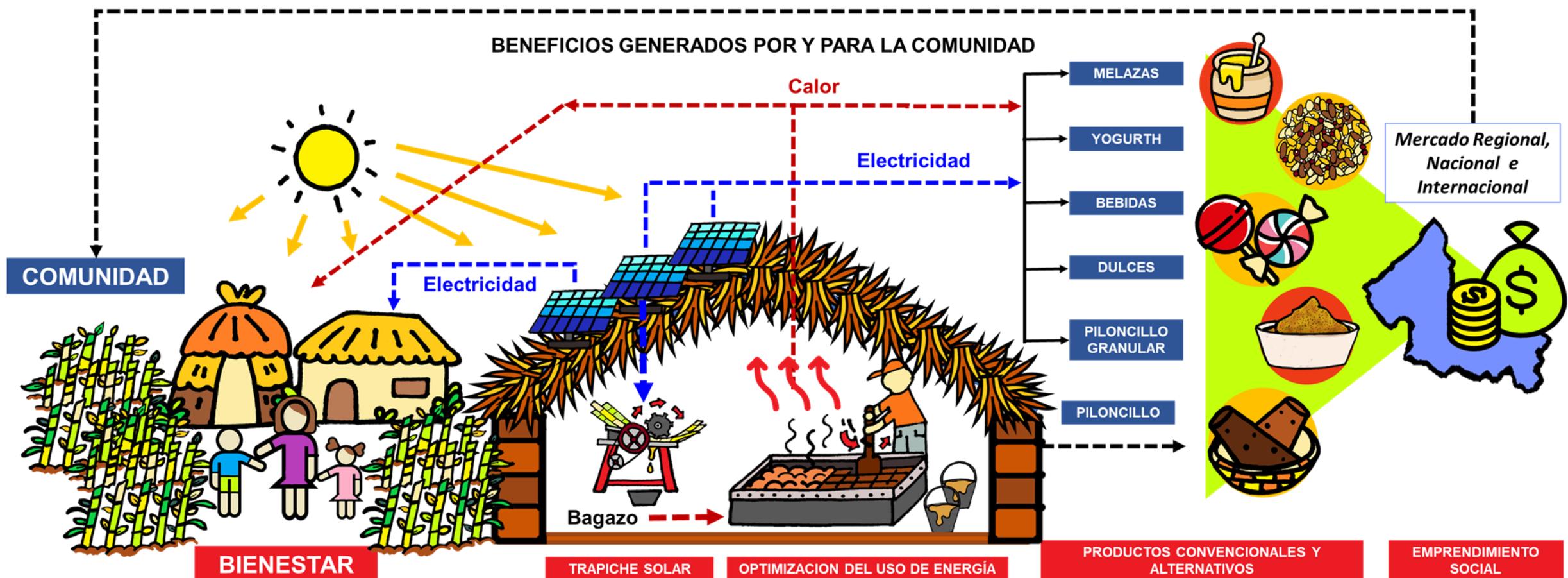


# PT1: PRODUCCIÓN ARTESANAL DE PILONCILLO CON ENFOQUE SOSTENIBLE





**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SAN LUIS POTOSÍ



Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



**Proyecto  
PRONACES  
321073:**

**DESARROLLO SOCIAL Y ECONÓMICO DE PEQUEÑAS UNIDADES  
AGROINDUSTRIALES CON BASE EN LA SOCIALIZACIÓN, GESTIÓN,  
GENERACIÓN Y/O USO EFICIENTE DE ENERGÍA SOSTENIBLE.**

**Zona de  
Incidencia**

**Comunidades Piloncilleras de la Huasteca Potosina.  
Municipios de San Luis Potosí: Tanlajás, San Antonio, Tancanhuitz,  
Aquismón, Huehuetlán.**

**Datos de  
Contacto**

**Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo**  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
[masanchez@uaslp.mx](mailto:masanchez@uaslp.mx)  
What's: 444-191-9952

