍAS RENOVABLES (CIVASORER).**

Con gusto podemos compartir con los interesados la información sobre los paquetes tecnológicos y los espacios de demostración y capacitación.

Agradeceremos que los lectores tengan la confianza que dirigirse con nosotros en caso de cualquier pregunta, duda o comentario. Además, pueden ponerse en contacto en caso de necesitar alguna asesoría, apoyo o análisis para la implementación del paquete

tecnológico en una unidad productiva rural, o para solicitar una demostración y capacitación sobre el paquete tecnológico.

El apoyo se extiende a diversos aspectos tecnológicos, ambientales energéticos, económicos y/o sociales.

Atentamente.

***Universidad Autónoma de San Luis Potosí***

*San Luis Potosí, S.L.P.*

***Dr. Marco A. Sánchez Castillo***

*masanchez@uaslp.mx*

***MC. L. Fabiola Palomo González***

*fabiola.palomo@uaslp.mx*

***Universidad Autónoma Metropolitana***

*Ciudad de México*

***Dr. Sergio A. Gómez Torres***

*sgomez@xanum.uam.mx*



## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo económico del **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías** para el desarrollo del **Pronaii 321073** “*Desarrollo social y económico de pequeñas unidades agroindustriales con base en la socialización, gestión, generación y/o uso eficiente de energía sustentable*”.

Se agradece a la **Universidad Autónoma Metropolitana** el recurso económico concurrente otorgado para el desarrollo del Pronaii 321073 y por las facilidades otorgadas para la participación de Profesores y Estudiantes en el proyecto.

Se agradece a la **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**, en particular a la Facultad de Ingeniería Química, por las facilidades otorgadas para la participación de Profesores y Estudiantes en el Pronaii 321073

Se agradece a la **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, en particular a la **Facultad de Ciencias Químicas** y a la **Facultad de Ingeniería**, por las facilidades otorgadas para la participación de Profesores y Estudiantes en el Pronaii 321073. Se agradece a **MC Miriam Ricaño Pérez** por su apoyo técnico y a la **MC Clara María Martínez Jasso** su colaboración en la elaboración de imágenes.

De forma especial, se agradece el interés y la dedicación de los **MIEMBROS DE LAS COMUNIDADES TÉNEK** en los Municipios de Tanlajás, Tancanhuitz y San Antonio, S.L.P.

Su confianza, su forma natural y directa de compartir sus sueños y visiones, su creatividad e ingenio, su atención con el grupo de trabajo, su vocación y decisión para intentar una y otra vez hasta conseguir una meta, y su amistad irrestricta, son una continua motivación para ser agentes de cambio en nuestras comunidades rurales.



# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1. CONTEXTO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO .....	13
1.2. PRODUCCIÓN ARTESANAL DE PILONCILLO GRANULADO .....	14
1.2.1. <i>Ventajas de la producción de piloncillo artesanal</i> .....	15
1.2.2. <i>Descripción de las etapas de producción de piloncillo artesanal</i> .....	15
1.3. DIAGNÓSTICO COMUNITARIO EN LA ZONA DE INCIDENCIA .....	17
1.3.1. <i>Entorno de las comunidades piloncilleras Tének.</i> .....	17
1.3.2. <i>Etapas de producción del piloncillo granulado</i> .....	17
1.4. OBJETIVO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO .....	21
<b>2. BASES PARA EL DESARROLLO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO</b> .....	<b>23</b>
2.1. TÉCNICOS .....	23
2.2. AMBIENTALES .....	23
2.3. ENERGÉTICOS .....	24
2.4. ECONÓMICOS .....	24
2.5. SOCIALES .....	25
<b>3. TRANSFERENCIA DE SABERES</b> .....	<b>27</b>
3.1. VENTAJAS DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE SABERES .....	27
3.2. ACTIVIDADES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS .....	30
3.3. ESTRATEGIA PARA LA TRANSFERENCIA DE SABERES Y DESARROLLO DE PROPUESTAS .....	30
3.4. AJUSTES Y RECOMENDACIONES PROPUESTOS PARA EL PROCESO .....	31
<b>4. PRODUCCION ARTESANAL DE PILONCILLO CON ENFOQUE SOSTENIBLE.</b> .....	<b>37</b>
<b>5. CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS, INTERMEDIARIOS Y PRODUCTOS</b> .....	<b>47</b>
5.1. ESTRATEGIA DE CARACTERIZACIÓN .....	47
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS .....	49
5.2.1. <i>Materia prima</i> .....	49
5.2.2. <i>Intermediarios</i> .....	50
5.2.3. <i>Subproductos</i> .....	51
5.2.4. <i>Productos</i> .....	52
5.3. CALIDAD DEL PILONCILLO GRANULADO .....	53
5.4. PERIODICIDAD DE LOS ANÁLISIS .....	55
5.5. BENEFICIOS ADICIONALES DE LAS CARACTERIZACIONES PARA LOS PRODUCTORES .....	56
5.6. DATOS DE CONTACTO PARA LAS CARACTERIZACIONES .....	61
<b>6. INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD</b> .....	<b>63</b>
6.1. FACTORES QUE DETERMINAN LA PRODUCTIVIDAD .....	63
6.2. ESCENARIOS DE PRODUCTIVIDAD EN LA ZONA DE INCIDENCIA .....	63
6.2.1. <i>Un productor independiente trabajando 4 días por semana</i> .....	65
6.2.2. <i>Un productor con un ayudante trabajando 6 días por semana</i> .....	65
6.2.3. <i>Un productor con dos ayudantes trabajando 6 días por semana</i> .....	65
6.3. ESTRATEGIAS TÉCNICAS PARA MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LOS TRAPICHES ACTUALES .....	66
6.4. ESTRATEGIAS TÉCNICAS PARA MEJORAR PRODUCTIVIDAD A MEDIANO PLAZO .....	67
<b>7. FORMACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTORES</b> .....	<b>69</b>

7.1.	FORMACIÓN DE PRODUCTORES EN EL PAQUETE TECNOLÓGICO .....	70
7.2.	FORMACIÓN DE PRODUCTORES EN EMPRENDIMIENTO SOCIAL .....	71
7.3.	CURSOS / TALLERES DE CAPACITACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA .....	75
7.3.1.	<i>Características generales</i> .....	75
7.3.2.	<i>Propósitos de los cursos / talleres complementarios</i> .....	76
7.4.	TALLERES DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA.....	76
7.5.	REDES DE APOYO Y SEGUIMIENTO .....	77
7.6.	PRODUCTORES LOCALES COMO CAPACITADORES .....	78
7.7.	CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS TÉCNICAS DE PRODUCTORES.....	79
<b>8.</b>	<b>BASES PARA ESQUEMAS DE ECONOMÍA SOLIDARIA .....</b>	<b>81</b>
<b>9.</b>	<b>IMPACTOS.....</b>	<b>85</b>
<b>10.</b>	<b>GESTIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO.....</b>	<b>91</b>
10.1.	GESTIONES CON PRESIDENTES MUNICIPALES.....	91
10.2.	DIRECTORIO DE INTERESADOS EN PAQUETES TECNOLÓGICOS .....	94
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
11.1.	IDEAS CONCLUSIVAS.....	97
11.2.	RECOMENDACIONES A CORTO Y MEDIANO PLAZO: .....	99
11.3.	INVITACIÓN A LA ACCIÓN PARA LAS COMUNIDADES RURALES:.....	100

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Contexto del paquete tecnológico**

La producción de piloncillo artesanal en las comunidades de pueblos originarios de nuestro país tiene profundas raíces que originaron desde la introducción de la caña de azúcar en 1519 y la creación del primer “trapiche piloncillero” en Veracruz en 1524. A pesar de los actuales avances tecnológicos, muchas comunidades rurales mantienen un enfoque totalmente artesanal en la producción de piloncillo, preservando tradiciones culturales y sociales que son motivo de identidad y orgullo de los pueblos importantes. El piloncillo es un endulzante natural que se utiliza ahora en las industrias del café, confitería, panadería y bebidas destiladas, entre muchas otras, y los estados más destacados en la producción de piloncillo son San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca y Jalisco.

En la Región Huasteca de San Luis Potosí se cultiva la caña de azúcar en pequeñas extensiones de tierra, siendo el 92% de la propiedad comunal y ejidal, mientras que solo un 8% corresponde a propiedad privada. Los micros y pequeños productores de caña que no pueden vender su cosecha a los ingenios azucareros le dan un valor agregado al jugo de la caña y de forma familiar producen artesanalmente piloncillo, cuya comercialización a nivel local es la principal fuente de ingreso económico de las familias. De esta forma se producen el piloncillo negro o industrial, que es el más tradicional, el piloncillo blanco que es de mayor calidad, y el piloncillo granulado o cristalizado que es de alta calidad y mejor presentación. Actualmente, los micro y pequeños productores de las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina enfrentan múltiples retos tecnológicos, ambientales, energéticos, económicos y sociales, para mantener vigente y comercialmente viable esta tradicional actividad productiva. Entre los principales retos, los micro y pequeños productores identifican una baja productividad y calidad del producto, la falta de una cadena de valor establecida y los precios bajos establecidos unilateralmente por los intermediarios.

En este escenario, en el marco de un proyecto de investigación e incidencia apoyado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (PRONACES 321073), se propuso atender las necesidades de las micro y pequeñas unidades productivas de las comunidades piloncilleras Tének, a la par de promover el uso de la biomasa residual y la inclusión de energías renovables alternativas para resolver la pobreza energética en las unidades productivas y en la viviendas, como alternativa para mejorar las condiciones de bienestar social y económico de la comunidades. Un elemento clave en el modelo de incidencia propuesto fue

promover la participación de los productores y las comunidades en la identificación y validación de sus necesidades y así como de las soluciones viables que las resuelvan con un enfoque de sostenibilidad. En la implementación de soluciones, se estableció un pertinente y favorable canal de transferencia de saberes para integrar las experiencias de campo con elementos de ciencia y la tecnología que permitan lograr las mejores soluciones para las condiciones que prevalecen en la zona de incidencia.

Desde un punto de vista técnico, las principales necesidades identificadas en el diagnóstico comunitario realizado en la región se atendieron a través de 3 paquetes tecnológicos que fueron también una estrategia para la optimización de procesos, el desarrollo de prototipos, el uso de energías alternativas y/o la generación de nuevos productos, en beneficio de las micro y pequeñas unidades productivas o de las viviendas. La estrategia del proyecto también incluyó acciones de capacitación para los productores en cada uno de los paquetes tecnológicos, complementadas con temas de sostenibilidad, energías renovables, valorización de residuos y emprendimiento social, buscando empoderar a las micro y pequeños productores y, en general, a los miembros de las comunidades Tének para que sean actores determinantes en la gestión e implementación de soluciones que les mejoren sus procesos productivos y las condiciones de vida en sus viviendas.

A mediano plazo, se espera que la integración de los paquetes tecnológicos desarrollados para micro y pequeñas unidades productivas rurales, en los que se acoplen pertinentemente el emprendimiento técnico y el emprendimiento social (esquemas de economía solidaria), permitirán generar un modelo innovador para promover el uso de recursos naturales y de residuos agroindustriales en la generación y optimización de energías renovables que mejoren la calidad de vida de los productores y sus comunidades.

En este caso se documentan los elementos más relevantes del paquete tecnológico “Producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible”, con base a los resultados de las acciones de investigación e incidencia realizados en las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina.

## **1.2. Producción artesanal de piloncillo granulado**

El proceso de producción artesanal del piloncillo en las comunidades piloncilleras del municipio de Tanlajás, S.L.P., se esquematizan en las figura 1.

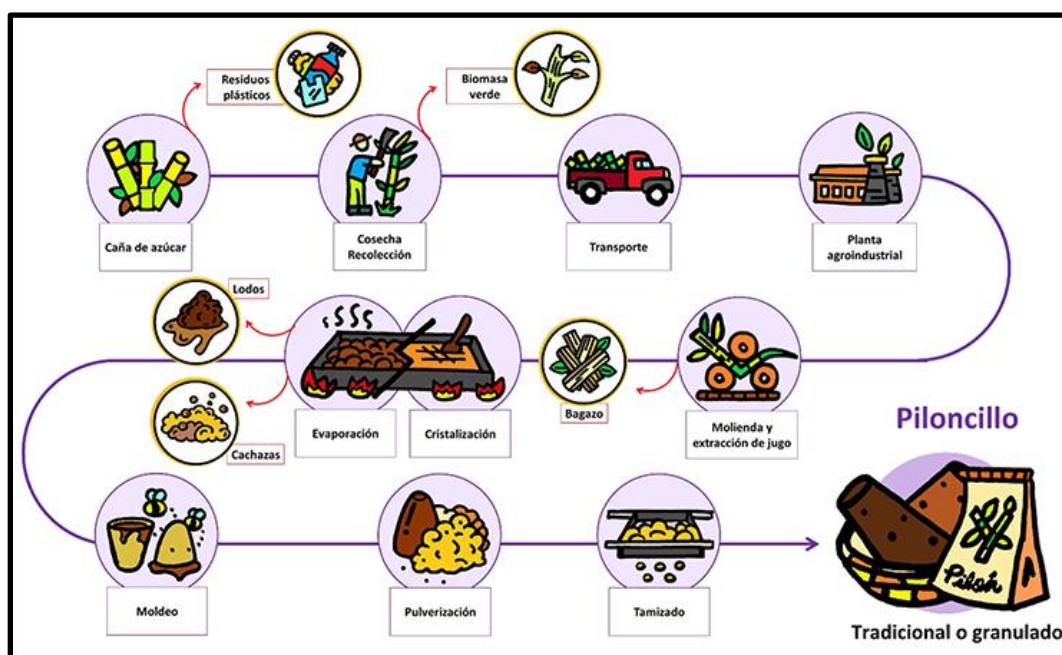


Figura 1 Esquema de producción artesanal del piloncillo granulado en las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina.

### 1.2.1. Ventajas de la producción de piloncillo artesanal

Actualmente, los micro y pequeños productores prefieren dedicarse a la producción del piloncillo granular por las siguientes ventajas:

- mayor pureza y mejor apariencia, que se refleja en la calidad del producto,
- mayor productividad,
- incremento en el tiempo de vida del producto,
- mayor precio del producto en el mercado.

Estas ventajas promueven que los productores de piloncillo hagan las modificaciones necesarias para producir piloncillo granular y, así, aumentar su nivel de producción y sus ingresos económicos.

### 1.2.2. Descripción de las etapas de producción de piloncillo artesanal

De acuerdo con los micro y pequeños productores de las comunidades piloncilleras Tének alrededor de Tanlajás, las principales etapas del procesos de producción artesanal de piloncillo granulado se describen sintéticamente en la tabla 1.

**Tabla 1 Descripción del proceso de producción artesanal de piloncillo granulado en la zona de incidencia.**

<b><i>Etapa</i></b>	<b><i>Descripción</i></b>
<b><i>Corte y acarreo de caña</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección de la caña es visual y el corte se realiza manualmente.</li> <li>• Es común hacer el corte muy temprano en la jornada, o bien, cortar en un día y acarrear la caña al siguiente.</li> </ul>
<b><i>Molienda</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva a cabo en trapiches.</li> <li>• A la fecha, se estima que alrededor del 40% de los micro-productores aun utilizan trapiches de tracción animal</li> <li>• Hay una transición al uso de trapiches de gasolina y no hay prácticamente trapiches con motores eléctricos.</li> <li>• Los molinos comerciales están por lo general sobredimensionados para las capacidades de los micro-productores.</li> <li>• No se presta especial atención al porcentaje de extracción de jugo ni en la apariencia de este, que condiciona después la calidad del producto.</li> <li>• El jugo se colecta en una lata de lámina o bote de plástico y no hay control de las condiciones de higiene y seguridad.</li> </ul>
<b><i>Prelimpieza</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El jugo se filtra a la descarga del trapiche con un cedazo u organza.</li> </ul>
<b><i>Energía para el horno</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos tipos de horno: a) a ras de suelo; b) sobre el nivel del suelo</li> <li>• El horno se construye con base a la experiencia</li> <li>• Se usa bagazo seco como combustible, que se alimenta manualmente al horno de acuerdo con la experiencia del productor. A veces, se usa el bagazo húmedo.</li> <li>• Hay reflujo de los gases de combustión.</li> <li>• Las descargas de los gases de combustión en ocasiones se descargan dentro del trapiche (no hay un tiro), originando exposición a gases tóxicos y partículas finas.</li> <li>• Los hornos exhiben gran cantidad de cenizas que no siempre se remueven.</li> </ul>
<b><i>Evaporación</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva a cabo en punteras de lámina o de acero inoxidable colocadas sobre el horno.</li> </ul>
<b><i>Descachazado</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se colocan aditivos: antiespumantes y floculantes, entre otros.</li> <li>• En ocasiones agregan cal, pero no llevan registro de las cantidades.</li> <li>• La cachaza se recolecta manualmente.</li> </ul>
<b><i>El “Punto” de terminación</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo del “punto” de término del proceso es variable, alrededor de ~ 2.5 h.</li> <li>• Este tiempo depende de las costumbres y tradiciones para identificar el “punto”.</li> <li>• No se tiene establecido un tiempo o parámetro fisicoquímico de referencia para el “punto” de término.</li> <li>• No hay control de variables de operación.</li> </ul>
<b><i>Enfriado</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el horno termina a ras de suelo, la puntera se retira manualmente de la horquilla por dos o cuatro personas.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el horno está sobre el suelo, la puntera se retira del fuego mediante un sistema de poleas (rieles y valeros). En este caso se necesita otra puntera para seguir procesando la muestra.</li> </ul>
<b>Amasado y cribado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para obtener el producto granulado se realiza un cribado con malla y raspado con paleta de madera o metal separando el producto por rango de tamaño.</li> <li>• Al final pueden quedar “boronas” (gránulos muy grandes) que se consideran mermas.</li> </ul>
<b>Comercialización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los intermediarios compran la producción en el trapiche, pagando unilateralmente de \$16 - \$25 /Kg de piloncillo, en función de la temporada.</li> <li>• Hay interés de vender el producto en el mercado tanto nacional e internacional.</li> </ul>
<b>Proceso de Producción: Aspectos generales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción del piloncillo es de carácter familiar: participan las mujeres, los hijos y los adultos mayores.</li> <li>• Los trapiches se ubican en los solares de las casas o en la parte baja de la parcela.</li> <li>• No se hace un lavado detallado del trapiche.</li> </ul>

### **1.3. Diagnóstico comunitario en la zona de incidencia**

#### **1.3.1. Entorno de las comunidades piloncilleras Tének.**

Múltiples estrategias y apoyos técnicos y económicos, de carácter nacional y estatal, se ha dirigido y otorgado para incrementar la productividad y la calidad del piloncillo artesanal en la Huasteca Potosina. Sin embargo, a la fecha, los micro y pequeños productores de las comunidades piloncilleras Tének exhiben notorios rezagos socioeconómicos e identifican muchas necesidades para mejorar aspectos tecnológicos, económicos, legales y normativos del sistema productivo caña de azúcar – piloncillo. En este contexto, el equipo de trabajo realizó un diagnóstico comunitario en la zona de incidencia para validar los retos y oportunidades asociados a la producción de piloncillo en el trapiche. La tabla 2 lista los temas que guiaron la reflexión en el diagnóstico comunitario, así como las prioridades que resultaron del análisis de todos los participantes en el diagnóstico.

#### **1.3.2. Etapas de producción del piloncillo granulado**

Por otra parte, los micro y pequeños productores también validaron los retos en cada uno de las etapas de la cadena de valor de producción del piloncillo granulado, desde el cultivo de la caña hasta la comercialización de los productos, así como algunos elementos asociados al marco legal, normativo, económico y social del proceso productivo. Los resultados se incluyen en la tabla 3.