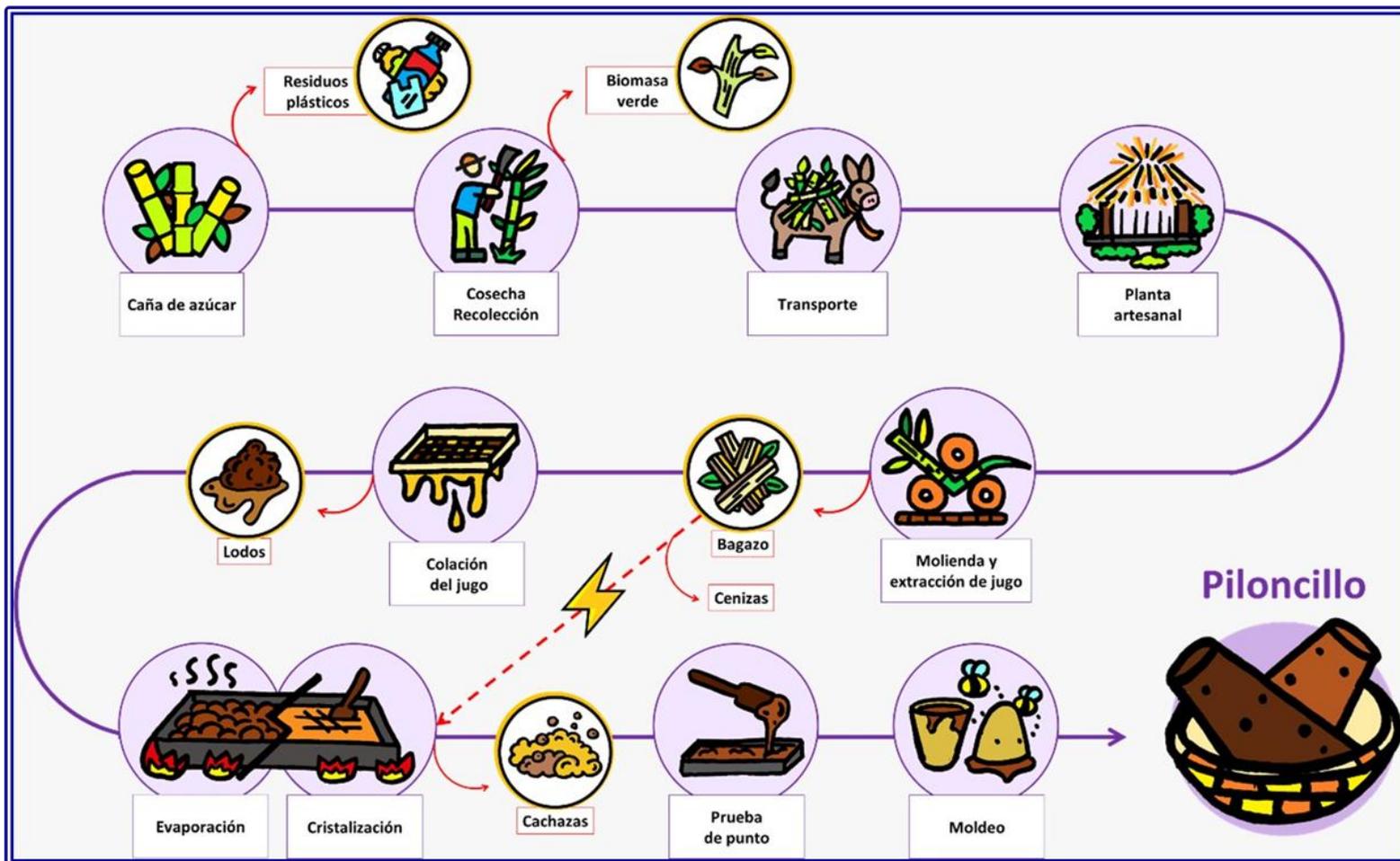
# DIAGNÓSTICO COMUNITARIO



## Diálogos / Entrevistas:

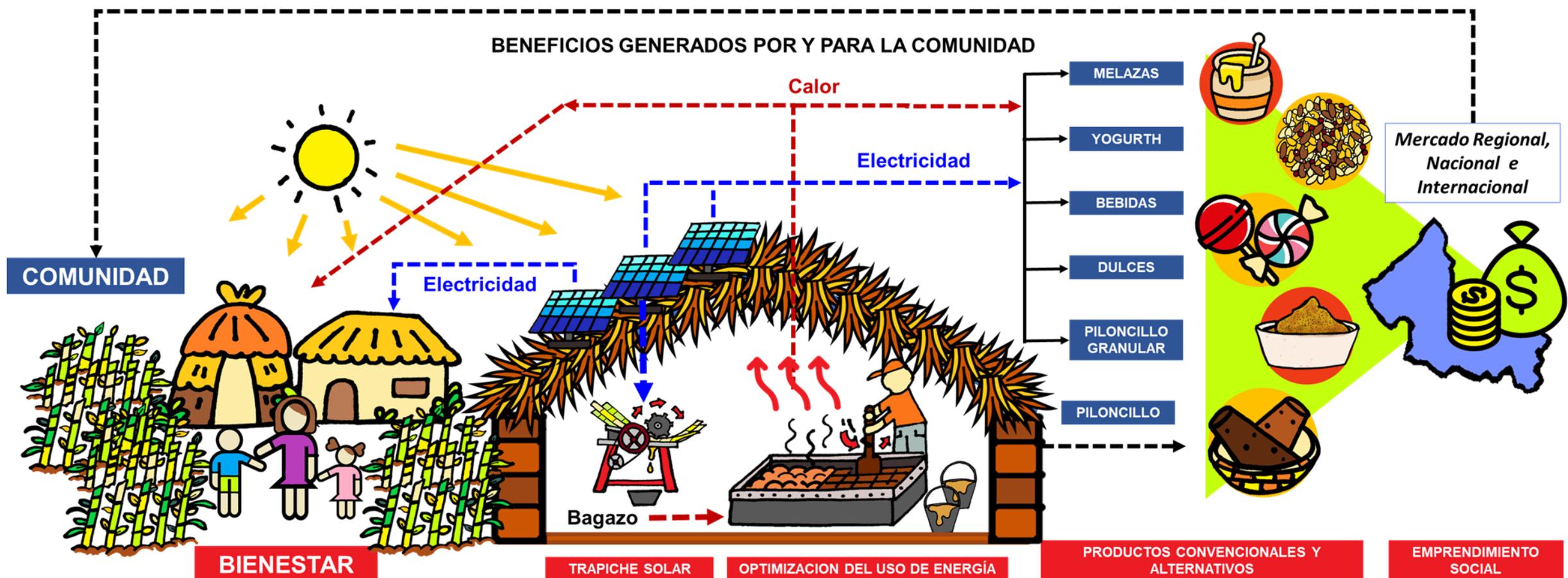
- Identificar y validar los retos, así como soluciones sostenibles viables.

# SISTEMA PRODUCTIVO ARTESANAL: CAÑA DE AZÚCAR - PILONCILLO



- Proceso artesanal representativo de la cultura Tenek, con tradiciones centenarias.
- Principal sustento económico de las familias de los micro-productores de caña de azúcar.
- Principales retos:
  - Mejorar las condiciones de trabajo en el trapiche, así como la productividad y calidad de los productos.
  - Optimizar el uso de energía del proceso.
  - Promover uso de energía alternativa.
  - Diversificar los productos derivados del sistema productivo.
  - Evitar el **INTERMEDIARISMO** en la venta de sus productos.
  - Empoderar a los productores y familias.

# PT1: PRODUCCIÓN ARTESANAL DE PILONCILLO CON ENFOQUE SOSTENIBLE





**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SAN LUIS POTOSÍ



Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Línea de  
Acción

# ***DESARROLLO TECNOLÓGICO***

## **Talleres para Productores**

Taller

### ***Optimización de energía en el proceso productivo: Horno - Puntera***

Responsables

**MC Miriam Ricaño Pérez, MC Fabiola Palomo González,  
Dr. Marco A. Sánchez Castillo**

# JUSTIFICACIÓN

- ***Mejorar la comercialización del piloncillo granulado.***