**Tabla 2 Temas y resultados relevantes del diagnóstico comunitario en torno a la producción artesanal de piloncillo en la zona de incidencia.**

<i><b>Temas de reflexión y análisis</b></i>	<i><b>Líneas de acción más relevantes</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar las variedades de caña sobre bases científicas y/o tecnológicas.</li> <li>• Dar asistencia técnica para mejorar el cultivo y la cosecha de la caña de azúcar.</li> <li>• Evitar el uso de fertilizantes y herbicidas químicos</li> <li>• Evitar la quema de caña.</li> <li>• Facilitar el traslado y mejorar el acopio de la caña de azúcar.</li> <li>• Mejorar la productividad y calidad del piloncillo.</li> <li>• Promover el uso de trapiches motorizados, preferentemente con motor de baja potencia.</li> <li>• Implementar las normas de seguridad e higiene en los trapiches usados en la molienda.</li> <li>• Impartir capacitación y dar asistencia técnica en la producción de piloncillo artesanal.</li> <li>• Optimizar la energía calorífica y promover el uso de energías alternativas.</li> <li>• Análisis de sostenibilidad de los procesos de producción de piloncillo granulado.</li> <li>• Diversificar los productos a base de jugo de caña y/o de piloncillo.</li> <li>• Diversificar las estrategias de comercialización directa del piloncillo en nuevos mercados.</li> <li>• Promover la organización de productores en esquemas de economía solidaria.</li> <li>• Formalizar una cadena de valor del piloncillo granulado operada por los micro y pequeños productores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producir caña de azúcar “orgánica”.</li> <li>• Facilitar la adquisición de trapiches motorizados, a un costo accesible para los micro y pequeños productores.</li> <li>• Optimizar la producción de piloncillo granulado, aumentando la producción y la calidad.</li> <li>• Mejorar las condiciones de trabajo en el trapiche.</li> <li>• Desarrollar otros productos alternativos usando el jugo de caña, el piloncillo y los residuos generados en el trapiche.</li> <li>• Comercialización de los productos a través de un enfoque de emprendimiento social.</li> <li>• Trabajar en equipo y organizarse para establecer negocios propios.</li> </ul>

**Tabla 3 Necesidades / Oportunidades identificadas por los micro y pequeños productores para la producción artesanal de piloncillo.**

<b>Etapa</b>	<b>Reto / Oportunidades</b>
<b>Política públicas de apoyo al campo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitados programas y apoyos económicos en el sector agrícola para la zona de incidencia, con beneficios tangibles para los micro y pequeños productores.</li> <li>• Asimétrica distribución de recursos económicos para el campo en el estado.</li> <li>• Insuficiencia de apoyos para adquisición de trapiches y de accesorios e insumos de trabajo para micro y pequeños productores.</li> </ul>
<b>Variedad de Caña</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de mejorar la productividad y calidad de la caña, haciendo un cambio de la variedad MEX-55 actualmente cultivada.</li> <li>• Necesidad de estudios técnicos de parte de especialistas agrícolas en parcelas demostrativas.</li> </ul>
<b>Buenas prácticas de cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta capacitación y seguimiento en las prácticas de preparación de campo, cultivo y cosecha.</li> </ul>
<b>Uso de fertilizantes / plaguicidas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de los productores de No usar fertilizantes ni plaguicidas químicos.</li> <li>• Interés para lograr que el cultivo de la caña reciba la denominación de orgánico.</li> <li>• Desconocimiento de cómo conseguir la certificación de producto orgánico y de cómo capitalizar económicamente este reconocimiento.</li> </ul>
<b>Cosecha de la caña</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta capacitación para identificar si la caña esta madura, en su mejor tiempo para el corte.</li> <li>• Falta de bitácoras para monitorear si los siguientes indicadores son competitivos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ producción de caña de azúcar,</li> <li>○ rendimiento en la producción de jugo de caña</li> <li>○ las características fisicoquímicas del mismo.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Traslado o acarreo de caña</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de equipos que faciliten el traslado de la caña al trapiche para los productores de edad avanzada y con terrenos de cultivo en laderas.</li> </ul>
<b>Molienda de la caña de azúcar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los micro y pequeños productores demandan trapiches motorizados para mejorar su actividad productiva.</li> <li>• La propiedad de un trapiche está asociado al empoderamiento del productor y su familia.</li> <li>• Los trapiches para micro y pequeños productores solo deben satisfacer la producción de jugo de 150 L/h, operar 1-2 h al día, y 4 o 5 días a la semana.</li> </ul>
<b>Conversión del jugo en pilón y piloncillo granular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay protocolos comunes para la producción del piloncillo granular entre los productores de una misma comunidad, lo que impide lograr una calidad uniforme que, a su vez, acota la asociatividad de los productores para atender la necesidad de mercados más grandes.</li> </ul>

<b>Energía usada para la cocción: PUNTERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La puntera debe ser de acero inoxidable.</li> <li>• Optimizar las dimensiones y las condiciones de operación de la puntera.</li> <li>• Algunos productores están abiertos al uso de la tecnología para determinar el “punto” de término del proceso, pero otros están indecisos porque va en detrimento de sus tradiciones y costumbres.</li> </ul>
<b>Energía usada para la cocción: HORNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta estandarizar la calidad del bagazo usado para generar energía calorífica.</li> <li>• Optimizar la operación del horno: la carga de bagazo al horno, el flujo de aire, la transferencia eficiente de la energía a la puntera.</li> <li>• Localizar los tiros del horno fuera del trapiche.</li> <li>• Mantenimiento del horno y de la chimenea.</li> <li>• Asegurar el buen aislamiento de las paredes del horno cuando está sobre el suelo.</li> </ul>
<b>Limpieza del jugo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay protocolos de limpieza del jugo estandarizados, ni todos los productores cumplen esta etapa.</li> </ul>
<b>Clarificación y consistencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay un control en la implementación de estos procesos, por la falta de entendimiento del impacto que tienen en la calidad final del producto.</li> </ul>
<b>Descachazado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No está implementado o estandarizado; se desconoce su impacto en calidad del producto. Sin embargo, si de deja la cachaza puede salir hongos en el piloncillo.</li> </ul>
<b>Evaporación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay un uso útil del agua evaporada, ya que no se visualiza su aprovechamiento en el trapiche a pesar de los retos que tienen en la disponibilidad de agua potable.</li> </ul>
<b>“Punto” de término</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No está estandarizado el punto de término del proceso, lo que impacta notoriamente la calidad de los productos.</li> <li>• Se puede definir en función de parámetros fisicoquímicos.</li> <li>• Sin embargo, es una cuestión delicada en términos de sus tradiciones y costumbres.</li> </ul>
<b>Enfriado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos al desmontar manualmente la puntera en hornos sobre el piso.</li> <li>• No hay equipo de seguridad para los productores.</li> </ul>
<b>Amasado y cribado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay espacio propio para el amasado.</li> <li>• No está estandarizado el proceso para eliminar la boronas (gránulos de diferente tamaño que se generan debido a la humedad).</li> </ul>
<b>Empacado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay higiene en el manejo de producto.</li> <li>• No hay accesorios ni materiales adecuados para este proceso.</li> <li>• Representa un gasto en su proceso productivo.</li> </ul>
<b>Almacenaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay espacio de almacenamiento y/o acopio apropiados.</li> </ul>
<b>Higiene</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay condiciones de higiene apropiadas en la mayoría de los trapiches.</li> <li>• Falta socializar los favorables impactos de la higiene en el proceso productivo y la calidad del producto.</li> </ul>
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay condiciones de seguridad apropiadas en la mayoría de los trapiches.</li> <li>• No se percibe la pertinencia de reducir riesgos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay recursos para mejorar los aspectos de seguridad.</li> </ul>
<b>Personal de producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participan niños, mujeres y personas de edad avanzada en el proceso productivo</li> <li>• No hay recursos para pagar ayudantes.</li> </ul>
<b>Comercialización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El problema principal que persiste a la fecha es el intermediarismo o coyotaje.</li> <li>• Precios de producto fijados unilateralmente y muy variables.</li> <li>• Productores motivados para establecer nuevos modelos de comercialización directa de sus productos.</li> </ul>
<b>Unidad productiva (Trapiche)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de adecuar el techo y el piso de sus trapiches por materiales que reduzcan riesgos y/o mejoren la higiene.</li> <li>• No hay servicios públicos: agua, energía eléctrica, drenaje.</li> <li>• Falta adecuar los espacios de producción y almacenamiento.</li> <li>• Faltan accesorios o insumos para monitorear el proceso de producción.</li> <li>• No hay bitácoras de registro del nivel de producción, ni de calidad, ni de venta.</li> </ul>

#### **1.4. Objetivo del paquete tecnológico**

Las necesidades / oportunidades identificados para cada etapa de la cadena de valor fueron la base para acotar el desarrollo del proyecto y definir el objetivo del paquete tecnológico “Producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible”. En el marco del proyecto de investigación, desarrollo tecnológico e incidencia, el equipo de trabajo se focalizó en la atención de las necesidades / oportunidades validadas en cada etapa de la cadena de valor establecida en las micro o pequeñas unidades productivas de piloncillo granulado, también conocidas como “Trapiche”.

El objetivo general del paquete tecnológico es que los micro y pequeños productores tengan una guía para mejorar la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad del proceso de producción de piloncillo granulado, integrando sus tradiciones, las tecnologías accesibles y apropiadas para las condiciones locales, promoviendo la preservación del medio ambiente, el uso de energías alternativas, y mejorando el bienestar económico y social de los productores y sus familias.



## **2. BASES PARA EL DESARROLLO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO**

Los micro y pequeños productores son maestros piloncilleros, que celosamente mantienen vigentes en sus trapiches los procesos artesanales de la producción de piloncillo. Sin embargo, el entorno actual les demanda urgentemente cambios para que sus productos sean más competitivos y mejor vendidos en el mercado, de tal forma que puedan mejorar sus ingresos. Estos cambios se deben hacer progresivamente, en cada uno de las etapas de la cadena de valor y desde una perspectiva integral que tome en cuenta aspectos culturales, tecnológicos, ambientales, energéticos, económicos y sociales. Este enfoque contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades y, de forma práctica, a mejorar la actividad productiva y la calidad de vida de productores y familias. Los ejes rectores del paquete tecnológico se indican a continuación.

### **2.1. Técnicos**

- *Optimización del proceso productivo:*  
Implementar estrategias y/o tecnologías viables, simples o económicas que mejoren, entre otros:
  - la productividad y la calidad del producto,
  - la generación y uso de energía calorífica,
  - el uso de ecotecnologías para los servicios del trapiche (agua y energía eléctrica, drenaje).
- *Fomentar el conocimiento y el uso de tecnologías modernas:*  
Lograr que los productores comprendan y describan de forma simple las etapas de los procesos productivos para facilitar su comprensión, así como promover el uso de tecnología simple y económica que les ayude a monitorear y regular las condiciones de proceso.
- *Tomar en cuenta los gustos del consumidor y los cambios en la demanda*  
Los productores deben adaptar sus procesos para satisfacer los nuevos gustos y demandas del mercado, sin perder la esencia del piloncillo tradicional. Deben aprovechar esta necesidad para diversificar los productos generados en el trapiche.

### **2.2. Ambientales**

- *Impacto del cambio climático*

El productor debe entender la forma en la que las variaciones climáticas, como sequías o lluvias excesivas, afectan tanto el cultivo de caña de azúcar y el proceso de producción de piloncillo, que repercute en la economía y la incertidumbre en la producción.

- *Reducción del impacto ambiental:*

A través de las siguientes acciones:

- No usar fertilizantes ni herbicidas en el cultivo de caña.
- No quemar la caña para su corte (cosecha).

- *Hacer la gestión adecuada de residuos del trapiche.*

Este aspecto es relevante para evitar daños al medio ambiente y a la salud, pero también una excelente alternativa “limpia” para generar distintos materiales y productos químicos (micro-biorrefinerías) de utilidad para la comunidad y para comercializar en otros mercados.

### **2.3. Energéticos**

- *Aprovechamiento de los residuos.*

Fomentar el uso de biomasa generada durante la producción (bagazo) o de otra biomasa lignocelulósica residual (otates) para producir energías renovables (energía térmica) que sean utilizadas en el proceso de producción, reduciendo la dependencia de fuentes externas de energía.

- *Aprovechamiento de los recursos naturales*

Inducir a los productores al uso de los recursos naturales, como la radiación solar, para generar energía eléctrica.

### **2.4. Económicos**

Se debe habilitar a los productores para que resuelvan, entre otros, los siguientes retos:

- *Condiciones de mercado injustas y competencia desleal.*
- *Formalización de una cadena de valor por parte de los productores.*
- *Desarrollo de esquemas de economía solidaria*

- Modelo de emprendimiento social

Para habilitar los productores a incorporarse a una cadena de valor más organizada, eliminando intermediarios o "coyotes".

- Creación de organizaciones y redes de comercialización formales

- *Fortalecimiento de la economía y el bienestar social*



Impulsar el desarrollo económico de las comunidades rurales al generar empleo local y promover la creación de pequeños negocios o cooperativas que comercialicen los productos derivados de la producción de piloncillo y se beneficien de las energías renovables generadas.

- *Gestión de recursos económicos e infraestructura a través de programas públicos y privados, incluyendo el acceso a financiamiento.*

La atención de estos retos les permitirá acceder a mercados más grandes y ofertar sus productos a mejores precios para tener mayores márgenes de ganancia y evitar la vulnerabilidad a la fluctuación de los precios.

## **2.5. Sociales**

- *Capacitación y empoderamiento de los productores:*

Promover la formación técnica y social para los micro productores, enfocándose en el uso adecuado de las nuevas tecnologías, la valorización de residuos, el uso de energías renovables y el emprendimiento social, para fortalecer sus capacidades productivas y su independencia económica.

- *Promover la gestión de condiciones socioeconómicas favorables.*  
En particular, el acceso a servicios públicos en el trapiche y la vivienda.
- *Difusión de los temas que desarrollen el interés de las niñas(os), jóvenes y familias por el desarrollo personal y comunitario, el cuidado del medio ambiente, la valorización de residuos y el uso de ecotecnologías.*



### **3. TRANSFERENCIA DE SABERES**

Los ajustes o cambios necesarios en el proceso de producción artesanal de piloncillo granulado con enfoque sostenible surgieron de procesos de transferencia de saberes entre los micro y pequeños productores de la zona de incidencia y el equipo de trabajado integrado por profesores y estudiantes de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y la Universidad Autónoma Metropolitana.

#### **3.1. Ventajas del proceso de transferencia de saberes**

En el marco del desarrollo del paquete tecnológico, la transferencia de saberes es invaluable por las siguientes razones.

- **Valoración y respeto de las tradiciones locales y la experiencia de los productores.**

Los micro y pequeños productores tienen un amplio y valioso conocimiento de los métodos tradicionales de producción de piloncillo que se ha perfeccionado de generación en generación. Estos saberes son un patrimonio cultural y parte integral de la identidad de las comunidades de los pueblos originarios. La integración de estos conocimientos en el ajuste o los cambios propuestos asegura que el proceso artesanal se mantenga auténtico y respetuoso con las tradiciones locales, lo cual es también fundamental para la aceptación y el éxito del producto en el mercado.

- **Adaptación de tecnologías a la realidad local:**

El intercambio de saberes con los productores permite que los académicos comprendan mejor las condiciones particulares en las que los productores trabajan, así como el tipo de materia prima disponible, las condiciones climáticas, las prácticas locales, las limitaciones de recursos y servicios y las necesidades específicas del proceso o producto. Este conocimiento y experiencia es imprescindible para adaptar las soluciones tecnológicas propuestas a la realidad de los productores y de su entorno, evitando enfoques que sean ineficaces, costosos o inviables para ellos. También se reduce el tiempo y los recursos para que los académicos diseñen soluciones pertinentes y que cumplan con las necesidades y capacidades locales, lo que incrementa la viabilidad y la sostenibilidad de las mejoras tecnológicas.

- **Innovación con base en la práctica:**

Los académicos pueden aportar nuevas ideas, metodologías y tecnologías basadas en ciencia y tecnología para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad del proceso de producción de piloncillo artesanal. Sin embargo, estas innovaciones deben ser validadas y adaptadas al contexto práctico de los productores. Los productores, con su experiencia práctica, pueden ofrecer retroalimentación clave para afinar o modificar las propuestas académicas, asegurando que las innovaciones sean realmente útiles y eficaces. Este intercambio permite una retroalimentación constante, que genera una innovación que respeta las tradiciones y mejora los procesos.

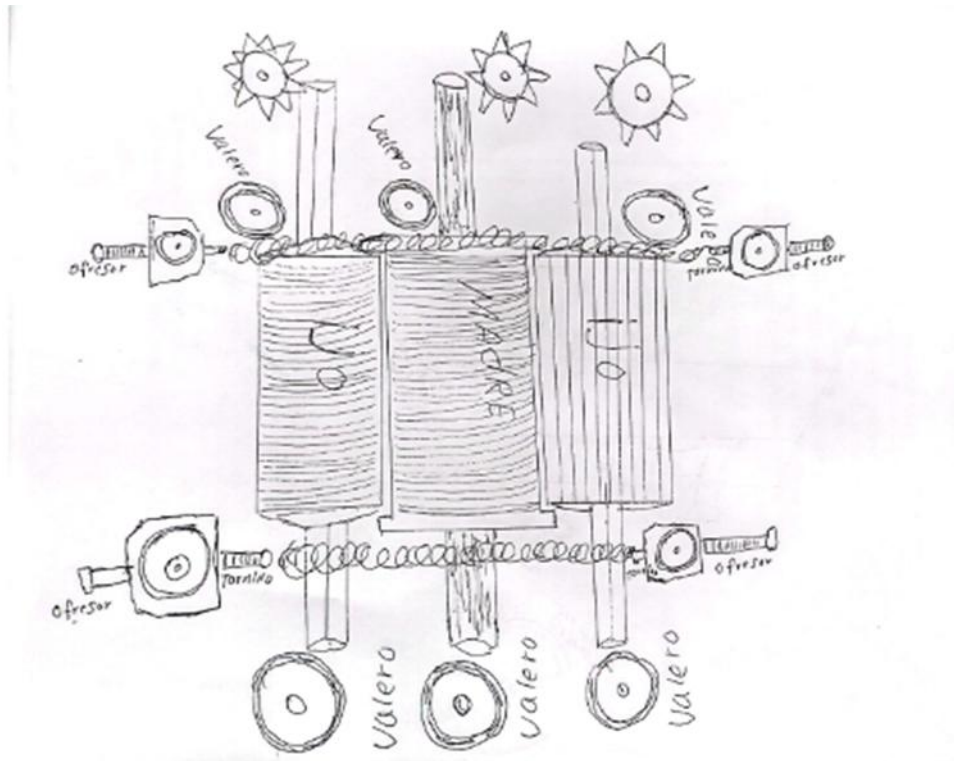


Figura 2 Ilustración de las características del sistema de rodillos en un trapiche de acuerdo con la visión del productor Obispo Santos Socorro.

- **Desarrollo de soluciones sostenibles:**

La sostenibilidad es el eje rector en desarrollo del paquete y el concepto puede ser un reto inicial para los productores. Sin embargo, los productores tienen un conocimiento intuitivo sobre las prácticas sostenibles que han desarrollado en su proceso a lo largo del tiempo, lo que requieren entonces es la información y/o los recursos para optimizar estas prácticas. De esta forma se facilita un enfoque común de productores y académicos para, por ejemplo, introducir tecnologías “limpias”, como el uso de energías renovables o la gestión eficiente de residuos,

ayudando a que los productores utilicen sus recursos de manera más eficiente y con menor impacto ambiental.

- **Empoderamiento de la comunidad**

La transferencia de saberes permite compartir experiencias y desafíos e induce la adopción de conocimientos y tecnologías en los dos extremos de la cadena de comunicación. El beneficio de este proceso para el sector académico es que se favorece una enseñanza más rica y contextualizada para los estudiantes participantes, Para las comunidades, este proceso empodera a los productores, dándoles la confianza para implementar cambios y adoptar nuevas prácticas de forma independiente. Además, el contacto directo con académicos y estudiantes puede aumentar la visibilidad de su trabajo y de sus productos en mercados más amplios, al participar en los eventos académicos disciplinares.

- **Mejora de la competitividad en mercados más grandes:**

Los resultados de la transferencia de saberes generan la oportunidad de innovar en los procesos y mejorar la calidad de los productos. Esto permite a los productores en competir en condiciones preferenciales en mercados más grandes, no solo en términos de precio, sino también en términos de calidad y sostenibilidad. Los académicos pueden ayudar a los productores, por ejemplo, a cumplir con estándares de calidad más altos o a que se organicen en una figura legal, aspectos que son indispensables para la comercialización de los productos artesanales en mercados nacionales e internacionales.