- ***Estandarización de la producción de piloncillo granulado:***
  - ***El “Punto”***
  - ***Temperatura y grados Brix.***
- ***Optimización del uso de energía calorífica.***
- ***Estandarización de calidad y aumento de productividad:***
  - ***Propiedades organolépticas.***
  - ***Rendimiento de producción.***

# OBJETIVO

***Capacitar a micro y pequeñas productoras (es) para que:***

- mejoren la producción artesanal de piloncillo granulado,***
- diversifiquen sus productos artesanales y***
- valoricen los recursos naturales y residuos agrícolas,***

***como base para que mejoren:***

***su calidad de vida y el desarrollo sostenible***

***de sus comunidades.***

# BENEFICIARIOS

***Productoras(es) y Emprendedoras(es)***  
***de las Comunidades Piloncilleras Tenek***  
***de la Huasteca Potosina.***

# PLAN DE ACCIÓN

- *Presentación.*
- *Tema 1: Retos y Oportunidades en la Producción de Piloncillo.*  
*Puntera y Horno*
- *Tema 2: Proceso de Evaporación del Jugo de Caña*
- *Tema 3: Estudios preliminares en campo y laboratorio*
- *Tema 4: Buenas prácticas de operación.*
- *Tema 5: Áreas de oportunidad.*
- *Retroalimentación.*
- *Evaluación y Seguimiento.*

## *Tema 1*

# ***RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONCILLO: Puntera y Horno***



# SISTEMA PRODUCTIVO CAÑA DE AZUCAR - PILONCILLO

## \*Materia Prima

Componente	%
Agua	75
Cenizas	0.5
Fibra	10
Azúcares totales	14
Sacarosa	12.5
Glucosa	0.9
Fructosa	0.6