### **Colofón**

De acuerdo con lo anterior, la sinergia de las experiencias de los productores con el enfoque científico de los académicos puede facilitar la creación de procesos más sostenibles, tanto desde el punto de vista económico como ecológico.

En el desarrollo de este paquete, los productores participantes fueron miembros de diversas comunidades piloncilleras Tének alrededor del municipio de Tanlajás, en la Huasteca Potosina. Solidariamente, más de una decena de productores compartió sus experiencias, vivencias y tradiciones en la elaboración artesanal de piloncillo y abrieron sus trapiches para explicar sus procesos de forma práctica.

### **3.2. Actividades de ciencia y tecnología para la optimización de procesos.**

La propuesta para el desarrollo de prototipos y paquetes tecnológicos implica diversas actividades de ciencia y tecnología, son imprescindibles para validar las propuestas de solución y asegurar que las mismas contribuyen efectivamente a la producción sostenible de piloncillo artesanal, en un enfoque basado en la conjunción de la experiencia y el conocimiento técnico y que, además, promueve el desarrollo e integración de elementos diferenciadores con respecto a otros procesos, productos o servicios establecidos. En este escenarios, las actividades de ciencia y tecnología favorecen, entre otros, los siguientes aspectos:

- **Un mejor entendimiento y la optimización de los procesos del trapiche.**
- **La mejora de productividad y calidad de los productos artesanales del trapiche.**
- **El desarrollo de nuevos procesos, productos o servicios.**
- **La documentación que las mejoras propuestas contribuyen a la sostenibilidad.**
- **La validación de los elementos diferenciadores y la transferencia de conocimientos / tecnologías**
- **Identificación de nuevos mercados y de alternativas de comercialización.**
- **La organización en equipos de trabajo y en negocios/empresas de carácter social.**

El equipo académico de trabajo para el desarrollo de este paquete tuvo un perfil interdisciplinar y en el mismo participaron profesores y estudiantes de licenciatura y posgrado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y de la Universidad Autónoma Metropolitana. Las acciones de ciencia y tecnología implicaron, entre otras, trabajo de laboratorio químicos, físicos y de alimentos, simulaciones de proceso en computadora, diferentes estrategias de trabajo en campo y el análisis integral de los resultados desde distintas perspectivas de sostenibilidad.

### **3.3. Estrategia para la transferencia de saberes y desarrollo de propuestas**

Operativamente, la secuencia de integrar los elementos de la transferencia de saberes y las bases de ciencia y tecnología fue la siguiente.

- ***Definir los equipos de trabajo, en campo y en academia.***
- ***Entre ambos equipos, realizar un diagnóstico del proceso o producto a optimizar, identificando necesidades / oportunidades muy específicas.***
- ***Proponer los diseños, ajustes o modificaciones iniciales para el proceso o producto.***
- ***Validación de los diseños, ajustes o modificaciones en la academia a través de experimentos o simulaciones.***
- ***Validación de los diseños, ajustes o modificaciones en campo***
- ***Identificación de áreas de oportunidad en las 5 dimensiones de la sostenibilidad: tecnológicas, energéticas, ambientales, económicas y sociales.***
- ***Desarrollo de un proceso o producto mejorado a nivel académico***
- ***Nueva validación del proceso o servicio en campo.***
- ***De ser el caso, definir los detalles de la transferencia tecnológica.***
- ***Dar seguimiento y hacer evaluaciones en campo.***
- ***Gestión conjunta de recursos para la transferencia/escalamiento de la tecnología, o bien, para la operación en campo.***
- ***Acoplar el desarrollo del proceso o producto al programa de emprendimiento social.***
- ***Adaptar una réplica del producto o servicio en los espacios que faciliten los procesos de capacitación de productores o de divulgación entre niñas(os) y jóvenes.***

### ***3.4. Ajustes y recomendaciones propuestos para el proceso***

Con el enfoque anterior, el estudio detallado del proceso de producción artesanal de piloncillo permitió identificar y validar los ajustes necesarios para que el actual proceso de producción en los trapiches de las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina adquiriera los elementos distintivos de un proceso sostenible. Estos ajustes se propusieron como recomendación para los productores que ya tienen en operación su trapiche y son la base para

la definición del paquete tecnológico que guíe a los productores con el interés de capacitarse e implementar la producción de piloncillo granulado en sus unidades productivas. En la tabla 4 se listan las principales recomendaciones derivadas de la experiencia de los productores y de las acciones de ciencia y tecnología, para mejorar las diferentes etapas de la producción de piloncillo granulado en la zona de incidencia.



**Tabla 4 Recomendaciones para las etapas de producción de piloncillo granular con enfoque sostenible.**

<b><i>Etapas</i></b>	<b><i>Recomendaciones</i></b>
<b><i>Energía usada para la cocción: Horno</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Uso de bagazo seco.</b></li> <li>• <b>Diseño del horno:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Paredes cónicas y rejilla de acero para soportar el bagazo y tener canal de aire en el fondo</li> <li>○ Uso de materiales refractarios</li> <li>○ Aislar paredes del horno y las uniones horno-puntera</li> <li>○ Recircular los gases de combustión para aprovechar poder calorífico.</li> <li>○ Tiro debe ser fuera del trapiche</li> </ul> </li> <li>• <b>Limpieza de cámara de combustión y chimenea.</b></li> </ul>
<b><i>Energía usada para la cocción: Puntera</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar el tamaño de la puntera según necesidad del productor y evitar sobredimensionamientos</li> <li>• Una opción es rediseñar la puntera para que quede empotrada y sea calentada por la base y las áreas laterales; sin embargo, existe el riesgo que la mezcla de proceso se pegue en las paredes.</li> <li>• En su caso, aislar las paredes de la puntera para disminuir pérdidas de energía por disipación y evaluar la cubierta de la puntera con una tapa (de forma temporal para no impedir la agitación de la mezcla).</li> </ul>
<b><i>Prelimpieza</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el corte de la caña, eliminar las raíces, podas y hojas de las cañas.</li> <li>• Se recomienda el lavado previo de la caña inmediatamente antes de la extracción del jugo en el trapiche, ya que impurezas como tierras, polvos, etc. contribuyen de manera negativa en la coloración deseada del producto y de manera significativa en la aparición de cachazas durante el proceso de evaporación.</li> <li>• Sustitución del cedazo de tela por filtros de celulosa que permitan filtrar fibras y otros sólidos de menor tamaño que contribuyen de manera negativa en la coloración deseada del producto y de manera significativa en la aparición de cachazas durante el proceso de evaporación.</li> </ul>
<b><i>Uso de aditivos</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anadir una solución de 0.16 g de cal /L de jugo para ajustar el pH de un volumen de 8 latas de jugo; sin embargo, no se mide el pH.</li> <li>• Se pueden agregar antiespumantes y lubricantes (grasas o ceras) para evitar el derrame de la miel al hervir; los lubricantes pueden evitar que la meladura caliente se pegue a las paredes.</li> </ul>
<b><i>Descachazado</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar floculantes como mucílago de nopal y jonote para facilitar la remoción de la cachaza. Se debe evaluar la concentración más adecuada en cada caso.</li> <li>• Típicamente, las impurezas se eliminan de 50-60°C, añadiendo de 1 de mucílago por 120 L de jugo. Se forma una capa de impurezas que se extraen fácilmente con una pala o recogedor.</li> </ul>
<b><i>Evaporación</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del jugo de caña de la región de incidencia demuestran que 80-85% en masa es agua.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar junto con la tapa un sistema de condensación-recuperación del agua eliminada durante el proceso de cocción para que se use para consumo humano, limpieza de la caña y/o de utensilios.</li> </ul>
<b>El “Punto” de término</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas experimentales del proceso constatan que el “punto” se alcanza alrededor de los 80-83°Brix y 123 °C. Es muy recomendable validar el “punto” a partir de la medición de concentración de azúcar y temperatura.</li> </ul>
<b>Enfriado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de equipo de protección para disminuir riesgos de quemaduras por contacto con la misma puntera o derrame del producto.</li> <li>• Considerar el uso de sistemas de poleas y/o rieles para el retiro y desplace de la puntera para incrementar prevención de accidentes.</li> <li>• Considerar el uso de mezcladores de hélices de tres hojas para realizar esta operación unitaria.</li> </ul>
<b>Amasado y cribado (granular)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de protección personal para evitar contaminación del producto con sudor</li> <li>• Uso de cernidores y de utensilios de acero inoxidable</li> <li>• Regular la humedad del espacio donde ocurre el amasado para evitar aglomeración (formación de boronas)</li> <li>• Uso de un molino de martillos para el tratamiento y disminución de tamaño de las boronas que aumentan la merma</li> </ul>
<b>Empacado (si aplica)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de equipo de higiene personal y sanitización de las áreas de empaçado.</li> <li>• Uso de bolsas de plástico selladas herméticamente para presentaciones de 1 kg o menores</li> <li>• Uso de bolsas de plástico selladas y de costales cosidos para presentaciones de 25 a 50 kg.</li> <li>• Los empaques deben ser de permeabilidad reducida para incrementar la vida de anaquel y facilitar su comercialización en mercados externos.</li> </ul>
<b>Almacenaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar o establecer una unidad de acopio o de procesamiento de productos de piloncillo.</li> <li>• Se recomienda un espacio limpio, libre de animales y roedores, con la ventilación para mantener reguladas la temperatura y humedad relativa adecuadas.</li> </ul>
<b>Higiene</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se aplican medidas de higiene de ningún tipo ni hay medidas de seguridad.</li> <li>• Se recomienda curso de capacitación de buenas prácticas de producción y manejo de producto.</li> </ul>
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda cursos de capacitación en seguridad de procesos y almacenaje de productos.</li> <li>• Se necesita seguridad pública alrededor de los trapiches para evitar robos.</li> <li>• Se necesita seguridad pública para fomentar el comercio libre.</li> </ul>
<b>Servicios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere de abastecimiento seguro de agua para limpieza y proceso</li> <li>• Se recomienda la captación de agua de lluvia y su almacenamiento en un tanque colector</li> <li>• Se sugiere la recirculación de agua con el uso de ecotecnología.</li> <li>• Acarreo semanal de agua de pozo</li> <li>• Se sugiere el uso de dispositivos recargables para iluminación del trapiche.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Se sugiere instalación de paneles solares para iluminación, carga de celular y uso de ventiladores y radios.</i></li><li>• <i>Se requiere instalación de letrinas o baños secos.</i></li></ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La información anterior es la base del paquete tecnológico “Producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible”, con el propósito de sugerir cambios o ajustes en cada una de las etapas del proceso productivo a partir de datos de campo y de experimentos y simulaciones con principios científicos y tecnológicos. Así mismo, la información constituye un conjunto de buenas prácticas para mejorar la productividad, calidad, higiene, seguridad y sostenibilidad del proceso de producción de piloncillo artesanal.



## **4. PRODUCCION ARTESANAL DE PILONCILLO CON ENFOQUE SOSTENIBLE.**

Las acciones para llevar a cabo la producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible se ilustran secuencialmente en la figura 3 y se describen sintéticamente en la Tabla 5, incluye las siguientes secciones principales:

- **Previo al proceso de producción**
  - *Unidad productiva*
    - Espacios y Servicios
    - Equipos y Utensilios necesarios
    - Equipo de Medición deseable
    - Ecotecnologías deseables
  - *Higiene y Seguridad*
  - *Materia Prima*
  - *Energía para el horno - puntera*
  
- **Proceso de producción**
  - *Recepción de la caña de azúcar*
  - *Molienda de la caña de azúcar*
  - *Revisión del Horno*
  - *Carga y limpieza del jugo*
  - *Evaporación: Conversión del jugo en piloncillo granular*
  - *Durante la evaporación: Descachazado*
  - *Durante la evaporación: Otros procesos recomendables*
  - *El "Punto" de término de la evaporación*
  - *Enfriado*
  - *Amasado y cribado*
  - *Empacado*
  
- **Posterior al proceso de producción**
  - *Almacenaje*
  - *Comercialización*



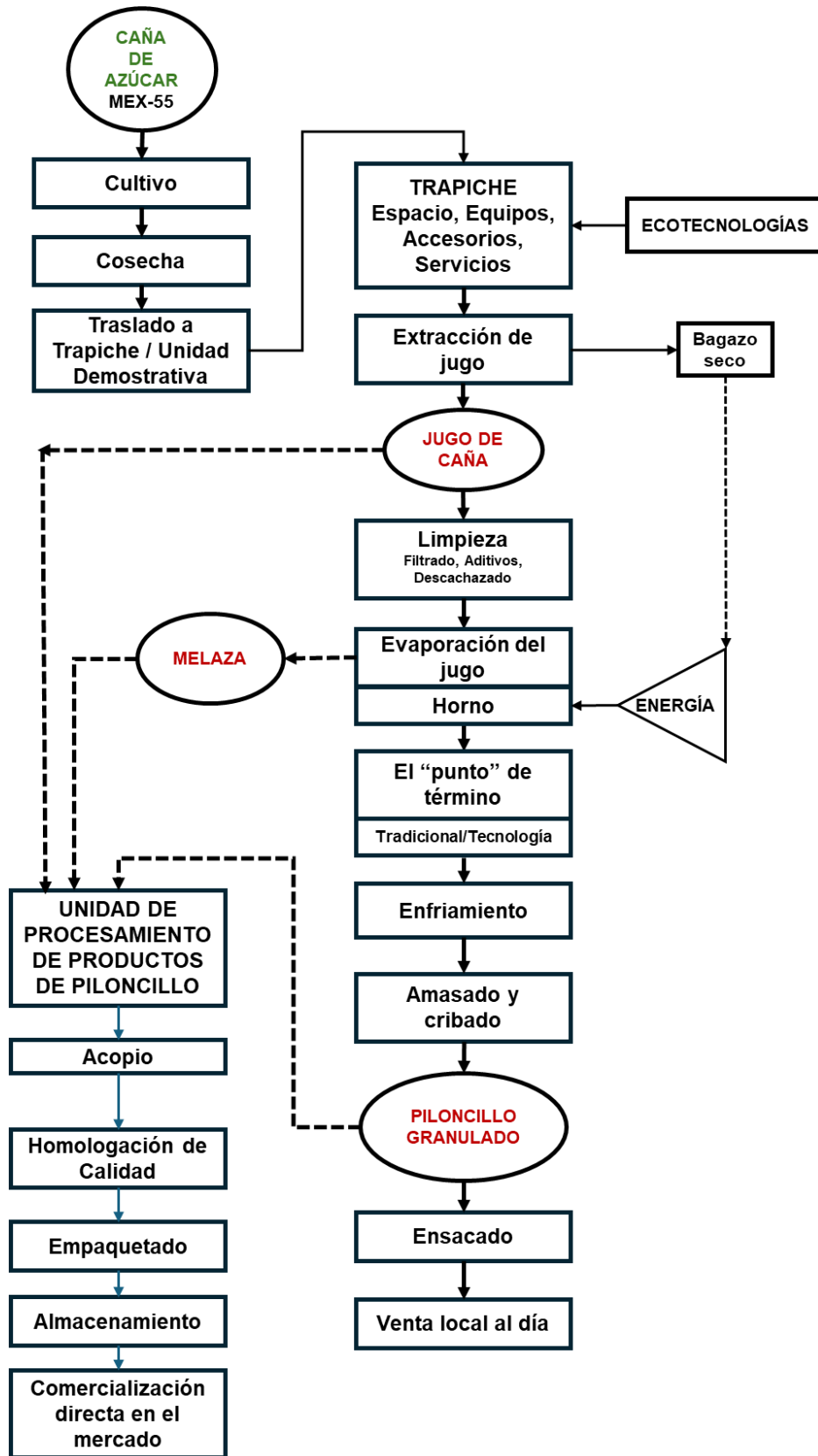


Figura 3 Secuencia de producción sostenible de piloncillo artesanal

**Tabla 5** *Proceso de producción sostenible de piloncillo artesanal*

Elemento	Revisión previo al proceso de producción
<b>Unidad productiva (Trapiche): ESPACIOS Y SERVICIOS</b>	<b>Agua</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captar el agua de lluvia en un tinaco de almacenamiento localizado en una parte alta del trapiche.</li> <li>• Conectar un tinaco de agua desde el depósito comunitario al trapiche y llenarlo al tanque de almacenamiento.</li> <li>• Filtrar el agua utilizada en el trapiche.</li> <li>• Recircular el agua: recuperar el agua filtrada en un tanque y bombearla al tanque de almacenamiento usando una bicibomba.</li> <li>• Acarrear el agua en botes desde un pozo cercano al trapiche.</li> </ul>
	<b>Luz</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar paneles fotovoltaicos para iluminación, carga de teléfonos, radio y / o ventiladores.</li> <li>• Usar lámparas recargables y baterías solares.</li> <li>• Usar generador eléctrico a gasolina.</li> </ul>
	<b>Residuos (basura)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar contenedores en el trapiche para la disposición de basura y reciclaje.</li> <li>• Contendor para cachaza de 20 L.</li> </ul>
<b>Unidad productiva (Trapiche): EQUIPOS Y UTENSILIOS NECESARIOS</b>	<b>Infraestructura</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techo: lámina o paja.</li> <li>• Pisos: concreto, tierra firme o piedras.</li> <li>• Cercado: malla, bambú u otates, y puertas.</li> <li>• Baño: letrina o baño seco.</li> <li>• Espacio para secado de bagazo.</li> <li>• Espacio para bagazo seco usado como combustible.</li> <li>• Espacio para guardar las herramientas, los instrumentos y los accesorios.</li> <li>• Tener señalética para el trapiche.</li> </ul>
<b>Unidad productiva (Trapiche): EQUIPOS Y UTENSILIOS NECESARIOS</b>	<b>Equipos</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trapiche para molienda de caña. Opciones en orden de preferencia: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Motor eléctrico de 2 HP con 3 rodillos acero inoxidable, ó</li> <li>○ Motor de gasolina de 6 HP con 3 rodillos de acero inoxidable, ó</li> <li>○ Motor de gasolina de 9 HP con 3 rodillos de acero inoxidable.</li> </ul> </li> <li>• Puntera de acero inoxidable o galvanizado; las medidas sugeridas son: ~ 2m X 0.9m X 0.3m (largo, ancho, alto)</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno para puntera:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Debajo del suelo o sobre el suelo.</li> <li>○ Acorde a las medidas de la puntera</li> </ul> </li> <li>• Rejilla metálica / madera para bagazo.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Medida sugerida: 1.5 X 1.2 X 2 m</li> </ul> </li> <li>• Rejilla metálica / madera para caña.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Medida sugerida: 1.5 X 1.2 X 2 m</li> </ul> </li> <li>• Mesa de acero inoxidable para procesar producto terminado             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Medida sugerida: 0.9 X 0.8 X 2 m.</li> </ul> </li> <li>• Caja de herramientas básica:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cinta métrica, juego de pinzas, juego de desarmadores, perica, juego de llaves Allen, martillo, cuchilla, llave combinada</li> </ul> </li> <li>• Otros insumos:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gasolina, aceite “afloja todo”, grasa, aceite para motor.</li> </ul> </li> </ul>
	<b>Utensilios</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 criba 1 X 1.2m.</li> <li>• 1 remo de acero inoxidable o madera.</li> <li>• 1 pala de acero inoxidable o madera.</li> <li>• 1 espátula acero inoxidable o madera.</li> <li>• 1 colador o recogedor para cachaza.</li> <li>• Contenedores de gasolina para el trapiche (motor a gasolina).</li> <li>• Bandas para el trapiche.</li> </ul>
	<b>Mobiliario</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tarja para el lavado personal y/o de utensilios.</li> <li>• 2 mesas plegables de plástico o madera de 1.8 m</li> <li>• Estantes plástico, metal o madera para almacenar utensilios.</li> </ul>

	<b>Equipos de medición (Deseables)</b>
<b>Unidad productiva (Trapiche)</b>	<p>Solicitar información a la UASLP y / o UAM-I.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linterna recargable de leds.</li> <li>• Báscula recargable de plataforma de 100 kg.</li> <li>• Medidor recargable de grados Brix o refractómetro.</li> <li>• Medidor recargable de pH portátil.</li> <li>• Medidor recargable de humedad o higrómetro.</li> <li>• Termómetro de inmersión.</li> <li>• Termopar tipo K de -50 a 1200°C de 50 cm de longitud y pantalla de registro de temperatura</li> <li>• Termómetro infrarrojo de pilas, rango de -50-1800°C.</li> </ul>
	<b>Ecotecnologías (Deseables)</b>