### Índice de Madurez (IM)

**TERMINAL** IM >1 = Caña sobremadura  
 IM 1 = Caña madura  
**BASAL** IM <0.95 = Caña inmadura

## Proceso



# SISTEMA PRODUCTIVO CAÑA DE AZUCAR - PILONCILLO



**Puntera y horno**



**Bagazo Seco**



**“Cocción” del Jugo de Caña**

# SISTEMA PRODUCTIVO CAÑA DE AZUCAR - PILONCILLO



**Piloncillo Negro**

**Piloncillo Granulado**

# SISTEMA PRODUCTIVO CAÑA DE AZUCAR - PILONCILLO



# “EL PUNTO”: tradición y áreas de oportunidad

El productor determina del “punto” (condición final de operación) de forma práctica:

- **Visualmente:** Formación de burbujas y de una “película fina y transparente”.
- **Toma de muestra:** Se sumerge una muestra de “miel” en el agua fría y se observa su nivel de cristalización (fragilidad).

Producto	*Condiciones finales (“Punto”)		
	Temperatura, (°C)	Grados Brix, (°B)	pH
Caña	Ambiente		
Jugo	Ambiente	18-22	5.6-5.8
Melaza	100-106	65-75	
Pilón cono	100-120	88-96	6.5-7
Piloncillo granulado	100-125	88-96	6.5-7

**Transferencia de saberes:** ¿Cómo unir la experiencia con la tecnología?

# PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

**NMX-F-596-SCFI-2016:**

Los productos de piloncillo deben cumplir las siguientes especificaciones sensoriales.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Aspecto</b>	Uniforme
<b>Sabor</b>	Dulce, característico al jugo de caña
<b>Tonalidad</b>	Café claro al oscuro
<b>Olor</b>	Característico al jugo de caña

# PROPIEDADES QUIMICAS: DESDE EL CAMPO

COMPARATIVO MUESTRAS DE PILONCILLO 2025

CONCEPTO	IAEIBSMDN	SLP/PGCPA	PGSPA	PCCPA
Plomo	<0.025mg/100g	<0.025mg/100g	<0.025mg/100g	<0.025mg/100g
Fructosa	1.00g/100g	74.83g/100g	10.64g/100g	8.72g/100g
Glucosa	1.00g/100g	10.55g/100g	10.64g/100g	8.73g/100g
Sacarosa	97.81g/100g	10.55g/100g	75.44g/100g	75.51g/100g
Carbohidratos totales	99.81g/100g	95.95g/100g	96.72g/100g	92.56g/100g
Fibra cruda	0.00g/100g	0.02g/100g	0.02g/100g	0.02g/100g
Magnesio	3.93mg/100g	46.00mg/100g	54.00mg/100g	59.00mg/100g
Zinc	1.84mg/100g	0.92mg/100g	1.36mg/100g	3.36mg/100g
Hierro	<1.00mg/100g	<1.00mg/100g	1.50mg/100g	6.90mg/100g
Azúcares Reductores totales	99.81g/100g	95.95g/100g	96.72g/100g	92.96g/100g
Calcio	13.58mg/100g	186.00mg/100g	188.00mg/100g	164.00mg/100g
Potasio	15.85mg/100g	205.00mg/100g	194.00mg/100g	53.7g/100g
Humedad	0.11g/100g	2.27g/100g	1.78g/100g	5.37g/100g
Grasa Total	0.00g/100g	0.14g/100g	0.15g/100g	0.61g/100g
Proteína	0.00g/100g	0.62g/100g	0.35g/100g	0.61g/100g
Cenizas	0.03g/100g	1.02g/100g		

- Calidad de productos
- Estandarización proceso
- Mayor precio de venta \$

➤ Normas Mexicanas

➤ Buenas prácticas de manufactura

# PROPIEDADES QUÍMICAS DE JUGO, MELAZA, PILÓN/PILONCILLO Y BAGAZO

Compuesto	Rango de composición química		
	Jugo	Melaza/Pilón/Piloncillo granulado	Bagazo
<b>Agua (%)</b>	75-85	1.5-10	50-60
<b>Azúcares (%)</b>	15-21	80-85	2-5
<b>Fibra (%)</b>	<0.5	<0.1	76-90
<b>Compuestos fenólicos (%)</b>	~1.04	0.4-0.65	NA
<b>Flavonoides (%)</b>	0.2-0.6	0.2-0.4	NA
<b>Minerales (mg/100g)</b>	~180	30-200	50-300
<b>Proteínas (%)</b>	0.5-1.0	0.5-1.7	NA
<b>Vitaminas (mg/100g)</b>	10-250	15-200	NA

## ¿De qué depende la calidad y el nivel de producción de la melaza, el pilón y el piloncillo granular?

### Materia Prima:

- Variedad de la caña.
- Edad de corte.
- Índice de maduración.
- Condiciones climatológicas al corte.
- Concentración de azúcares en la caña.
- Condiciones de extracción del jugo de caña
- Eliminación de impurezas del jugo de caña (tierra, fibras, etc.).

### Proceso:

- Extracción del jugo
- Aditivos usados
- Evaporación del Jugo de caña
- Condiciones del “punto”
- Enfriamiento y moldeado
- Envasado y almacenamiento de producto
- +
- Tecnología disponible: Trapiche y utensilios.
- Buenas prácticas de manufactura: Higiene y seguridad

# ***TRANSFERENCIA DE SABERES:***

- ***Espacio de Diálogo.***
  - ***Comentarios***
  - ***Preguntas***
- ***Definición de Retos y Oportunidades.***

## ***Tema 2***

# ***PROCESO DE EVAPORACION DEL JUGO DE CAÑA***



# EVAPORACIÓN DEL JUGO DE CAÑA

## TIPO DE PUNTERAS UTILIZADAS EN LAS COMUNIDADES PILONCILLERAS TENEK



- **Tamaño:**  
~ 2m X 0.9m X 0.3m (largo, ancho, alto)
- **Material:**  
Acero inoxidable, hierro galvanizado ó aluminio.
- **Aislante:**  
Las paredes externas se recubren con madera o mezcla.
- **Sello entre puntera y horno:**  
Ceniza.

Notorios avances en el uso de punteras, tecnológicamente adecuadas, como resultado de la experiencia de los productores y de la orientación y el apoyo que han recibido a través de diversos programas.

# EVAPORACIÓN DEL JUGO DE CAÑA

## TIPOS DE HORNOS UTILIZADOS EN LAS COMUNIDADES PILONCILLERAS TENEK.

### a) Horno por debajo del nivel del suelo:



- Evita la dispersión de energía por las paredes laterales.
- Facilita el manejo de la puntera.

### b) Horno por encima del nivel del suelo:

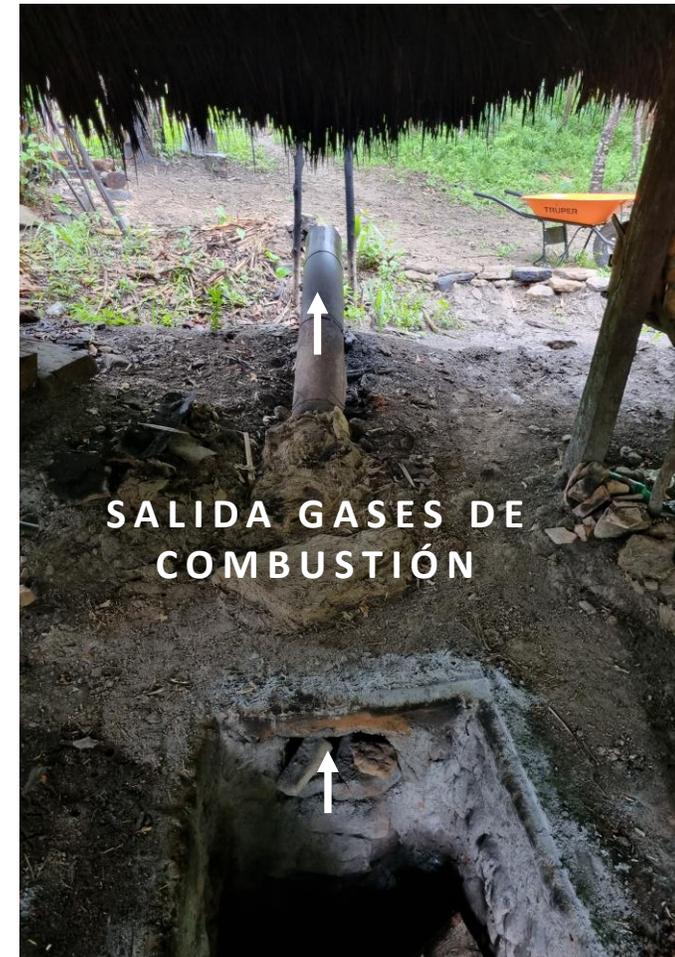
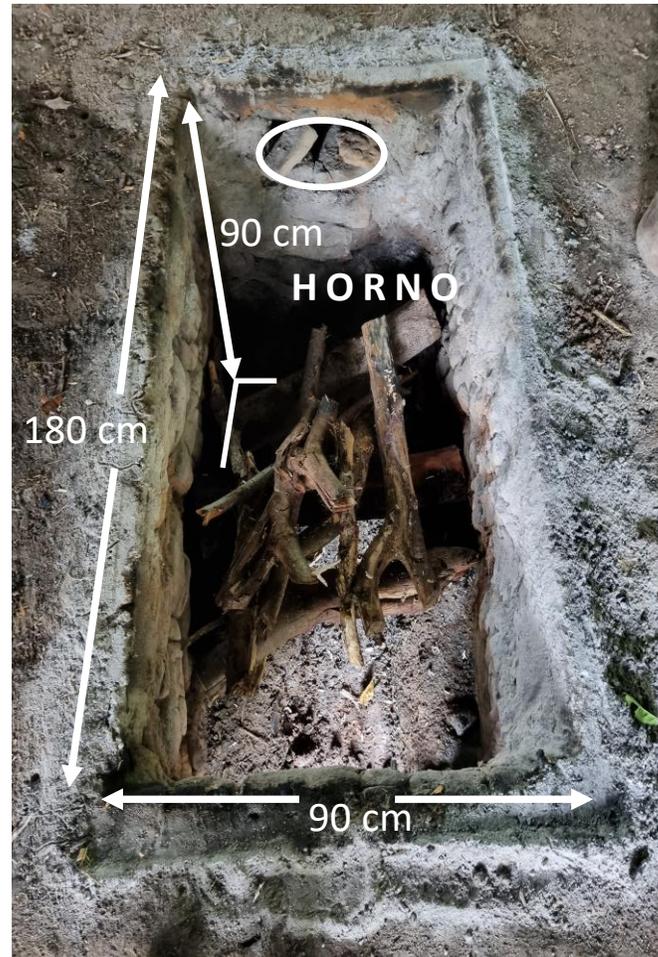