<p><b>Unidad productiva (Trapiche)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Bici-bomba conectado al tanque de agua de almacenamiento.</li> <li>• 1 Panel fotovoltaico que suministra energía a lámparas, radios, ventiladores solares.</li> <li>• Uso de bagazo como combustible.</li> </ul>
--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>SEGURIDAD E HIGIENE</b></p>	<p><b>Del personal</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productores y ayudantes:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Delantal personal.</li> <li>○ Cofia personal.</li> <li>○ Mascarilla o cubrebocas para polvos personal.</li> <li>○ Lentes de protección personal.</li> <li>○ Botas antiderrapantes.</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>Higiene en el trapiche</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar diariamente la unidad: equipos, utensilios, herramientas, pisos después de cada punto.</li> <li>• Uso de cofia y delantal personal.</li> <li>• Lavado continuo de manos.</li> </ul>
	<p><b>Seguridad en el trapiche</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar las áreas en el trapiche.</li> <li>• Colocar una malla alrededor del trapiche para evitar insectos en el trapiche.</li> <li>• Colocar señalética en el trapiche.</li> <li>• Tener presente un plan de emergencia: acciones y contactos.</li> <li>• Unidad Productiva:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Extintor polvo químico seco, combate 06-14 (para incendios de madera, plástico, líquidos y eléctricos).</li> <li>○ Extintor de bióxido de carbono, combate 06-14 (para líquidos inflamable en áreas de almacenamiento de gasolina o pintura).</li> </ul> </li> </ul>

<p><b>Materia Prima</b></p> <p><b>CAÑA DE AZÚCAR</b></p>	<p><b>Variedad, Buenas prácticas de cultivo</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar alternar la variedad de caña: MEX-55 y/o RD-19.</li> <li>• Hacer uso de aditivos orgánicos o naturales.</li> <li>• Estar capacitado en buenas prácticas en agricultura. Consultar en la UASLP, SENASICA, AGRICULTURA, FIRA, AGD.</li> <li>• Solicitar la certificación de producto orgánico para la caña de azúcar. Consultar en la UASLP, SENASICA, AGRICULTURA, INPI, MEXICOCERT.</li> </ul>
	<p><b>Cosecha de la caña</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir el índice de madurez con un medidor de grados Brix.</li> <li>• Realizar el corte en condiciones secas y soleadas, preferentemente.</li> <li>• Para la temporada de elevadas temperaturas ambientales, realizar el corte de caña la tarde anterior al proceso.</li> <li>• Recolectar alrededor de 400 – 500 kg de caña para cada “punto”.</li> <li>• Registrar las cantidades de caña de azúcar en una bitácora.</li> </ul>
	<b>Traslado o acarreo de caña</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la limpieza del camino al trapiche.</li> <li>• Trasladar la caña al trapiche: camioneta de carga, moto, animal de carga o acarreo en carretilla por productores.</li> </ul>

	<b>Horno</b>
<b>Energía usada en el Horno - Puntera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendable: Diseñar el horno de acuerdo con el tamaño de la puntera, con apoyo de productores con experiencia y/o de personal técnico. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Solicitar información con la UASLP y / o UAM-I.</li> </ul> </li> <li>• Colocar la descarga de chimenea fuera del trapiche.</li> <li>• Utilizar bagazo seco con una humedad menor al 10% <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tener disponible una carga de 30 kg de bagazo por cada punto</li> <li>○ Usar un medidor de humedad recargable</li> </ul> </li> </ul>
	<b>Puntera</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar la puntera antes de cada punto.</li> <li>• Recomendable que la puntera tenga un diseño de acuerdo con las necesidades de cada productor con apoyo de profesionales. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Solicitar información con la UASLP y / o UAM-I.</li> </ul> </li> <li>• Sellar con ceniza las áreas de contacto de la puntera con el horno.</li> </ul>

<b>Personal de producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendable la participación de otros productores en cada punto.</li> <li>• Considerar el apoyo de ayudantes para incrementar producción</li> <li>• No promover en la unidad productiva la presencia de niños que no estén vigilados por adultos.</li> </ul>
-------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Etapas de proceso</b>	<b>Acciones por ejecutar en el trapiche</b>
<b>Recepción de la caña de azúcar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la caña en una rejilla cercana al trapiche.</li> <li>• Estimar el peso del lote de caña</li> <li>• Registrar las características distintivas del lote de caña. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Variedad, edad de corte, índice de madures, longitud, diámetro.</li> </ul> </li> </ul>

<p><b>Molienda de la caña de azúcar</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar y asegurar las piezas ajustables del trapiche.</li> <li>• Alinear y definir la distancia de separación de los rodillos.</li> <li>• Añadir el combustible en el tanque de los trapiches con motor a gasolina.</li> <li>• Colocar el cedazo a la descarga del trapiche para coleccionar las fibras de la caña arrastrada por el jugo.</li> <li>• Iniciar la molienda de la caña, alimentando a los rodillos caña por caña (una por una).</li> <li>• Coleccionar de 140-160L o 7-8 latas de jugo de caña de azúcar.</li> <li>• Registrar el tiempo de molienda o extracción de jugo.</li> <li>• Limpiar el trapiche una vez terminada la molienda.</li> <li>• Registrar las cantidades de jugo caña de azúcar obtenidos y el rendimiento de jugo de caña en una bitácora.</li> <li>• Medir la concentración inicial de azúcares en el jugo de caña con un refractómetro</li> </ul>
<p><b>Revisión del Horno</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que el horno y los ductos de humo se encuentren limpios y que se favorece el flujo del aire y de los gases de combustión.</li> <li>• Tener a la mano varios atos de bagazo que serán alimentados como combustible.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La humedad del bagazo debe ser menor a 10% (usar el medidor de humedad).</li> <li>○ Pesar el bagazo seco disponible.</li> <li>○ El peso estimado de bagazo seco a ser utilizado es 30 – 40 kg.</li> <li>○ Tratar que los atos tengan un peso similar (1.5 a 2 kg).</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Carga y limpieza del jugo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que la puntera este limpia antes del iniciar el punto.</li> <li>• Tener la puntera colocada sobre el horno.</li> <li>• Sellar las uniones de la puntera con el horno para evitar fugas de calor usando ceniza.</li> <li>• Colocar el cedazo sobre la puntera.</li> <li>• Filtrar el jugo, vaciándolo sobre el cedazo en lotes de 20 L (1 lata).</li> </ul>
<p><b>Evaporación: Conversión del jugo en piloncillo granular</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adicionar 0.16 g de cal / L de jugo, antes del calentamiento.</li> <li>• Adicionar 1 L de mucílago / 120 L de jugo.</li> <li>• A tiempo “cero”, encender el horno con un ato de bagazo seco.</li> <li>• Registrar las cantidades de cal utilizada u otro aditivo en una bitácora.</li> <li>• Agitar el jugo de caña (o mezcla) con un remo de acero inoxidable o madera.</li> <li>• Añadir el bagazo al horno según se requiera para mantener el fuego vivo y registrar el tiempo de carta de bagazo al horno.</li> <li>• Registrar la cantidad de atos de bagazo suministrados en función de tiempo en una bitácora.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la temperatura del jugo con un termopar tipo K (t=0); recomendable realizar la medición cada 10 min.</li> <li>• Tomar una muestra del jugo o mezcla para medir la cantidad de azúcar; recomendable tomar la muestra cada 30 min.</li> <li>• Registrar las mediciones de temperatura y de concentración de azúcares en una bitácora.</li> </ul>
<b>Durante la evaporación: Descachazo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover o coleccionar la cachaza usando un colector durante el proceso de evaporación.</li> <li>• Las fracciones de cachaza se deben juntar en un contenedor.</li> <li>• Medir la cantidad de cachaza total que se extrae del jugo al final del proceso y registrarla en la bitácora (se esperan alrededor de 5 L.)</li> </ul>
<b>Durante la evaporación: Otros procesos recomendables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captar el agua evaporada del proceso para recirculación, solicitar la información de este proceso con la UASLP y UAM-I.</li> </ul>
<b>El “Punto” de término de la evaporación</b>	<p><i>Forma Tradicional:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar visualmente la consistencia de la mezcla.</li> <li>• Tomar con la pala de acero o madera una muestra de la mezcla y sumergirla en el agua</li> <li>• Finalizar el proceso de acuerdo con la consistencia de la mezcla.</li> </ul> <p><i>Sugerencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la temperatura de la mezcla con el termopar y la concentración de azúcares (grados brix) con un refractómetro.</li> <li>• A una Temperatura de 123 °C y 90°Brix parar el proceso.</li> <li>• Registrar la temperatura final y la concentración de azúcares final de la mezcla en una bitácora.</li> </ul> <p><i>Para ambos casos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detener la adición de bagazo en el horno (apagar el fuego)</li> <li>• Remover la puntera del horno con los accesorios de seguridad: guantes, poleas (según el caso).</li> </ul>
<b>Enfriado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la mezcla en la misma puntera colocada fuera del horno. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sugerencia: pasar la mezcla en otra puntera de acero inoxidable o aluminio galvanizado.</li> </ul> </li> <li>• Agitar la mezcla con una pala de acero o madera, siempre en el mismo sentido, hasta que la mezcla se haga granular.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar el tiempo de enfriamiento de la mezcla en una bitácora.</li> </ul>
<b>Amasado y cribado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El piloncillo se junta en un solo extremo de una puntera.</li> <li>• Amasar la mezcla usando una pala de acero inoxidable hasta obtener partículas finas de piloncillo.</li> <li>• Utilizar la criba inoxidable para separar las partículas del tamaño deseable.</li> <li>• Revisar que los gránulos sean homogéneos.</li> <li>• Registrar el tiempo de amasado y cribado de la mezcla a piloncillo en una bitácora.</li> </ul>
<b>Colección del piloncillo granulado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colectar el piloncillo obtenido.</li> <li>• Pesar el piloncillo granulado obtenido y registrar el peso en la bitácora.</li> </ul>
<b>Empacado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empacar el piloncillo granulado en bolsas y costales (ó cajas) que lleven la marca distintiva del producto.</li> <li>• Realizar el sellado hermético del producto.</li> </ul>
<b>Almacenaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en estantes para el almacenaje (en ausencia de humedad).</li> </ul>
<b>Comercialización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar capacitado en el modelo o proyecto de emprendimiento social (Solicitar informes a la UASLP o a la UAM-I).</li> </ul>

## **5. CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS, INTERMEDIARIOS Y PRODUCTOS**

La calidad de la materia prima y de los principales productos de su procesamiento se puede determinar a partir de las caracterizaciones químicas, físicas, térmicas, microbiológicas, organolépticas y/o bromatológicas de las materias primas, productos y residuos del sistema productivo caña de azúcar – piloncillo. Estas caracterizaciones son también indispensables para conocer, entre otros aspectos:

- El efecto de los parámetros de procesamiento en las propiedades finales de los productos.
- El potencial de las materias primas, subproductos y residuos para proponer otras aplicaciones de interés para los micro productores rurales.

### **5.1. Estrategia de caracterización**

Los detalles de la caracterización química, física, térmica, microbiológica y bromatológica basadas en normativas mexicanas, normativas internacionales y diversas fuentes de la literatura se pueden consultar en detalle en la obra “Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar – piloncillo” de Palomo González y col. (2023) desarrollado en el mismo proyecto de este paquete tecnológico. De acuerdo con esta obra, en la figura 4 se incluye el esquema de la secuencia de análisis que permite una caracterización integral del sistema caña – piloncillo que incluye técnicas físicas, químicas, microbiológicas, bromatológicas y térmicas.

- **Las caracterizaciones químicas:**

Incluyen métodos para los análisis de la masa (“bulk”) y de la superficie. En el caso de la masa se caracterizan la composición química y el contenido metálico y por otra parte los análisis superficiales permiten determinar pH para la caña de azúcar y el bagazo.

- **La caracterización física:**

Permite determinar la morfología de la caña de azúcar, el contenido de humedad y el tamaño de partícula del piloncillo y del bagazo.

- **Los análisis bromatológicos:**

Evalúan la calidad del jugo de caña de azúcar y del piloncillo; esta información genera la composición nutricional del piloncillo, requeridos por la normativa mexicana para validar la higiene y la calidad del producto, así como el tiempo de vida de anaquel y de consumo preferente.

- **Los análisis microbiológicos:**

Se usan para monitorear la calidad y la higiene durante los procesos de fabricación y el manejo de los productos finales.

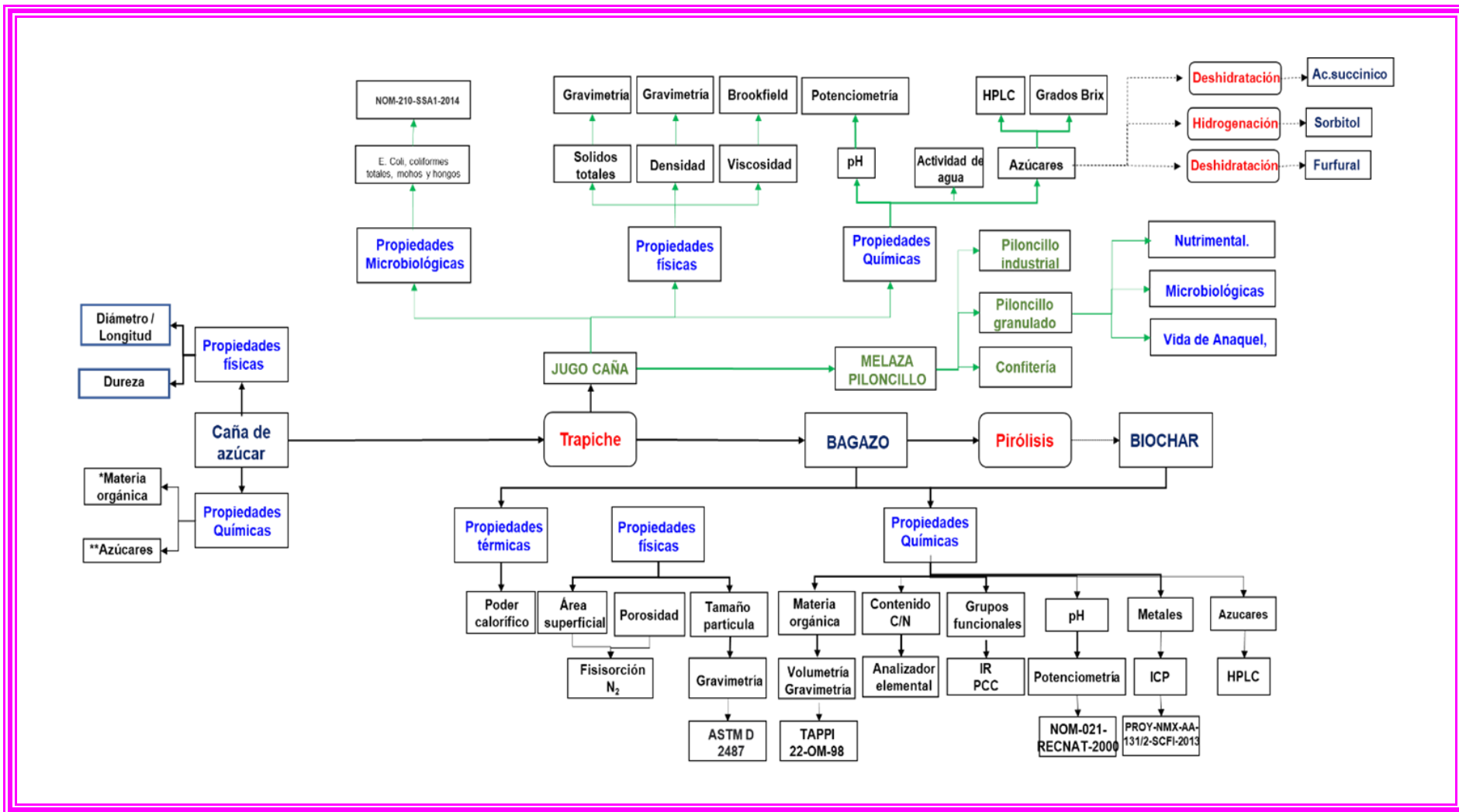


Figura 4. Diagrama de análisis de los productos del sistema caña de azúcar - piloncillo  
Fuente: Palomo González y col., 2023



Complementariamente, las caracterizaciones de la materia prima, subproductos, productos y residuos del sistema productivo caña de azúcar – piloncillo, genera información necesaria para capacitar al productor o a miembros de un equipo técnico, en el entendimiento, descripción, operación y optimización de los procesos productivos. También facilita el desarrollo de nuevos procesos y productos que diversifican las opciones de comercialización y el beneficio económico para la comunidad.

Los protocolos de cada una de las caracterizaciones referidas en la figura 4 se pueden consultar en la obra “Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar – piloncillo” de Palomo González y col. (2023). Para la implementación de estas técnicas o para la realizar los análisis de muestras, los productores pueden contactar el equipo de trabajo del proyecto PRONACES 321073 en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y en la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.

## **5.2. Características de los principales productos**

Las características distintivas de la materia prima, intermediarios, subproductos y principales productos en sistema caña de azúcar – piloncillo se describen a continuación de forma ilustrativa.

### **5.2.1. Materia prima**

- **Caña de azúcar**

Una de las principales variedades de caña de azúcar que se cultiva en las comunidades piloncilleras Tének alrededor de Tanlajás es la MEX-55. Físicamente, es una planta de tallos rectos y robustos, con una altura que puede superar los 3 metros y diámetros de 2 a 3.5 cm. Su color varía entre verde y amarillo en las zonas de menor madurez, mientras que en las partes maduras es de un tono marrón. En cuanto a sus características químicas, la variedad MEX-55 tiene un alto contenido de sacarosa, que es su principal componente, lo que la hace adecuada para la producción de azúcar. También posee un contenido notable de fibra (bagazo). Desde el punto de vista bromatológico, la caña MEX-55 es rica en carbohidratos, especialmente en forma de sacarosa, pero también contiene proteínas, vitaminas y minerales en menores cantidades, lo que le otorga un valor nutricional moderado. En términos microbiológicos, la caña de azúcar MEX-55 es susceptible a la presencia de microorganismos patógenos y benéficos. Puede ser atacada por bacterias y hongos que afectan su calidad y rendimiento. Entre los parámetros más importantes que determinan sus características y, en consecuencia, si la caña está a punto para

ser procesada son: las condiciones climatológicas durante el cultivo, el tipo y cantidad de fertilizantes, la época de corte, la edad de la caña y la madurez de la caña medida a partir del perfil de concentración de los azúcares en la caña, usualmente medidos a partir de los grados Brix.

### **5.2.2. Intermediarios**

- **Jugo de caña de azúcar**

El jugo de caña de la variedad MEX-55 presenta diversas características que varían según su composición y el proceso de extracción. Físicamente, el jugo es un líquido viscoso y de color amarillento o ligeramente marrón, dependiendo de su pureza y grado de madurez de la caña. En cuanto a las características químicas, el jugo es principalmente rico en sacarosa, con un contenido que puede superar el 15%, además de contener otros azúcares como glucosa y fructosa en menor cantidad. De hecho, un jugo de buena calidad en la zona de incidencia se caracteriza por contener de 18 a 22 grados °Brix. El jugo tiene un pH ligeramente ácido, generalmente entre 5.5 y 6.5. Desde un enfoque bromatológico, el jugo de caña es una fuente importante de energía debido a su alto contenido de carbohidratos, aunque también aporta pequeñas cantidades de proteínas, vitaminas como A, C, B1, B2, B3, B5, B6, y minerales como calcio, potasio y magnesio, hierro, cobalto, cobre, fósforo, manganeso y zinc, y una importante concentración de fitonutrientes y antioxidantes. En términos microbiológicos, el jugo de caña es susceptible a la contaminación por microorganismos como bacterias y hongos, debido a su alta humedad y la facilidad con que puede fermentarse si no se maneja adecuadamente. Esta microbiota puede afectar la calidad del jugo, generando alteraciones como la acidez o la fermentación no deseada si el proceso de extracción y almacenamiento no es óptimo. En términos de su procesamiento en el trapiche, es recomendable que la extracción del jugo ocurra en las 24 h después del corte de caña y que la conversión del jugo en piloncillo corre no más de 2 h después de su extracción. El rendimiento de la extracción del jugo depende, entre otros factores de la variedad y condiciones del cultivo, de la humedad o presencia de lluvia en el corte de la caña y de las características del trapiche usado en la extracción.