- Facilita el flujo de aire en la cámara de combustión.
- Requiere apoyo para la manipulación de la puntera (debido al peso).

Los hornos se han mejorado progresivamente a partir de las experiencias de los productores y con el apoyo económico de programas federales y de organizaciones civiles.

# EVAPORACIÓN DEL JUGO DE CAÑA

## Horno típico de combustión de bagazo seco



# EVAPORACIÓN DEL JUGO DE CAÑA

La cantidad de bagazo requerido en el proceso de concentración del jugo depende de:

- La variedad de caña.
- El tipo y la cantidad de fibra en el bagazo (así como azúcar residual).
- La humedad del bagazo “seco”.
- El poder calorífico.

Composición del bagazo:

Contenido	Porcentaje (%)
Contenido de agua	45 - 57%
Contenido de fibra	39 -53%
Sólidos disueltos	2-6%

Composición elemental del bagazo:

Composición bagazo	Porcentaje (%)
Carbono	49.27
Oxígeno	42.87
Hidrógeno	5.67
Cenizas y trazas	1.60

**Poder calorífico inferior (PCI)**

**19,374.24 kJ/kg**

**¿Qué tan eficiente es la transferencia de la energía generada en la combustión del bagazo?**

# EVAPORACIÓN DEL JUGO DE CAÑA

El horno se constituye por:

- **Puntera o paila (P)**
- **Cámara de combustión (CC)**
- **Ducto de humos (DH)**
- **Chimenea (CH)**



En la práctica, el **diseño y operación del horno tiene áreas de oportunidad:**

- **Reducir el uso del bagazo seco como combustible.**
  - Mejorar la Combustión completa de bagazo (actual: 10 - 50%)
  - Reducir las pérdidas de energía por asilamiento ineficaz de la puntera.
  - Limpieza del sistema de combustión: CC y CH
  - Evitar el uso de madera, carbón y caucho de llanta\*.
- **Reducir el costo de producción**
- **Reducir el impacto medioambiental y en salud.**

**¿Cuál es la cantidad de energía suministrada por el horno a la puntera durante el tiempo de operación?**

**¿Qué estrategias se puede implementar para...**

- **¿Acortar la duración del proceso?**  
**Incrementar:**
  - **Productividad**
  - **Ingresos Económicos**
  - **Confort!**

- **¿Reducir la cantidad de bagazo utilizada?**  
**Incrementar:**
  - **Uso alternativo de bagazo**
    - **Energía (biogás).**
    - **Productos locales.**
    - **Productos químicos verdes.**

# ***TRANSFERENCIA DE SABERES:***

- ***Espacio de Diálogo.***
  - ***Comentarios***
  - ***Preguntas***
- ***Acciones por mejorar en el trapiche.***

# *Tema 3*

## *ESTUDIOS PRELIMINARES EN CAMPO Y LABORATORIO*

Foto del Dr Miguel, Foto del Dr Sergio



# CARACTERIZACION HORNO – PUNTERA

## Estudios Experimentales de la operación de los trapiches en Tanlajás, S.L.P.

### **Campo:**

- Variedad de Caña
- Madurez y Tiempo de corte.
- Propiedades Morfológicas
- Masa de caña utilizada

### **Trapiche:**

- Rendimiento y calidad del jugo.
- Rendimiento del bagazo.