- **Melaza**

Durante la evaporación del agua, el jugo se concentra progresivamente hasta alcanzar la consistencia de una miel conocida como melaza, cuyas características dependen del proceso de concentración del jugo y de su composición. Físicamente, la melaza es un líquido denso, oscuro,

de textura viscosa y color que varía de marrón oscuro a casi negro, dependiendo de la cantidad de azúcares y otros compuestos presentes. El sabor de la melaza es dulce y agradable. En principio, cuanto más oscura sea la melaza más sabor y nutrientes tendrá. En términos químicos, la melaza tiene un alto contenido de azúcares (70 a 80% de sacarosa) y contiene de 2.5 - 4.5% de compuestos nitrogenados. Su contenido de proteína cruda normalmente es bajo y variable. Su pH suele ser ácido, generalmente entre 4.5 y 5.5, debido a la presencia de ácidos orgánicos. Desde una perspectiva bromatológica, la melaza es rica en carbohidratos, lo que la convierte en una fuente energética significativa, pero también contiene minerales como calcio, hierro, magnesio, potasio y fósforo, lo que le otorga valor nutricional. Además, posee pequeñas cantidades de proteínas y vitaminas del complejo B. En el aspecto microbiológico, la melaza, al ser un producto concentrado y relativamente azucarado, es susceptible a la acción de microorganismos como levaduras y bacterias si no se maneja correctamente. Su alto contenido de azúcares y humedad facilita la proliferación microbiana, lo que puede llevar a fermentaciones indeseadas o al desarrollo de patógenos si las condiciones de almacenamiento no son adecuadas.

### **5.2.3. Subproductos**

- **Bagazo de caña de azúcar**

Es el subproducto generado durante la extracción del jugo de caña en el molino conocido como trapiche. Físicamente, después de la extracción es un material fibroso y parcialmente seco ya que, en función de la eficiencia de extracción, puede contener una parte de la humedad y una fracción marginal del jugo de la caña de azúcar. Después, el bagazo se seca por exposición al sol, adquiriendo una textura más compacta, haciéndolo adecuado para emplearlo como combustible en el horno del trapiche. En cuanto a sus propiedades químicas, está compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, con bajos niveles de azúcares residuales (menos del 10%), lo que lo hace útil para generar múltiples productos de interés industrial a través de procesos de fermentación o termoquímicos. Bromatológicamente, su contenido de proteínas y minerales es bajo, pero tiene un alto contenido de fibra dietética que lo hace adecuado para alimentación animal, especialmente rumiantes. En cuanto a propiedades microbiológicas, el bagazo puede presentar bajas concentraciones de microorganismos patógenos debido a su proceso de secado, aunque es susceptible a la proliferación de hongos o bacterias si no se maneja adecuadamente, especialmente en condiciones de humedad.

- **Cachaza**

Es un residuo que se obtiene durante la clarificación del jugo de caña en la puntera. Por lo general, se colecta de un 3 a 5 % de cachaza por tonelada de caña procesada; esta cantidad depende de la variedad de la caña, de las condiciones de cultivo y corte de la caña, de la extracción del jugo de caña y del procedimiento de clarificación. Físicamente, es un líquido viscoso y de color oscuro, debido a su alto contenido de azúcares y otros compuestos disueltos del jugo de caña. Químicamente, contiene sacarosa, glucosa, fructosa, y una cantidad significativa de minerales como calcio, magnesio, potasio y fósforo, lo que le confiere un valor como fertilizante orgánico. Bromatológicamente, la cachaza tiene un contenido elevado de carbohidratos y agua, pero un bajo contenido proteico, lo que la hace útil en la alimentación animal como suplemento energético. Sin embargo, su alta carga orgánica puede hacerla susceptible a la proliferación de microorganismos, especialmente bacterias lácticas, levaduras y hongos, que pueden generar problemas de fermentación si no se maneja adecuadamente.

#### **5.2.4. Productos**

- **Piloncillo granulado**

Es uno de los productos principales del proceso de evaporación de agua del jugo de caña de azúcar y presenta una serie de características que lo hacen un producto único, neutral y nutritivo. Físicamente, el piloncillo granulado es un sólido cristalino de color marrón oscuro, que se forma a partir de la evaporación y concentración del jugo de caña. Tiene una textura granulada o arenosa, dependiendo del proceso de cristalización y molienda al que se haya sometido. En cuanto a sus características químicas, el piloncillo conserva un alto contenido de sacarosa, que es su principal componente, además de glucosa y fructosa en menor cantidad. Su pH es ligeramente ácido, generalmente entre 5.5 y 6.5, lo que es característico de los productos derivados de la caña de azúcar. Desde un enfoque bromatológico, el piloncillo granulado es una fuente importante de energía debido a su alto contenido de carbohidratos, especialmente azúcares, pero también aporta minerales esenciales como calcio, hierro, magnesio y potasio. Además, contiene pequeñas cantidades de vitaminas del complejo B. En términos microbiológicos, el piloncillo granulado, al ser un producto deshidratado y de bajo contenido de agua, es menos susceptible a la contaminación microbiana en comparación con el jugo o la melaza. Sin embargo, puede ser vulnerable a hongos o levaduras si no se almacena

correctamente, ya que las condiciones de humedad y temperatura pueden favorecer su proliferación.

### 5.3. Calidad del piloncillo granulado

De forma práctica, las características del jugo de la caña, las condiciones de operación del proceso y las características del piloncillo granulado determinan, en gran medida, la calidad del producto final, su potencial de comercialización y el gusto preferente de parte los consumidores.

De esta forma, los análisis del jugo de caña y del piloncillo deben ser un referente para ponderar la calidad del proceso. Los análisis mas representativos para el jugo de caña y el piloncillo se realizaron de acuerdo a las siguientes técnicas o normas:

- Humedad: Técnica AOAC 930.15, 2000
- Grados brix: Técnica AOAC 925.23
- pH: Técnica AOAC 943.02.
- Actividad de agua NOM-051-SCF1/SSA1-2010
- Azúcares reductores NOM-051-SCF1/SSA1-2010
- Carbohidratos totales NOM-051-SCF1/SSA1-2010
- Grasas: NOM-051-SCF1/SSA1-2010.
- 

Las tablas 6 y 7 incluyen un ejemplo característico de los resultados de la caracterización muestras de jugo de caña y de piloncillo granulado, granulado de una variedad de caña MEX 55.

**Tabla 6 Ejemplo del análisis de jugo de caña de la variedad de caña MEX 55**

Propiedad	Jugo de Caña
Grados Brix @ 26.6 °C	24.20 ± 0.14
Grados Brix @ 40 °C	24.33 ± 0.35
pH	5.39 ± 0.01
Actividad de Agua	0.95 ± 0.00
Viscosidad @ 26.6 °C, 75 rpm (cp)	17.18
Viscosidad @ 40 °C, 75 rpm (cp)	10.725
Densidad (g/mL)	1.12
Humedad (%)	73
Azúcares Reductores (%)	2.00 ± 0.00
Carbohidratos totales (%)	22.86 ± 4.95
Cenizas	0.21 ± 0.05
Grasa	0.27 ± 0.12
Proteínas	Negativo

**Tabla 7 Ejemplo del análisis de piloncillo granulado de la variedad de caña MEX 55**

Humedad (%)	5.60 ± 2.12
Grados Brix (°Brix)	13.47 ± 0.06
pH	5.63 ± 0.02
Actividad de agua	0.45 ± 0.03
Azúcares reductores (%)	4.0 ± 0.29
Carbohidratos totales (%)	88.75 ± NA
Grasas (%)	0.20 ± NA

Complementariamente, para el caso del piloncillo granulado se realiza el análisis microbiológico a partir de las NOM-092-SSA1-1994, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994. Esta información es crucial para determinar la calidad del piloncillo y hacer inferencias sobre la higiene del procesamiento del producto terminado.

**Tabla 8 Ejemplo del análisis microbiológico de piloncillo granulado**

Caracterización	Valor		
	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	$\bar{x}$ UFC/g
Organismos Mesófilos Aerobios (OMA)	2	1	1.5 X10 <sup>2</sup>
Organismos coliformes totales (OCT)	<100	<100	<100
Hongo y Levaduras (HyL)	1	<100	1.0 X10 <sup>2</sup>

Además, para el piloncillo granulado, se puede hacer la evaluación de la distribución de la partícula mediante la NMX-F-596-SCFI y el análisis sensorial (propiedades organolépticas) a partir de PROY NMX-F-596 SCFI-2015 en el cual se evalúa el aspecto, el color y olor del piloncillo.

**Tabla 9 Ejemplo del análisis de distribución de tamaño de partícula y análisis sensorial del piloncillo granulado**

Caracterización	Valor
Diámetro medio (in)	0.043 ± NA
Color	Café claro
Olor	Característico
Aspecto	Granulado irregular

En general, los resultados antes referidos ilustran que los parámetros físicos, químicos, bromatológicos y microbiológicos de las muestras de piloncillo granulado analizadas cumplieron

satisfactoriamente el rango proyectado en las normas para un productos de este tipo. Así mismo, las características organolépticas fueron aceptables, de acuerdo con el proyecto de norma. Estos resultados validan que el proceso de producción sugerido es viable para la obtención de piloncillo granulado con la calidad para ser comercializado competitivamente en cualquier mercado.

Se hace mención que el color y sabor de algunos lotes de piloncillo granulado obtenidos por los grupos productores de piloncillo granulado participantes en el proyecto son ligeramente distintos. Esto se debe a factores que no se pueden regular como la variedad de caña y sus características al corte, así como a otros factores que se pueden homologar, como las condiciones del proceso de producción. La oportuna atención de estos tipos de factores permite implementar estrategias para asegurar una calidad más homogénea de los productos y, en consecuencia, para favorecer la comercialización del producto en condiciones preferentes a las actuales. Una serie de recomendaciones para mejorar la homogeneidad se incluyen en resultados complementarios del equipo de trabajo PRONACES 321073 y se pueden consultar con los responsables del paquete tecnológico.

Es conveniente hacer notar que un aspecto muy importante es que la calidad del piloncillo se mantenga estable a lo largo del tiempo de vida de anaquel (o vida útil). Para verificar la estabilidad de la calidad se deben hacer periódicamente análisis microbiológico y las pruebas sensoriales. El aspecto mas crítico para extender la vida de anaquel del piloncillo granulado es cuidar que no esté expuesto a la humedad para evitar el crecimiento de microorganismos o la alteración en su textura. Por supuesto, las características del envasado y el almacenamiento también afectan la vida útil; en las primeros lotes de producción es importante evaluar las condiciones de humedad y temperatura en el almacenamiento 'ara evaluar el efecto de estos factores en la estabilidad. Esto es particularmente necesario porque en la zona de incidencia la temperatura puede llegar arriba de los 40 C y la humedad mayor al 75%. Estas condiciones pueden requerir que el envasado se haga en bolsas plásticas y/o envases herméticos. Otros aspectos importantes son determinar si el piloncillo granulado mantiene su valor nutricional, así como validar la estabilidad del azúcar para ver si no cristalizó o hubo un cambio en la textura.

#### **5.4. Periodicidad de los análisis**

Con base a lo antes expuesto, las caracterizaciones del jugo de caña y del piloncillo granulado se deben realizar:

- Al establecer el procedimiento de producción sugerido por el paquete tecnológico.
- Al inicio de la temporada de producción (noviembre / diciembre).

- Antes de terminar la temporada de producción (abril / mayo).
- Al preparar una muestra para clientes potenciales.
- Cuando se revisa la estabilidad de las características organolépticas de los productos, por ejemplo, después de estar almacenados 6 meses.

### **5.5. Beneficios adicionales de las caracterizaciones para los productores**

Para los productores, los beneficios de una adecuada caracterización de la materia prima, intermediarios, subproductos y productos del sistema productivo caña de azúcar-piloncillo se listan en las tablas 9 - 12. De forma general, en el marco de este paquete tecnológico, los beneficios de las caracterizaciones para el productor son los siguientes:

- El aprovechamiento integral del sistema caña – piloncillo, para obtener los mayores rendimientos en producción de jugo de caña y piloncillo.
- La identificación de áreas de oportunidad para la optimización de los actuales procesos de producción artesanal de piloncillo.
- La implementación de sistemas de higiene y calidad para mejorar el piloncillo y facilitar su comercialización a mayor costo.
- Busca minimizar costos y tiempos en el proceso de producción del piloncillo, lo que beneficia y da mayor comodidad al productor.



**Tabla 9. Técnicas de caracterización de la CAÑA DE AZÚCAR**

*Etapa de corte de la caña de azúcar*

Propiedades Físicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedad de la caña.</li> <li>• Edad al corte.</li> <li>• Madurez.</li> <li>• Rendimiento de concentración de azúcar</li> <li>• Agua de riego requerida</li> <li>• Atención oportuna de enfermedades y plagas.</li> <li>• Limpieza y separación de la caña que pueda estar dañada.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DIMENSIONAMIENTO: LONGITUD DE LA CAÑA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madurez de la caña.</li> <li>• En su caso, efecto de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Factores climatológicos.</li> <li>○ Uso de fertilizante orgánico.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DIMENSIONAMIENTO: DIÁMETRO DE LA CAÑA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar la distancia de los rodillos del trapiche: rendimiento de extracción de jugo.</li> </ul>

*Etapa de Molienda de la caña de azúcar*

Propiedades Físicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PESO DE LOTE DE CAÑA DE AZÚCAR</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación de la cantidad de caña a procesar.</li> <li>• Rendimiento de producción de jugo de caña.</li> <li>• Rendimiento de producción de piloncillo.</li> <li>• Estimación de costos de producción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PESO DE JUGO DE CAÑA DE COLECTADO.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con el rendimiento de producción de jugo de caña y la producción de piloncillo.</li> <li>• Estimación de costos de producción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PESO DE BAGAZO Y FIBRAS RESIDUALES.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de bagazo generado en el proceso:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Disponibilidad de combustible para el horno.</li> <li>○ Búsqueda de aplicaciones alternativas para el bagazo.</li> </ul> </li> </ul>

\* Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar–piloncillo”, Palomo González y col., 2023.

**Tabla 10. Técnicas de caracterización del JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR**

Propiedades Físicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DENSIDAD</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Separación de contaminantes físicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Piedras, tierra, insectos, fibras, etc.</li> </ul> </li> <li>• <b>Punto de referencia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La densidad se modifica en función del tiempo y aumento de la temperatura.</li> <li>○ Concentración de sacarosa</li> </ul> </li> </ul>
Propiedades Químicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DETERMINACIÓN DE AZÚCARES POR HPLC</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Relación entre producción de piloncillo y concentración de sacarosa.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dosificar la adición de cal para neutralizar el jugo de caña.</b></li> <li>• <b>Facilitar la precipitación de sólidos suspendidos.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GRADOS BRIX</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Correlacionar la concentración de azúcar con:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Madurez de la caña.</li> <li>○ Estación de corte</li> <li>○ Factores climatológicos: lluvia o sequía.</li> </ul> </li> <li>• <b>Relación entre producción de piloncillo y concentración de sacarosa</b></li> </ul>
Propiedades microbiológicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>BACTERIAS, MOHOS Y LEVADURAS.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Indicación del grado de descomposición del jugo.</b></li> <li>• <b>Mejorar la higiene en el proceso de extracción.</b></li> </ul>

\* Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar–piloncillo”, Palomo González y col., 2023.

**Tabla 11. Técnicas de caracterización del PILONCILLO**

Propiedades Físicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>HUMEDAD</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mejorar condiciones de operación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Punto: piloncillo.</li> <li>○ Formación de boronas.</li> <li>○ Conservación del producto terminado</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (GRANULOMETRÍA)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mejorar condiciones de operación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Formación de boronas.</li> <li>○ Molienda y tamizado.</li> <li>○ Solubilidad del piloncillo.</li> </ul> </li> </ul>
Propiedades Químicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adición de cal para neutralizar el jugo de caña.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GRADOS BRIX</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración final de sacarosa en el piloncillo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades y calidad del piloncillo.</li> <li>• Etiqueta de producto.</li> <li>• Comercialización</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ACTIVIDAD DE AGUA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación del producto terminado: evitar propagación cultivos microbianos.</li> <li>• Sistema de envasado y almacenaje adecuado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CONTENIDO DE METALES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del piloncillo.</li> <li>• Etiqueta de producto.</li> </ul>
Propiedades microbiológicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>BACTERIAS, MOHOS Y LEVADURAS.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicación del grado de descomposición del piloncillo.</li> <li>• Mejorar la higiene en el proceso de producción.</li> </ul>
Propiedades bromatológicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AZÚCARES REDUCTORES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de piloncillo.</li> <li>• Información de la etiqueta del producto.</li> <li>• Beneficios en salud del consumo de piloncillo.</li> <li>• Promover la comercialización.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CARBOHIDRATOS TOTALES</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DETERMINACIÓN DE GRASAS</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VIDA DE ANAQUEL</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el tiempo de conservación de propiedades físicas y químicas del piloncillo.</li> <li>• Fecha de consumo preferente.</li> <li>• Etiqueta de producto.</li> </ul>

\* Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar–piloncillo”, Palomo González y col., 2023.

**Tabla 12. Técnicas de caracterización del BAGAZO DE CAÑA\***

Propiedades Químicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DETERMINACIÓN DE EXTRAÍBLES, HEMICELULOSA, CELULOSA Y LIGNINA.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diversificación de la aplicación de bagazo de caña:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fertilizante orgánico.</li> <li>○ Obtención de productos químicos como aditivos alimentarios.</li> <li>○ Biochar (carbón vegetal).</li> </ul> </li> </ul>
Propiedades térmicas	Aplicaciones para el productor:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CALORIMETRÍA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Relación de la cantidad de bagazo y tiempo de cocción del jugo.</b></li> <li>• <b>Optimización del uso de bagazo como combustible.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DESORCIÓN POR TEMPERATURA PROGRAMADA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diversificación de la aplicación de bagazo de caña:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Biochar</li> </ul> </li> </ul>

\* Caracterización integral de materias primas y productos del sistema caña de azúcar–piloncillo”, Palomo González y col., 2023.

## **5.6. Datos de contacto para las caracterizaciones**

Para que un productor tenga los beneficios de las caracterizaciones referidas en la sección anterior, es conveniente que establezca una vinculación o un trabajo colaborativo con instituciones educativas que tengan las instalaciones, el equipo y el personal habilitado para realizar los análisis necesarios. Además, se reconoce la pertinencia que las instituciones tengan el compromiso y/o la responsabilidad social de contribuir al desarrollo de las unidades productiva rurales, para cerrar un círculo que permita detonar la productividad y calidad de procesos y productos artesanales en las unidades productivas piloncilleras.

El enfoque de vincularse con instituciones educativas es conveniente para reducir los costos implicados en los análisis en laboratorios comerciales certificados, que ofrecen este servicio en diferentes estados del país.

En el marco de este paquete tecnológico, los productores pueden recibir asesoría y apoyo de parte de:

Dr. Marco A. Sánchez Castillo, MC Ma. del Refugio Pérez Barba, MC Ma. Alicia de Anda Salazar.

Planta Piloto de Alimentos

Facultad de Ciencias Químicas - UASLP

Manuel Nava 6, Z. Universitaria.

San Luis Potosí, Luis Potosí, S. L.P., 78210

Correo: [masanchez@uaslp.mx](mailto:masanchez@uaslp.mx)



## **6. INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD**

La productividad se define como la cantidad de piloncillo obtenida por unidad de tiempo. En el trapiche, generalmente se expresa como kilogramos de piloncillo por jornada de trabajo. La productividad es una medida de la eficiencia del proceso y determina el potencial de escalamiento de producción de piloncillo granulado en un trapiche artesanal. En el marco de este paquete tecnológico y tomando en cuenta las etapas de procesamiento que típicamente sigue un productor de la zona de incidencia, la referencia para estimar la productividad se evalúa desde el corte de caña de azúcar hasta el empaquetado del piloncillo granulado.

### **6.1. Factores que determinan la productividad**

Con base a lo anterior, la productividad queda determinada por múltiples factores, entre los más importantes:

- La calidad del jugo de caña.
- El tiempo invertido en cada etapa del proceso.
- La tecnología los equipos y accesorios, así como el mobiliario disponible en el trapiche.
- Los recursos disponibles, entre ellos, agua y energía.
- La experiencia y habilitación del productor y, de ser el caso, de los ayudantes.

De forma relevante, por la forma de pensar, las costumbres y las necesidades de los productores locales, la productividad también queda condicionada, por ejemplo, por la frecuencia de trabajo en el trapiche a lo largo de la semana. Esta frecuencia de operación, a su vez, está determinada por factores como la necesidad del productor de tener un ingreso al día, la garantía que les comprarán el producto al final de la jornada, y a la forma en la que gestionan o administran el cultivo, que determina la maduración de la caña para el corte, ya que por lo general proyectan su cultivo para tener caña de forma extendida a lo largo de año.

### **6.2. Escenarios de productividad en la zona de incidencia**

Para establecer una referencia, la productividad de piloncillo granulado en un trapiche representativo de la zona de incidencia se puede establecer con base en la siguientes suposiciones.

- Operación realizada por un micro-productor de caña de azúcar con:
  - Un terreno de cultivo propio, a una distancia del trapiche menor a 300 m.
  - Extensión de cultivo 1 ha o menor.

- Producción anual de caña: 100 (90 – 110) ton/ha.
- La secuencia de producción de piloncillo granular referida en la figura X de este paquete tecnológico
- Un trapiche equipado con 1 molino, 1 puntera y 1 horno convencionales, así como los accesorios y mobiliario mínimos indispensables.
  - Cantidad de caña procesada por lote: 450 kg/lote
  - Cantidad de jugo colectada por lote: 180 L/lote (202 kg/lote)
  - Cantidad de bagazo colectada por lote: 248 kg/lote
  - Cantidad de piloncillo granulado producido por lote: 30 kg/lote
  - Precio de piloncillo: \$35.00/kg

Este precio es muy variable y oscila de 22 a 35 pesos por kg. En este caso, se considera el mejor escenario del precio de venta, que ocurre en los dos primeros meses de la temporada de alta de producción (noviembre -diciembre).

De acuerdo con las prácticas realizadas en campo, el tiempo total de producción de un lote de piloncillo granulado es de aproximadamente 12 h. Con base a lo anterior, algunos de los horizontes de producción en un trapiche convencional como el referido, se indican en la tabla 13.

**Tabla 13 Número de lotes de producción de piloncillo artesanal por semana**

<b>TRAPICHE 1 PUNTERA - 1 HORNO</b>									
<b>Tiempo estimado de producción: 12 h</b>									
# Operadores	# Ayudantes	# de lotes de producción por semana							# lotes por semana
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Productor	0	0	1	1	0	1	1	0	4
Productor + 1 ayudante	1	1	1	1	1	1	1	0	6
Productor + 2 ayudantes	2	1	2	1	2	1	2	0	9

La tabla 13 refleja que un productor de la zona de incidencia produce 4 lotes por semana. En estas condiciones, la productividad de 120 kg/sem. Con base a lo indicado, en las actuales condiciones de operación, esta productividad se puede incrementar a 180 kg/sem o a 270 kg/sem, si el productor cuenta con el apoyo de 1 o 2 ayudantes, respectivamente. Es evidente, que el incremento de productividad está acoplado al uso de una mayor cantidad de caña de azúcar y al



pago de jornales del o los ayudantes. Estos factores van en detrimento, respectivamente, del tiempo de procesamiento requerido para usar la caña disponible anualmente en el terreno del productor y de los ingresos brutos obtenidos por el productor después del pago a ayudantes. Estas condiciones se ejemplifican en la tabla 14.

**Tabla 14 Productividad por semana, ingresos brutos mensuales y meses necesarios para procesar la cantidad de caña disponible en el caso de estudio considerado.**

# Operadores	Caña necesaria semanalmente kg/sem	Productividad semanal kg/sem	Ingresos brutos para el productor \$ / mes	Tiempo para para procesar 100 ton caña (1 ha) (Meses)
Productor	1,800	120	\$ 16,800.00	13.9
Productor + 1 ayudante	2,700	180	\$ 19,200.00	9.3
Productor + 2 ayudantes	4,050	270	\$ 25,800.00	6.2

### **6.2.1. Un productor independiente trabajando 4 días por semana**

La Tabla Y indica que un productor que trabaja solo 4 lotes por semana, procesa 1,800 kg/sem de caña, produce 120 kg/sem de piloncillo granulado, tiene un ingreso bruto mensual de \$16,800 pesos y le llevaría poco más de un año procesar la caña potencialmente disponible en su terreno. Claramente, la operación en estas condiciones implica que el productor no aprovecha toda la materia prima disponible.

### **6.2.2. Un productor con un ayudante trabajando 6 días por semana**

En el segundo escenario, el productor cuenta con el apoyo de un ayudante, aumenta la producción a 180 kg/sem de piloncillo, los ingresos brutos se elevan a \$19,200 (ya descontado el pago del ayudante) y le lleva poco más de 9 meses procesar la caña potencialmente disponible. Este es un escenario característico de los productores de la zona de incidencia, salvo la situación que varios productores no pagan el ayudante e implican en el proceso productivo a su cónyuge, a los niños o a los adultos mayores.

### **6.2.3. Un productor con dos ayudantes trabajando 6 días por semana**

El tercer escenario propuesto sugiere que, si un productor cuenta con dos ayudantes, la productividad semanal se incrementa a 270 kg, los ingresos brutos mensuales a \$19,200 pesos y el tiempo de procesamiento de caña disminuye a 6 meses. Este escenario no es considerado

actualmente por los productores, entre otros factores, porque no tienen la certeza de comercializar 270 kg por semana y/o no tienen la liquidez para pagar al día a los ayudantes. Los productores indican que este ritmo de trabajo les impide también hacer las acciones de gestión de comercialización y sus demás tareas familiares. Este reto para los productores fue estudiado por el equipo de trabajo y en la sección de emprendimientos social se detallan algunas estrategias para promover este escenario de productividad, que implica entre otros:

- El trabajo en equipo de los productores.
- El acopio de producto entre productores con el mismo proceso productivo.
- Acciones de comercialización directa del producto en el mercado.

### **6.3. Estrategias técnicas para mejorar productividad en los trapiches actuales**

En el marco del desarrollo del paquete tecnológico, se analizaron y estudiaron diversos aspectos técnicos que pueden ayudar a mejorar la productividad del piloncillo, para la configuración del trapiche actualmente usada en la zona de incidencia. Estas estrategias se indican de forma general a continuación y se pueden discutir a detalle con el equipo de trabajo del proyecto PRONACES 321073.

- *Optimización del proceso y aumento de productividad en el trapiche:*
  - Aumentar la capacidad de extracción de jugo (reducir el tiempo de extracción)
    - Uso de con el ajuste de apropiado de rodillos
    - Mantenimiento de los trapiches
- *Mejoras en el proceso de evaporación: Energía*
  - Mejorar la transferencia de calor en la evaporación
    - Hornos mejor diseñados
    - Ajustes en la geometría y dimensiones de la puntera
  - Eliminación de las impurezas del jugo para reducir temperatura de operación.
- *Control del punto de término*
  - Complementar las técnicas tradicionales con otras alternativas tecnológicas, garantizando la calidad del producto y evitando la sobre-cocción del jugo.
- *Aumento en la productividad, logrando uniformidad en la calidad del producto de distintos productores.*
- *Optimización de servicios: energía*

Promover energías alternativas que permitan contar con iluminación para horarios extendidos de trabajo y de condiciones de trabajo más confortables.

Reutilizar el calor residual de los hornos en el proceso y para generación de electricidad.

- *Capacitación / Habilitación de recursos humanos*

Capacitación y/o desarrollo de habilidades de productores y ayudantes para la operación eficiente del proceso, para que reducir los tiempos muertos y reducir los riesgos y errores en el procesos.

Indirectamente, inducir la alternativas de aprovechamiento de intermediarios y residuos del proceso de producción de piloncillo granulado.

#### **6.4. Estrategias técnicas para mejorar productividad a mediano plazo**

Las estrategias técnicas para incrementar la productividad de piloncillo granulado que demandan notorios ajustes en el trapiche en términos técnicos y logísticos se podrán realizar a mediano plazo, en la medida que el propio productor o programas públicos aporten las inversiones económicas necesarias, en el marco de una política pública que facilite el desarrollo y la consolidación de una cadena productiva de piloncillo granulado, con beneficios preferentes para el productor. Algunas alternativas más viables para detonar la productividad en un Trapiche artesanal son:

- *Drástica reducción del tiempo de evaporación y enfriado con adecuación de tecnología comercial ya disponible.*
- *Transición del proceso de lote en los trapiches actuales a uno de semi-lote y/o “continuo” en el mismo trapiche.*
- *Extensión del trapiche convencional a una pequeña micro-biorrefinería rural.*



## **7. FORMACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTORES**

Las estrategias de capacitación de productores en la producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible también se desarrollaron en el proyecto PRONACES 321073. Inicialmente, las estrategias tenían un enfoque mayoritariamente académico que evolucionó al incorporar los resultados de los diagnósticos comunitarios proceso y en la medida que se optimizaron los procesos transferencia de saberes entre productores y académicos, que permitió un proceso de comunicación más directo, claro y continuo, propiciando realmente el intercambio de ideas productivas. En su etapa subsiguiente del proyecto PRONACES surgió un modelo interdisciplinar en el cual se establecieron elementos comunes para los procesos de capacitación técnica y social. De esta forma, el modelo permite difundir de forma más integral y eficiente los conceptos de:

- El proceso productivo caña de azúcar – piloncillo.
- Valorización de recursos naturales y residuos de las unidades productivas.
- Uso de ecotecnologías en las unidades productivas y viviendas.
- La sostenibilidad y el emprendimiento social vectores para el desarrollo económico y social.
- El desarrollo personal, familiar y comunitario para empoderar a los miembros de la comunidad.

El modelo de capacitación interdisciplinar tiene definidas una serie de premisas para establecer los modelos educativos más pertinentes para los procesos de capacitación, incluyendo enfoques pedagógicos, estrategias de enseñanza, incidencia y evaluación, así como los programas temáticos propios de la línea de acción que se atiende. Además, el modelo establece las alternativas para que estos planteamientos sean revisados y comentados por especialistas de organizaciones del sector público y privado con experiencia en procesos de capacitación rural. La implementación o ejecución de las acciones de capacitación de los productores en campo están sujetos a procesos de seguimiento y evaluación, que permitan dar retroalimentación a todos los actores del proceso: productores y capacitadores. La evaluación del impacto de los procesos de capacitación ha sido mayormente cualitativa, pero se deberá evolucionar a una evaluación más cuantitativa de la capacitación de los productores, la contar con espacios comunes y públicos, en los cuales los productores podrán mostrar su habilitación en los diferentes paquetes tecnológicos y su potencial para integrarse a una cadena de comercialización de sus productos artesanales en mercados alternativos al actual.

El modelo interdisciplinar se utilizó para para dos grandes áreas de capacitación de los productores en el marco del proyecto PRONACES:

- 1) Formación en los paquetes tecnológicos desarrollados.
- 2) Formación en emprendimiento social.

### **7.1. Formación de productores en el paquete tecnológico**

De forma operativa, entre las alternativas evaluadas, la opción preferente para el proceso de formación de productores en el paquete tecnológico son los talleres demostrativos en campo. En este caso, las actividades se realizan en grupos de 10 – 30 personas. El taller puede ser solamente teórico, pero es mejor teórico/práctico. Para ello se sugiere realizar el registro previo de los participantes, para conocer su perfil e intereses. El taller se inicia con la descripción de los definir los objetivos de las capacitación y de las actividades a realizar para conseguir la metas. Además, se realiza un sondeo sobre el conocimiento de los asistentes sobre el tema. Por lo general, se cuenta con un pizarrón, pantalla o rotafolio, para escribir/documentar las ideas que van surgiendo a lo largo del taller. De ser posible, el taller se acompaña de la proyección de imágenes y se proyectan videos de acciones de campo del grupo de trabajo o de información útil reportada en la literatura. Cuando el taller es teórico/práctico, el 20% del tiempo se usa para la revisión de conceptos y el resto para la diversas acciones prácticas. Por lo general, el tema se desarrolla por módulos. Al finalizar cada módulo, se recapitula el tema tratado y se acuerda grupalmente sobre las conclusiones o avances logrados.

En este caso los productores específicamente interesados en implementar el paquete tecnológico en sus trapiches, el taller incluye la demostración de conceptos, herramientas o prototipos incluidos en el paquete, que en la zona de incidencia se puede realizar de dos formas diferentes:

- En la unidad demostrativa del paquete, en este caso instalada en el Centro de Innovación para la Valorización Sostenible de Residuos y Energías Renovables” (CIVASORER), con sede en Tanlajás, S.L.P.
- En el trapiche del productor.

En estas dinámicas los elementos más distintivos incluyen:

- la revisión del entendimiento de protocolos,
- la definición de roles,

- la verificación de la disponibilidad de caña de azúcar y bagazo apropiados,
- la revisión del conocimiento y operación de equipos y accesorios,
- la verificación de los servicios necesarios,
- la revisión de los tiempos implicados,
- la ejecución práctica del protocolo,
- la discusión de las etapas del proceso,
- la toma de datos y registro en bitácoras,
- la discusión de los retos que surgen y de los resultados parciales,
- la propuesta y análisis de alternativas,
- la toma de decisiones,
- la evaluación de los parámetros de rendimiento,
- la apropiada gestión de los residuos generados
- la limpieza del espacio al finalizar la práctica.

En el caso del taller en la unidad demostrativa, se cuentan con los equipos, accesorios y servicios para el desarrollo de una práctica, de la cual se tienen ya resultados previos, que son útiles para contrastar la eficiencia de la práctica y la habilitación de los productores para replicar procesos y resultados, y para determinar el nivel de productividad y calidad alcanzados en condiciones estándar. En este caso, el mayor reto es el traslado de la caña de azúcar y bagazo a la unidad demostrativa.

En el caso del taller en el trapiche del productor, se invita también a un número acotado de otros productores o personas de la comunidad. En esta alternativa se facilita el intercambio de experiencias con el productor anfitrión y sus invitados, quienes recibe una instrucción más personalizada, resolviendo sus dudas específicas y compartiéndoles sugerencias que les faciliten la optimización de su proceso. Esta alternativa genera más confianza al productor y es una opción que permite plantear pequeños retos al productor para evaluar su nivel de entendimiento y/o habilitación práctica. La validación de las propuestas de solución que hacen los productores y el reconocerles las mismas, incentiva y empodera a los productores.

## **7.2. Formación de productores en emprendimiento social**

Las comunidades piloncilleras Tének de la Región Huasteca en San Luis Potosí son importantes productores a nivel nacional. Sin embargo, a pesar de su dedicación al trabajo, viven en drásticas condiciones de marginación social y económica, que impiden el favorable desarrollo

de sus pequeñas unidades productivas agroindustriales y el bienestar de sus familias. El actual paquete tecnológico coadyuva a la optimización de las prácticas artesanales de manufactura para incrementar la productividad y la calidad de los productos de piloncillo. Sin embargo, históricamente, el principal reto de los micro y pequeños productores es que la comercialización de sus productos artesanales se realiza a través de intermediarismo injusto, que es difícil de evitar por diversos factores, entre otros: la baja calidad del producto, la falta de canales de comercialización de los productos directamente con los clientes del mercados a nivel regional, nacional e internacional, la falta de integración de los productores para trabajar colectivamente y la falta de confianza y liderazgo de los miembros de la comunidad para gestionar sus propias soluciones. Es evidente que la solución al desafío del intermediarismo permitirá a los micro-productores obtener mayores beneficios económicos y, en consecuencia, tener mejores escenarios de desarrollo y bienestar para sus familias.

En este escenario, las acciones de diagnóstico comunitario en las comunidades piloncilleras Tének mostraron su interés por ganar confianza y empoderarse para independizarse del intermediarismo, así como para participar en procesos de integración de productores para fomentar la creación de negocios o empresas rurales a través de las cuales se obtengan beneficios directos en su economía. Para atender esta necesidad, en el proyecto PRONACES 321073 se propuso un enfoque de Emprendimiento Social como primera alternativa para que los productos artesanales de las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina se puedan comercializar directamente en el mercado. En la práctica, se desarrolló un modelo de capacitación en emprendimiento social dirigido a jóvenes, mujeres y micro-productores de las comunidades piloncilleras Tének de la Huasteca Potosina. El modelo de capacitación en emprendimiento tiene los siguientes elementos distintivos:

- La definición de las necesidades de capacitación en emprendimiento a partir de los resultados de un diagnóstico comunitario, destacando un enfoque de género e inclusión.
- La documentación y análisis de las bases conceptuales y operativas del modelo en términos de programas y experiencias de capacitación en sistemas productivos rurales y de capacitación en emprendimiento social, a nivel local, nacional e internacional.
- La propuesta de un modelo educativo basado en el desarrollo de competencias de los participantes que favorece:
  - el desarrollo de competencias de los productores para incrementar la productividad y calidad del producto actual y para diversificar la carteara de productos,



- la asociatividad de los productores para optimizar procesos productivos y de comercialización,
- el desarrollo de capacidades de emprendimiento y de gestión,
- la selección de la estrategia y figura asociativa para la comercialización,
- el desarrollo de carteas de clientes y de marca comercial,
- la gestión propia de recursos.
- Un programa temático de capacitación que incluye conferencias, talleres y experiencias de campo.
- Estrategias de evaluación y retroalimentación, que faciliten la mejora continua del modelo de capacitación.
- La definición del perfil del instructor y la propuesta de manuales para el instructor.

El modelo de capacitación en emprendimiento social se considera inédito ya que identifica uno equivalente con el propósito de lograr la suma de potenciales de los jóvenes, mujeres y productores, de zonas rurales, enfatizando el valor y el empoderamiento de las personas y de la familia, como bases fundamentales para promover el desarrollo socioeconómico de la comunidad. El programa de capacitación en emprendimiento social se impartió a un grupo piloto de distintas comunidades de Tanlajás, S.L.P. En general, el programa de capacitación motivó en los participantes un mayor interés y compromiso en sus proyectos de emprendimiento. Sobre su nivel de habilitación, los emprendedores adquirieron claridad sobre los temas asociados a logísticas, trámites y costos implicados para consolidar, optimizar y escalar su proceso productivo, así como en los temas de productividad y la calidad de sus productos, la creación y desarrollo de una empresa rural, el desarrollo de carteras de clientes, la gestión de la marca y logotipo comerciales, las estrategias de mercadotecnia y la gestión propia de recursos, todo ello en un marco con sólido fundamento social. Los resultados del programa de capacitación en emprendimiento validaron la pertinencia de:

- valorizar las etapas críticas para garantizar la productividad y calidad del producto,
- diversificar la cartera de productos y, sobre todo,
- la comercialización de los productos artesanales de forma directa.

Así mismo, los resultados del modelo de capacitación enfatizan la pertinencia e impacto del el trabajo colaborativo entre los miembros de la comunidad para crear y desarrollar las empresas rurales a través de las cuales se comercialicen los productos artesanales.

En la práctica, el programa de capacitación en emprendimiento se desarrolla a base de pláticas de inducción, conferencias, clases magistrales, talleres e intercambio de saberes y

experiencias. Se promueve preferentemente la capacitación por medio de talleres por diferentes razones, entre ellas:

- es una experiencia de aprendizaje más interactiva y participativa,
- desarrolla habilidades prácticas,
- fomenta la colaboración y el intercambio de ideas entre los participantes
- tienen aplicación inmediata.

Los temas que forman parte del programa académico de la capacitación en emprendimiento se listan en la tabla 15.