### **Horno:**

- Cantidad y flujo de bagazo seco utilizada en la combustión.
- Temperaturas en diferentes puntos del horno y la descarga.
- Velocidades de aire y de los gases en la descarga del horno.

### **Puntera:**

- Cinética de la concentración del jugo de caña.
  - **Temperatura**
  - **Concentración de azúcar**

### **Horno – Puntera**

- Balances de masa y energía para cada equipo y el sistema.

### **Proceso:**

- Tiempo de producción.
- Nivel de producción de piloncillo granulado
- Calidad de los productos
  - **Análisis**
- Higiene y Seguridad

# TRABAJO EN CAMPO



# TRABAJO EN CAMPO



# TRABAJO EN CAMPO

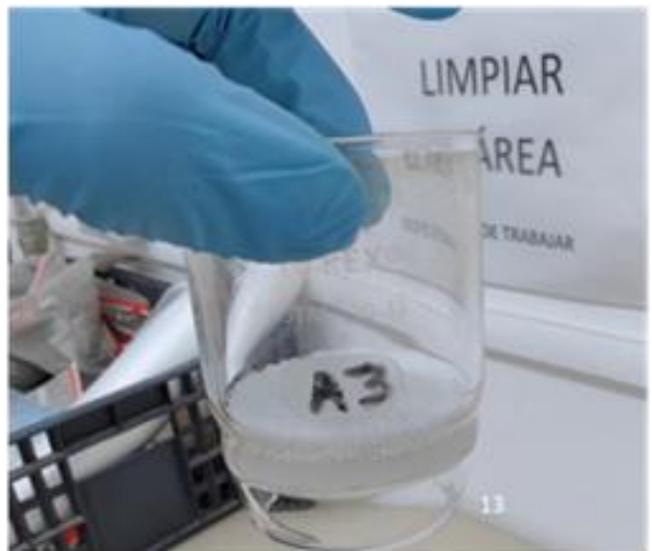
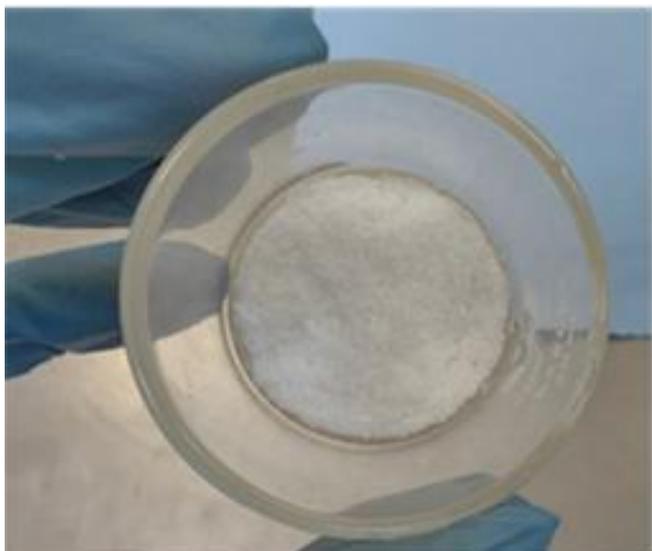