**Tabla 15 Lista del temas y estrategias didácticas del programa de capacitación de emprendimiento social**

Número	Nombre del taller	Estrategia didáctica
1	¿Cuál es nuestro potencial productivo? -Cálculo de la capacidad de producción	Trabajo colaborativo
2	Buenas prácticas e inocuidad del proceso productivo-Trapiche Escuela.	Capacitación en el área de trabajo
3	E-commerce-comercio electrónico-Proceso de registro en Mercado Libre, posteo de fotografías de los productos en Instagram.	E-learning
4	Inocuidad alimentaria-Aplicación de la inocuidad alimentaria en casa o lugar de trabajo.	Capacitación en el área de trabajo
5	Nuevos productos-Elaboración de dulces, pan, mermeladas y ron a base de piloncillo.	Capacitación en el área de trabajo
6	Proceso de empaque-Empacado de piloncillo granulado, pilón y dulces en diferentes presentaciones.	Trabajo colaborativo
7	Etiquetado-análisis de las etiquetas de productos de piloncillo comerciales.	Trabajo colaborativo
8	Costos y precios-Determinación de costos de producción y precio de venta de sus productos.	Resolución de problemas
9	Fuentes de financiamiento-Revisión de una propuesta de apoyo económico al INPI e identificación de elementos.	Trabajo colaborativo
10	Figuras Asociativas-Formación de una SPR y cómo cubrir la demanda del cliente.	Juego de roles.
11	El Acta Constitutiva-Revisión de un acta constitutiva e identificación de sus elementos.	Juego de roles
12	La Marca y la percepción del cliente.	Resolución de problemas
13	La Marca-Identifica la clase del producto o servicio y determinación si la marca ya está registrada.	Trabajo colaborativo
14	Mercadotecnia: Realizando un comercial sobre tu marca.	Trabajo colaborativo

Mas recientemente, el equipo de trabajo de la UAM-Iztapalapa desarrolló 4 talleres adicionales que fueron impartidos a grupos piloto en Tanlajás, S.L.P:

- Fortalecimiento de Capacidades Asociativas Solidarias a Pequeños Productores Agroindustriales.
- Manejando mis cuentas.

- Elaboración de un Plan de negocio estratégico para mi negocio
- Estrategias efectivas para la venta de productos artesanales: ¿cómo vender mis productos"?

La capacitación en emprendimiento de los productores es una condición imprescindible para que los paquetes tecnológicos y/o las actividades productivas de los trapiches piloncilleros en la zona de incidencia se puedan capitalizar favorablemente en beneficio de los productores. Se hace notar que el programa de capacitación en emprendimiento es aplicable y/o ajustables a otros sistemas productivos rurales. Los detalles de cada uno de los talleres así como el apoyo para que sean impartidos en beneficio de los productores rurales de distintos sistemas productivos se pueden solicitar al grupo de trabajo en la UASLP y de la UAM-1

### **7.3. Cursos / talleres de capacitación técnica complementaria**

#### **7.3.1. Características generales**

Además del proceso de capacitación del paquete tecnológico, el grupo de trabajo propone cursos o talleres adicionales para profundizar la discusión de una etapa particular de un paquete tecnológico o para discutir otras temáticas necesarias para la justificación o adecuada gestión de los mismos.

Como se ha indicado, las premisas para los procesos de capacitación quedaron inicialmente sustentadas en los elementos de los modelos educativos de las instituciones educativas responsables del proyecto. La apropiada selección de estos elementos de planeación estratégica, pedagógicos y didácticos, que han mostrado ser pertinentes en la formación de recursos humanos de ambas instituciones, se enriquecieron con algunas de las tendencias nacionales e internacionales en las capacitaciones rurales, y con la incorporación de productores locales entrenados como capacitadores, que marca una notoria y favorable ventaja en los procesos de capacitación.

Por otra parte, el desarrollo de los cursos se ajusta a los días y horarios de trabajo de los productores a ser capacitados, a quienes en ocasiones se les dificulta asistir a procesos formativos que impliquen varias sesiones secuenciales. Por esta razón, es más pertinente que los cursos de capacitación se impartan en módulos únicos. Cuando es imperativo una secuencia en los cursos, los mismos deben ser modulares o flexibles, que se puedan tomar inclusive en diferente orden, para adaptarse a las disponibilidad de los productores.

En los cursos y/o talleres cortos, la experiencia del grupo de trabajo indica que se debe privilegiar el uso de materiales muy visuales. Por lo general, los productores no tienen el hábito de la lectura o de la revisión de la información como trípticos, volantes, o notas del curso. La experiencia muestra que en las zonas donde no hay electricidad es más exitoso el uso de infografías impresas en mantas y el diálogo dirigido de forma clara, sintético, con palabras simples y, de preferencia, siempre con el apoyo de los productores que hablan español-tének.

### **7.3.2. Propósitos de los cursos / talleres complementarios**

Los cursos / talleres de capacitación técnica complementaria contribuyen a:

- Resolver los problemas identificados por los productores.
- Desarrollar las capacidades para ejecutar los paquetes tecnológicos.
- Inducir el uso de ecotecnologías asociadas a energía en las unidades productivas y viviendas.
- Valorizar los residuos en esquemas de economía circular.
- Adaptar tecnologías a las realidades locales:

En particular, el proyecto PRONACES ha validado mejoras en diversas etapas de los procesos productivos en el trapiche con trabajo a nivel laboratorio y de simulación y, a continuación, se han transferido los resultados a campo con las limitantes propias de la zona de incidencia. En todo momento se cuida que los protocolos transferidos sean funcionales y cumplan con los estándares de las normas vigentes. En este ejercicio está implícito un ajuste o adecuación de las tecnologías, debido al equipo, espacio o recursos disponibles en la zona de incidencia. Así, es imperativo que en el proceso de capacitación el productor desarrolle esta habilitación: la adecuación de las tecnologías a las condiciones de su entorno.

- Liderazgo:

Los productores deben ser líderes que capaciten con el ejemplo; es la mejor forma. El perfil ideal es que los productores muestren un liderazgo natural, que tengan interés en aprender y transferir los saberes y un sentido comunitario muy elevado. Además, deben contar con el respeto de parte de las autoridades locales y de sus pares.

### **7.4. Talleres de formación complementaria**

La lista de los cursos o talleres de capacitación técnica complementaria disponibles son los siguientes:

- Ecotecnologías en las unidades productivas rurales.

- Generación y optimización de energía en el trapiche piloncillero.
- Estufas de leña ecológicas.
- Producción de biochar con aplicaciones agrícolas.
- Producción sostenible de ron artesanal
- Gestión de Protección de Marca de Productos Artesanales en Comunidades Rurales.

La estrategia para el desarrollo de cada curso o taller es flexible y se adapta siempre a las condiciones del entorno, tanto por el perfil, género y número de participantes, como por las situaciones logísticas y tecnológicas que condicionan la ejecución de la actividad. En este escenario se propone que el programa de cada curso o taller incluya los siguientes elementos.

- Líneas temáticas
- Objetivo
- Plan de acción
- Estrategia didáctica
- Materiales
- Desarrollo del taller
- Resultados y Análisis
- Propuesta de seguimiento y evaluación
- Conclusiones
- Áreas de mejora/oportunidad
- Referencias

Se hace notar que para cada taller se realizó un pilotaje con grupos reducidos y los resultados de estas experiencias permitieron optimizar los cursos o talleres. De hecho, el desarrollo del taller en zonas rurales implica estar muy alerta a las situaciones del entorno que condicionan la ejecución del taller de acuerdo con lo planeado, requiriendo de creatividad y capacidad de toma de decisiones adecuadas por parte de los instructores. Finalmente, los procesos de seguimiento y evaluación son imperativos para asegurar la adecuada transición de las actividades en el enfoque de mejora continua que está siendo propuesto.

Los materiales de los cursos se pueden solicitar al equipo de trabajo en la UASLP y/o en la UAM-Iztapalapa.

## **7.5. Redes de apoyo y seguimiento**

La capacitación de los productores en el desarrollo de habilidades técnicas y de emprendimiento social se puede facilitar en la medida que la comunidad tenga canales de vinculación abiertos y operativos con las instituciones de educación superior (IES), oficinas públicas en diferentes niveles de gobierno y organizaciones privadas, como socios estratégicos. Por lo general estos canales no están operativos y, consecuentemente, parte de la capacitación si debe incluir la inducción y el soporte para el propio productor establezca las vinculaciones respectivas. El caso de las IES es muy importante el consolidar la colaboración, porque puede ayudar a la validación de múltiples procesos y productos, así como el acceso a espacios de capacitación especializada, como fue el caso de los productores piloncilleros habilitados en la UASLP.

Por otra parte, en la zona de incidencia existen excelentes ejemplos que una forma viable de ampliar el impacto de la capacitación es mediante la creación de redes de apoyo entre los productores capacitados, donde puedan compartir experiencias, resolver dudas y mantenerse actualizados. Sin embargo, las organizaciones que lo han logrado en la zona de incidencia, como “Fondos para la paz”, llevan alrededor de 30 años de trabajo en la zona y cuentan con el apoyo económico y logístico de una oficina matriz en la Ciudad de México. Además, tienen la ventaja de contar con personal que trabaja de tiempo completo en las comunidades. En este escenario, el grupo de trabajo reconoce la relevancia de las redes de apoyo y seguimiento de las acciones de los productores y realiza gestiones para les permitan contar con grupo de soporte técnico.

## **7.6. Productores locales como capacitadores**

Es importante indicar que la confianza que progresivamente adquirieron los productores al participar en las actividades del grupo de trabajo y en los eventos organizados por el CONAHCYT y otras organizaciones comunitarias asociadas a los proyectos PRONACES, contribuyó favorablemente en su habilitación para conocer las políticas públicas, las estrategias y las líneas de acción necesarias para que la generación, uso y optimización de las energías limpias tengan un rol preponderante en el bienestar comunitario. Estas acciones propiciaron que un grupo de productores locales fueran capacitado formalmente en la ecotecnologías asociadas a energía, incorporándose al equipo de capacitadores del proyecto PRONACES, con muy favorables impactos en términos de cobertura y eficiencia en los proceso de capacitación.

Se hace notar que la formación de un productor como capacitador se facilita si el productor tiene habilidades como buena comunicación oral en español y Tének, tiene experiencia práctica en el trabajo en grupo, está realmente interesado en participar, y es capaz de entender,

comprender y aplicar adecuadamente los conceptos y herramientas que le comparte el equipo de trabajo. Todas estas son habilidades que se pueden inducir y desarrollar en el productor, pero pueden llevar tiempo y continuas estancias en campo. Por esta razón, la identificación de productores con el perfil adecuado es muy importante.

De manera relevante, tres de los productores participaron de forma directa en desarrollo de este paquete tecnológico, manteniendo continuas interacciones con el grupo de académicos, facilitando sus instalaciones para hacer prácticas de campo, implementando, analizando y validando las propuestas derivadas de los experimentos y simulaciones del equipo académico de trabajo. A la fecha, estos tres productores cuentan con los conocimientos, las experiencias y las estrategias para capacitar a otros productores locales en los procesos sugeridos en este paquete para la producción de piloncillo artesanal. Los productores son:

- C. Venancio Martínez Valentín, Comunidad de “El Barrancón”
- C. Cesar Gómez Salvador, Comunidad de “El Jomte”
- C. Obispo Santos Socorro, Comunidad de “San José Xilatzén”.

Los productores referidos pueden hacer los procesos de capacitación en sus unidades productivas y están avalados por el equipo de trabajo del proyecto PRONACES 321073 para usar las facilidades de la unidad demostrativa conocida como el “Centro de Innovación para la Valorización Sostenible de Residuos y Energías Renovables” (CIVASORER), localizada en Tanlajás, S.L.P., para la capacitación de productores locales en la Producción Artesanal de Piloncillo con Enfoque Sostenible”

### **7.7. Certificación de competencias técnicas de productores**

Los procesos de capacitación de productores pueden evolucionar en un futuro próximo para certificar las competencias de los productores en el desarrollo de procesos o productos artesanales en sus trapiches. La certificación de competencias es un proceso forma que deber ser avalado por la Secretaría de Educación Pública; sin embargo, no existen a la fecha los protocolos y/o estándares de competencia que permitan avalar la habilitación de un productore en la producción artesanal de piloncillo con enfoque sostenible. En la implementación de un proceso de certificación se de contar con el apoyo de expertos en el proceso productivo, de instituciones educativas y de organismos públicos como las presidencias municipales de la zona de incidencia.

A la fecha, la presidencia municipal de Tanlajás, S.L.P., mostró su interés para que el CIVASORER sea centro capacitador y certificado de competencias de los productores, de tal

manera que puedan recibir un reconocimiento formal por su conocimiento, experiencia y su habilitación para el desarrollo o la ejecución de un paquete tecnológico. Una vez avalada su habilitación, el productor puede solicitar preferencialmente apoyos técnicos, económicos o logísticos para mejorar sus procesos productivos. La certificación de competencias puede atender una deuda histórica con los productores: reconocer públicamente su habilitación en la generación de productos artesanales a través de procesos que preservan cultura y tradiciones, mejorados con tecnología que incrementa productividad, calidad y potencial de comercialización directa de productos derivados del trapiche.



## **8. BASES PARA ESQUEMAS DE ECONOMÍA SOLIDARIA**

El modelo de emprendimiento social propuesto para los productores piloncilleros de las comunidades Tének representa una sólida estrategia sólida para fortalecer la economía local y el bienestar de los miembros de la comunidad.

Los principios básicos de la economía solidaria son los siguientes:

- **Cooperación:**

Los miembros de la comunidad colaboran entre sí, compartiendo conocimientos, recursos y esfuerzos, para alcanzar objetivos comunes. La creación de grupos solidarios les permite a los productores trabajar juntos en proyectos que los benefician a todos.

- **Equidad:**

Se promueve la igualdad de oportunidades de desarrollo para todos los miembros de desarrollo, sin importar su nivel de riqueza o poder. De igual forma, los beneficios obtenidos a través de la actividad económica se distribuyen de manera equitativa entre todos los miembros de la comunidad

- **Solidaridad:**

Los miembros de la comunidad se apoyan en los momentos difíciles, compartiendo experiencias, conocimientos o recursos económicos. La solidaridad se extiende a otros sectores de la comunidad que buscan el bienestar colectivo, como el acceso a la salud, la educación o los servicios básicos.

- **Sostenibilidad:**

Los miembros de la comunidad comparten el respeto por el medio ambiente mediante el manejo de prácticas agrícolas sostenibles, la gestión adecuada de los residuos, el uso de ecotecnologías. Se busca que los beneficios económicos obtenidos por los productores no solo sean rentables a corto plazo, sino que aseguren la viabilidad económica a largo plazo.

- **Democracia y participación:**

Las decisiones importantes en la comunidad se toman de forma democrática, con la participación activa de todos los miembros, quienes tienen voz y voto en los asuntos que afectan su comunidad, promoviendo un liderazgo participativo y transparente.

- **Justicia social:**

Se busca la inclusión de todos los miembros de la comunidad, independientemente de su género, edad, etnia o condición social, eliminando las desigualdades sociales y abriendo la oportunidad de que todos los miembros contribuyan en el desarrollo colectivo. Además, al

distribuir los recursos equitativamente, se asegura que todos los miembros tengan las mismas oportunidades de prosperar.

Para el cumplimiento de esta premisas de economía solidaria, el modelo de emprendimiento social propuesto contribuye con los siguientes rasgos distintivos:

- **Identificación de elementos diferenciadores y marca:**

Los productores identificación de elementos diferenciadores de sus productos artesanales que los diferencian de la competencia, tanto en mercados locales como globales. La gestión de marcas representativas aumenta el valor agregado del producto, posicionándolo como un producto de calidad que puede captar la preferencia de consumidores interesados en productos autóctonos, artesanales y sostenibles.

- **Determinación de los costos de producción y precios de venta:**

Conocer los costos de producción y entender cómo fijar el precio de venta basado en los costos reales, permite a los productores tener un control financiero que favorece la sostenibilidad económica. El cálculo de la rentabilidad permite a los productores entender si su modelo de negocio es viable y sostenible.

- **Identificación de mercado y cartera de clientes:**

La identificación de nuevos mercados / clientes es crucial para que los productores orienten sus esfuerzos de venta a los segmentos adecuados, ya sea en zonas rurales o urbanas.

- **Rentabilidad y escalabilidad de los procesos:**

La rentabilidad permite al productor identificar áreas para reducir costos o aumentar márgenes, Complementariamente, la escalabilidad del proceso le ayuda a planificar el crecimiento, aumentando la productividad o mediante la diversificación de productos.

- **Centros de Acopio y Unidades de Procesamiento de Productos de Piloncillo:**

El establecimiento de centros de acopio o unidades de procesamiento es una estrategia fundamental para centralizar la producción de piloncillo, homologar la calidad del producto y garantizar la calidad constante del producto. Este tipo de unidades también contribuyen a optimizar costos, aumentar la eficiencia y promover la cooperación entre los productores locales.

- **Formalización y estructuras / organizaciones legales:**

La formalización de los negocios como cooperativas o sociedades de productores rurales ofrece ventajas como el acceso a financiamiento, subsidios y capacitación. Además, estas figuras empresariales tienen el potencial de proporcionar un apoyo mutuo, permitiendo que los productores enfrenten retos de manera colectiva, mejoren su poder de negociación y accedan a mayores oportunidades comerciales.

De esta forma, el modelo de emprendimiento social tiene el potencial de aumentar los ingresos de los productores. Si los beneficios se distribuyen equitativamente entre los productores se fortalece la integración comunitaria, se mejoran las condiciones de vida de las familias y se favorece la sostenibilidad a largo plazo.



## 9. **IMPACTOS**

El grupo de trabajo identifica que, en el desarrollo e implementación de un paquete tecnológico para la producción sostenible de ron artesanal acoplado a un esquema de emprendimiento social para comercializar directamente los productos en el mercado, algunos de los indicadores más relevantes deben ser los que se indican a continuación. Se hace notar que en esta etapa del paquete tecnológico aún no se realiza una encuesta de seguimiento y/o evaluación que permitan cuantificar detalladamente el nivel de cumplimiento de los indicadores propuestos.

### **Indicadores Cualitativos:**

Estos indicadores pueden reflejar el cambio social y la percepción de los actores involucrados. Se centran en aspectos intangibles como la mejora en la calidad de vida, el empoderamiento y el cambio cultural.

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>
• Satisfacción de los productores	Percepción de los productores sobre las mejoras en sus condiciones de trabajo, calidad de vida y bienestar.
• Autonomía y empoderamiento	Medición del nivel de autonomía adquirido por los productores en la toma de decisiones y la gestión de sus negocios.
• Cambio en la relación entre productores y comunidad	Evaluación de la cooperación y solidaridad entre los productores y otros miembros de la comunidad.
• Reconocimiento de la calidad de los productos	Nivel de reconocimiento de alta calidad de los productos por parte de los consumidores y los mercados.
• Percepción de la sostenibilidad	Opiniones de los productores sobre la sostenibilidad del proceso / producto (aspectos tecnológicos, ambientales, energéticos, económicos y sociales)

### • **Indicadores Cuantitativos:**

Estos indicadores miden el rendimiento y el impacto tangible del paquete.

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la productividad y calidad del producto</li> </ul>	Incremento en la cantidad de ron artesanal producido por cada productor y en el cumplimiento de normas que regulan la calidad del producto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en los ingresos familiares</li> </ul>	Medición del aumento de ingresos de los productores como resultado de la mejora en la productividad y la comercialización.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesibilidad al mercado</li> </ul>	Porcentaje de productores que logran acceder a mercados más amplios, tanto locales como nacionales o internacionales.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de costos de producción</li> </ul>	Disminución en los costos de producción como resultado de la implementación de tecnologías más eficientes / sostenibles.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> </ul>	Número de empleos creados (directos e indirectos), tanto en la producción como en la comercialización.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en la venta de productos</li> </ul>	Aumento en el volumen de ventas de ron artesanal, tanto en mercados locales como fuera de la comunidad.

• **Indicadores de Transferencia de Saberes:**

Estos indicadores miden el grado en que los conocimientos y habilidades relacionadas con la producción sostenible y la comercialización han sido compartidos y adoptados por los productores

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de capacitaciones realizadas</li> </ul>	Número de sesiones de capacitación ofrecidas a los productores en campo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de adopción de nuevas prácticas</li> </ul>	Porcentaje de productores que adoptan y aplican las nuevas tecnologías o metodologías sugeridas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en redes de conocimiento</li> </ul>	Número de redes o grupos de intercambio de conocimiento establecidos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora en las habilidades empresariales</li> </ul>	Evaluación del nivel de competencias empresariales adquiridas por los productores

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sostenibilidad del modelo a largo plazo</li></ul>	Capacidad de los productores para mantener los conocimientos adquiridos y seguir sus prácticas productivas en el futuro sin asistencia externa.

- **Indicadores de Acciones de Política Pública**

Estos indicadores miden el impacto de las acciones gubernamentales o de otras instituciones públicas para apoyar el proyecto.

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Participación en programas de apoyo</li></ul>	Número de programas públicos o privados en los que los productores han participado.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementación de políticas públicas locales</li></ul>	Medición de la existencia e implementación de políticas públicas en favor de los productores de ron artesanal.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Acceso a financiamiento y créditos</li></ul>	Número de productores que tienen acceso a líneas de crédito o financiamiento oficial para mejorar sus procesos productivos.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejoras en la infraestructura local</li></ul>	Iniciativas públicas que mejoran los servicios públicos / infraestructura rural asociados a las unidades productivas.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reconocimiento institucional</li></ul>	Grado en el cual el modelo ha sido reconocido por entidades gubernamentales como un modelo adecuado para promover el desarrollo de las unidades productivas.

- **Fortalecimiento de la Comunidad:**

Estos indicadores miden el impacto en la cohesión social, la cooperación y el desarrollo comunitario que genera el proyecto.

Indicador	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Formación de redes comunitarias</li></ul>	Número de redes de colaboración entre productores, organizaciones locales o grupos comunitarios formados en el proyecto.

Indicador	Descripción
• Participación en actividades colectivas	Porcentaje de miembros de la comunidad que participan en las actividades relacionadas con la producción y comercialización de ron artesanal.
• Cooperación en la gestión empresarial	Número de iniciativas conjuntas de los productores para gestionar los procesos productivos y comerciales.
• Mejoras en la infraestructura comunitaria	Progreso en la infraestructura local (como centros de acopio, caminos, servicios básicos) generados por un esfuerzo colectivo en el proyecto.

- **Participación de Mujeres y Jóvenes en Edad Productiva:**

Los indicadores en esta categoría miden el grado de participación y el empoderamiento de mujeres y jóvenes mayores de edad.

Indicador	Descripción
• Número de mujeres y jóvenes mayores de edad participando	Número de mujeres y jóvenes mayores de edad involucrados en la producción, comercialización y gestión del ron artesanal.
• Acceso a liderazgo y toma de decisiones	Número de mujeres y jóvenes mayores de edad en posiciones de liderazgo o toma de decisiones en los grupos de productores.
• Mejoras en los ingresos de mujeres y jóvenes mayores de edad	Incremento de los ingresos obtenidos por mujeres y jóvenes mayores de edad a partir de su participación en las actividades del proyecto.
• Desarrollo de habilidades y formación	Número de capacitación y formación específica dirigida a mujeres y jóvenes mayores de edad en áreas como las técnicas de producción y comercialización.

- **Socialización de la Información:**

Los indicadores en esta categoría miden la difusión del conocimiento y la transferencia de saberes dentro de la comunidad.



Indicador	Descripción
• Número de talleres y capacitaciones	Número de talleres o sesiones educativas realizadas en la comunidad para transferir conocimientos.
• Participación comunitaria en la socialización	Número de productores o miembros de la comunidad que participan en las actividades de socialización de la información.
• Acceso a plataformas de conocimiento	Número de productores que tienen acceso a herramientas o plataformas de información sobre el negocio del ron artesanal y temas relacionados
• Colaboración con instituciones educativas	Número de colaboraciones con instituciones educativas para la capacitación y el fortalecimiento de las capacidades locales.
• <b>Aumento de la Calidad de Vida:</b>	

Estos indicadores miden el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los miembros de la comunidad

Indicador	Descripción
• Aumento de ingresos familiares	Incremento en el nivel de ingresos de las familias de los productores.
• Mejoras en la infraestructura y servicios	Nivel de mejoras en servicios públicos básicos en las unidades productivas
• Acceso a servicios de salud y educación	Número de beneficiarios del proyecto que tienen mejor acceso a servicios médicos y educativos gracias a los ingresos generados por la producción de ron artesanal.
• Condiciones laborales	Mejora en las condiciones laborales de los productores, como jornadas laborales más justas, mejor acceso a recursos de producción y mayor seguridad en el trabajo.
• Mejoras en la seguridad alimentaria	Reducción de la inseguridad alimentaria en las familias de los productores gracias a la mejora en los ingresos.



## **10. GESTIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PAQUETE TECNOLÓGICO**

Se han realizado diversas acciones de gestión para promover los paquetes tecnológicos:

- Reuniones con las autoridades municipales locales para promover la difusión y solicitar recursos operativos para que los productores sean capacitados en los paquetes tecnológicos
- Gestiones con otros proyectos PRONACES para complementar la formación de productores locales como capacitadores en ecotecnologías asociadas a la generación y uso de energías renovables.
- Gestiones para complementar la formación de los productores como emprendedores a través de talleres impartidos en campo por especialistas en el tema.
- Gestiones para identificar socios estratégicos que pueden detonar la demanda de grandes cantidades de productos artesanales para venta en mercados internacionales.

### **10.1. Gestiones con presidentes municipales**

Se han realizado diversas reuniones con los presidentes municipales de la zona de incidencia.

En el municipio de Tanlajás, S.L.P., los funcionarios con los que se realizaron gestiones hasta el 30 de septiembre de 2024 fueron:

- C. Genaro Ahumada Cedillo, Presidente Municipal
- Lic. Delfino Mauricio López, Síndico Municipal
- Lic. Flor Zulema Montes Rodríguez, Secretaria Municipal.

Las gestiones realizadas incluyeron las siguientes:

- Gestión de apoyos para la construcción de trapiches del modelo construidos por la UASLP.
- Presentación de una propuesta de emprendimiento para productores para la adecuación de trapiches comunes para grupos de 4 familias.
- Presentación de una propuesta de una Unidad de Procesamiento de Productos de Piloncillo; apoyos de obra civil para facilitar el acceso a la Unidad.
- Presentación de una propuesta de la creación de un Centro de Innovación para la Valorización Sostenible de Residuos y Energías Renovables (CIVASORER) en un espacio comunitario en Tanlajás.

- Gestión y firma de convenio de colaboración Universidad Autónoma Metropolitana – Municipio de Tanlajás, para la sesión de un espacio en comodato para implementar el CIVASORER.
- Apoyo logístico para la realización de ferias de socialización de los temas con instituciones educativas y con público en general.
- Apoyo para la reuniones con Jueces Auxiliares y Comisariados Ejidales.
- Apoyos logísticos para la limpieza, mobiliario y equipo de sonido en espacios públicos municipales para la capacitación técnica de productores.

En el municipio de Tanlajás, S.L.P, los funcionarios a partir del 1 de octubre de 2024 son:

C. Humberto Lucero Magaña, Presidente Municipal

Lic. Luis Enrique Reséndiz Martínez, Síndico Municipal

Lic. Edgar Hernández Hernández, Secretario Municipal

También se delegó al Secretario de Desarrollo Rural, Ing Leonardo Ramos, para el seguimiento de las actividades con los productores.

Las gestiones realizadas a la fecha incluyen las siguientes:

- Presentación del proyecto PRONACES con el uso de infografías, para dar a conocer los objetivos, actividades en desarrollo y resultados a la fecha.
- Identificación de áreas de oportunidad acordes a la políticas y programas de apoyo que implementará la administración municipal.
- Gestión de un nuevo convenio de colaboración Universidad Autónoma Metropolitana – Municipio de Tanlajás, para validar el espacio en comodato que cedió en comodato la administración municipal anterior para implementar el CIVASORER.
- Análisis de un programa de política pública para que el CIVASORER sea un centro de capacitación de productores en el los paquetes tecnológicos, promoviendo que los apoyos municipales se otorguen después que el productor tomo los cursos de capacitación en el CIVASORER.
- Informe de las actividades y avances del proyecto en sitio, sugiriendo ajustes de los espacios, la tecnología y pidiendo la operación del CIVASORER en enero de 2025
- Análisis de las alternativas para el financiamiento de la operación del CIVASORER.

En el municipio de Aquismón S.L.P, los funcionarios con quienes se han realizado gestiones son:

C. Cuauhtémoc Balderas Yáñez, Presidente Municipal Constitucional

Mtro. Emeterio Durán Suarez, Director de Desarrollo y Fomento del Café.

Las gestiones realizadas incluyeron las siguientes

- Informe de las actividades y avances del proyecto PRONACES
- Entrega de material promocional para la capacitación técnica y de emprendimiento para productores y para las acciones de socialización de los paquetes tecnológicos.
- Identificación de grupos de productores con la necesidad y el interés de optimizar sus procesos productivos con ecotecnologías y de comercialización directa de sus productos artesanales.
- Gestión de reuniones de diagnóstico comunitario con grupos de productores.
- Gestión de apoyos para la detonar los Paquetes tecnológicos en el municipio de Aquismón.

En el municipio de Tamuín, S.L.P, los funcionarios con quienes se han realizado gestiones a partir del 1 de junio como administración electa y del 1 de octubre de 2024 como administración constitucional:

C. Marcelino Bautista Rincón, Presidente Municipal Constitucional

C. Julián Bañuelos. Director de Desarrollo Rural

C. Ángel Roberto Rosas, Gestor Municipal

Las gestiones realizadas incluyeron las siguientes.

- Presentación del proyecto PRONACES con el uso de infografías, para dar a conocer los objetivos, actividades en desarrollo y resultados a la fecha.
- Identificación de áreas de oportunidad acordes a la políticas y programas de apoyo que implementará la administración municipal.
- Reunión con el Rector de la Universidad Autónoma Metropolitana:
  - Acciones conjuntas en el marco del proyecto PRONACES
  - Búsqueda de financiamiento para desarrollo de los paquetes tecnológicos.
  - Interés en el esquema del CIVASORER
  - Elaboración de plan de desarrollo municipal.
- Entrega de material promocional para la capacitación técnica y de emprendimiento para productores y para las acciones de socialización de los temas del proyecto.

- Identificación de grupos de productores con la necesidad y el interés de optimizar sus procesos productivos con ecotecnologías y de comercialización directa de sus productos artesanales.
- Reuniones con productores en la comunidad de los Huastecos para validar necesidades que demandan ecotecnologías en energía y discusión de las soluciones propuestas en el marco del proyecto PRONACES.
- Apoyos para las actividades de socialización en las instituciones educativas de comunidades vulnerables.

## **10.2. Directorio de interesados en paquetes tecnológicos**

La gestión del desarrollo de los paquetes tecnológicos desarrollados en el proyecto se ha realizado preferentemente con los presidentes municipales. A la fecha, se indican las personas de contacto en los municipios que realmente han mostrado interés.

- Municipio de Tanlajás:  
Lic. Edgar Hernández Hernández, Secretario Municipal
- Municipio de Tamuín:  
C. Julián Bañuelos. Director de Desarrollo Rural
- Municipio de Aquismón:  
Mtro. Emeterio Durán Suarez, Director de Desarrollo y Fomento del Café.

Otras organizaciones que han mostrado interés y apoyo en las gestiones de los paquetes tecnológicos son las siguientes

- Fondos para la Paz:  
Ing. Ferdinando Armenta, Responsable en la Oficina de Tanlajás, S.L.P.
- Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos – San Luis Potosí  
Ing. Rodolfo Galván Contreras, Director de Desarrollo Rural.
- Escuela de Campo de Nuevo Cueytzén.  
Ing. José Antonio Dueñes, Capacitador en la Escuela de Campo, INIFAP.  
Del sector educativo
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo:  
Dr. Agustín Castro Montoya, Facultad de Ingeniería Química
- Universidad Autónoma Metropolitana:  
Dr. José Antonio de los Reyes Heredia, Rector General  
Aportación concurrente para el desarrollo de los paquetes tecnológicos.

Por otra parte, en el desarrollo de los paquetes tecnológicos se han designado a productores locales como contactos en la zona de incidencia para que identifiquen el interés por los paquetes tecnológicos. Alrededor de ellos se ha identificado un conjunto de miembros de las comunidades que han manifestado su interés en ser parte del equipo que detone proyectos locales para cada uno de los paquetes de los cuales se tiene resguardados sus datos de contacto.





## **11. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

En el contexto del desarrollo del paquete tecnológico para la producción sostenible de piloncillo artesanal en una comunidad rural se incluyen a continuación una serie de ideas conclusivas, de recomendaciones y un llamado de acción a los productores y a la comunidad para aplicar la tecnología como mecanismo para potenciar su desarrollo económico, como premisa para lograr mejores condiciones de vida.

### **11.1. Ideas conclusivas**

Entre múltiples ideas conclusivas, se destacan los siguientes.

- **Pertinencia del diagnóstico comunitario**

Este diagnóstico es crucial para identificar y validar las necesidades de las unidades productivas y de las viviendas en la comunidad. Es también un espacio para invitar al trabajo conjunto, a la generación de ideas creativas y viables localmente para resolver los retos y las oportunidades identificadas.

- **Uso de tecnología para mejorar productividad, calidad y sostenibilidad:**

El desarrollo / implementación de paquetes tecnológicos en el trapiche, sobre la base del respecto a la cultura y tradiciones de la comunidad y de incorporar el diálogo de saberes entre productores y académicos, da las pautas para el incremento en productividad, una mejora y uniformidad en la calidad de los productos y promueve acciones que en favor de la sostenibilidad.

- **Fortalecimiento del emprendimiento local:**

El impulso al emprendimiento social incluyendo la participación de productores, mujeres y jóvenes en edad productiva, ha promovido el empoderamiento de los miembros de la comunidad, aumentando su habilitación para administrar mejor sus procesos, para identificar nuevos canales de comercialización de sus productos y para gestionar los recursos necesarios para sus actividades económicas. Los aprendizajes en la gestión de una marca y de los requisitos y procedimientos para establecer una sociedad de productores rurales les da el potencial de posicionar los productos en el mercado de manera más formal y profesional.

- **Mejoras en infraestructura**

- **Trapiche modelo de una micro-birrefinería**

La adecuación de varios paquetes tecnológicos en un mismo trapiche, con un enfoque orientado en la sostenibilidad, soportado con un modelo de emprendimiento y con un programa de operación concertado para operar los paquetes en función de las condiciones de su entorno y del mercado, valida el potencial de los trapiches locales para generar diversos productos de calidad y potencial de comercialización, estableciendo las bases para el desarrollo futuro de una micro-biorrefinería rural.

- **Unidad de procesamiento de productos de piloncillo (UP3)**

La adecuación de la UP3 permite que un grupos de productores(as) y emprendedores(as) tenga un espacio adecuado para la optimización de la producción de productos de calidad derivados del piloncillo, el almacenaje de productos y el centro para su adecuada distribución en diferentes mercados. Estas acciones abren nuevas oportunidades de comercialización para los productores.

- **Centro de Innovación para Valoración Sostenible de Residuos y Energías Renovables (CIVASORER)**

El CIVASORER es un espacio para promover esquemas circulares que valoricen los residuos de las unidades productivas en productos de valor agregado, haciendo uso de ciencia y tecnología y promoviendo el uso de ecotecnologías en la gestión de los servicios que demandan los procesos productivos. Las acciones de socialización, capacitación, entrenamiento práctico, potencial certificación de competencias de los productores, la divulgación de temas técnicos y la promoción del empoderamiento social, son elementos muy importantes para consolidar a futuro el uso de los paquetes desarrollados y para generar nuevas alternativas de atención a los problemáticas locales.

- **Gestión colaborativa**

La gestión ante autoridades municipales y organismos públicos ha permitido a los productores tener la confianza y la habilitación para solicitar los espacios, la infraestructura, los servicios y los recursos necesarios para tener un entorno más favorable para el desarrollo de sus actividades productivas y comerciales, así como para aspirar a mejores condiciones de vida en sus viviendas.

## **11.2. Recomendaciones a Corto y Mediano Plazo:**

Algunas recomendaciones a corto plazo son las siguientes.

- **Fortalecer la capacitación continua:**

Para los productores es fundamental mantenerse actualizado en aspectos técnicos y de emprendimiento, de tal forma que puedan seguir optimizando sus procesos productivos y mejorando la comercialización de sus productos.

- **Monitorear y evaluar impacto:**

Es necesario monitorear el desempeño, rendimiento e impacto las nuevas tecnologías implementadas en el trapiche, así como evaluar los beneficios económicos para los productores, y ajustar los métodos o procesos que no estén generando los resultados esperados.

- **Promover alianzas con otras comunidades:**

Establecer alianzas con otras comunidades productoras de piloncillo o productos agrícolas puede ser clave para ampliar la red de comercialización y lograr economías de escala, especialmente para productos derivados del piloncillo.

Algunas recomendaciones a mediano plazo son las siguientes.

- **Ampliar la capacidad de procesamiento:**

Con el incremento de la demanda de producto y la mejora del proceso productivo se debe considerar el aumento de la productividad, el uso y la ampliación de los centros de acopio y de procesamiento de productos de piloncillo.

- **Uso de tecnología para asegurar la calidad:**

Con el respecto adecuado a la cultura y tradiciones, se debe seguir sensibilizando a los productores para que incorporen tecnología que faciliten el control y la uniformidad de los productos.

- **Establecer un sistema de distribución eficiente:**

Este aspecto es crítico. Es imperativo desarrollar estrategias logísticas y de distribución para que el piloncillo y sus derivados puedan llegar a mercados más grandes y diversificados, tanto nacionales como internacionales.

- **Micro-biorrefinería rural: Diversificación de cartera de productos del trapiche:**

Se deben inducir la implementación de diversos paquetes tecnológicos en una misma trapiche o unidad productiva. Así mismo, se debe seguir el enfoque de valorizar los residuos del

proceso de producción, como bagazo, cachaza, plásticos, para generar energía alternativa o para crear productos o materiales que generen valor agregado y diversifiquen las fuentes de ingreso.

- **Fortalecer esquemas de economía solidaria:**

Se debe seguir promoviendo la asociación u organización de productores para trabajen cooperativa y solidariamente en la generación y, sobre todo, en la comercialización de los productos artesanales, con enfoques en sintonía con la sostenibilidad y con estrategias que aseguren la equidad, la justicia y la democracia en todos los procesos de toma de decisiones y en todos los beneficios derivados de sus iniciativas colegiadas de emprendimiento.

### **11.3. Invitación a la acción para las comunidades rurales:**

- **Fortalecer el compromiso con la sostenibilidad:**

Asegurar que se escala el uso de ecotecnologías en la producción sostenible de piloncillo, incluyendo prácticas adecuadas del manejo de recursos naturales, de la valorización de reducción de residuos y de la preservación del medio ambiente.

- **Unirse en una visión de desarrollo comunitario:**

Es fundamental que todos los miembros de la comunidad rural comprendan el valor de la cooperación y la solidaridad para lograr el desarrollo sostenible. Por esto se invita a los productores a asociarse en cooperativas o en sociedad de productores rurales para aprovechar las ventajas de la economía solidaria para mejorar las condiciones de vida de toda la comunidad.

- **Aprovechar nuevas oportunidades de comercialización:**

Se invita a los productores a capacitarse para diversificar los canales de venta de sus productos (como la venta en línea, la participación en ferias de productos artesanales, o la certificación de productos como orgánicos o sostenibles), que les nuevos mercados y mejora la competitividad.

- **Incrementar la eficiencia en la gestión de recursos**

Se deben mejorar las estrategias para conseguir apoyos ante las autoridades municipales, estatales y nacionales, para fortalecer los servicios públicos en las unidades productivas, así como la infraestructura, los procesos de capacitación y el acceso a financiamiento realmente accesibles para los productores.

- **Empoderar a las mujeres y jóvenes:**

Se invita a las mujeres y a los jóvenes a seguir participando activamente en los procesos productivos y comerciales, promoviendo su participación en las decisiones económicas de la comunidad y creando espacios de liderazgo para que puedan desarrollar sus capacidades.



***PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE PILONCILLO GRANULADO ARTESANAL***

Se terminó su edición en enero de 2025.