# TRABAJO EN CAMPO

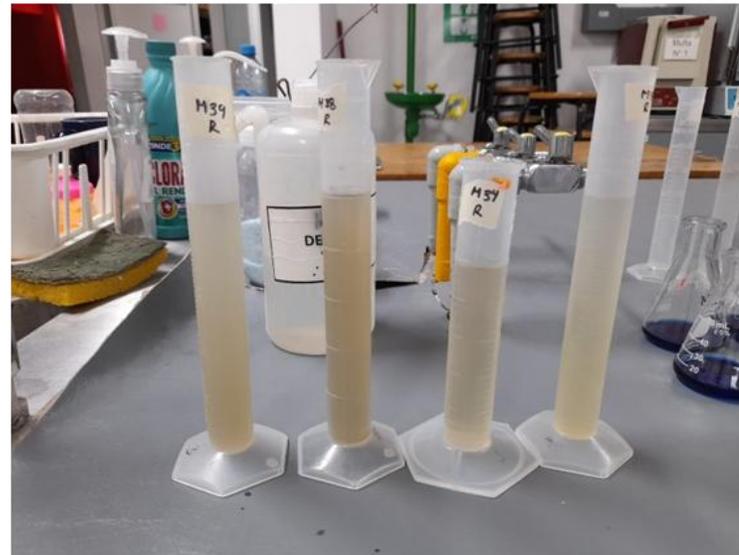
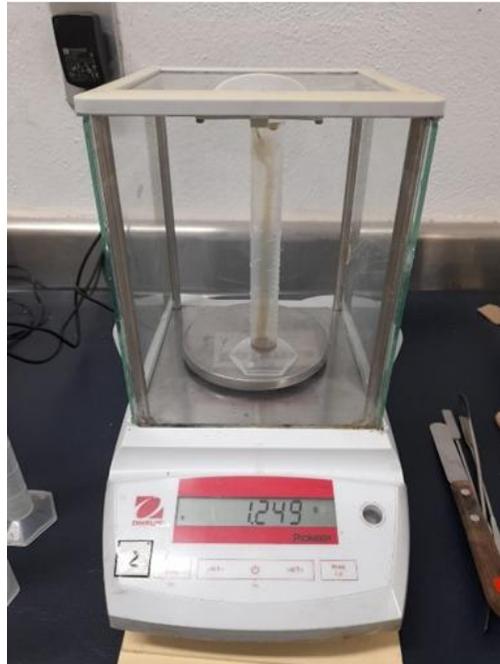


# TRABAJO EN LABORATORIO

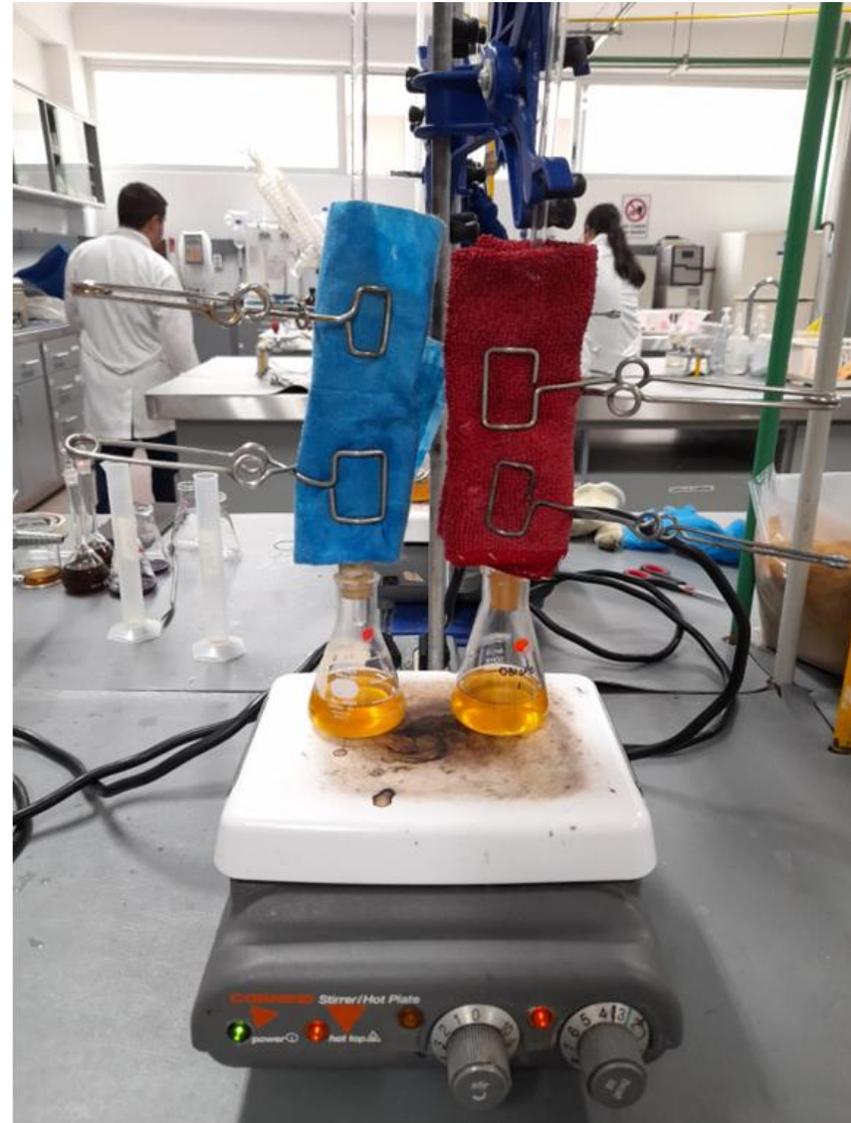
# TRABAJO EN LABORATORIO



# TRABAJO EN LABORATORIO



# MEDICIONES EN LABORATORIO



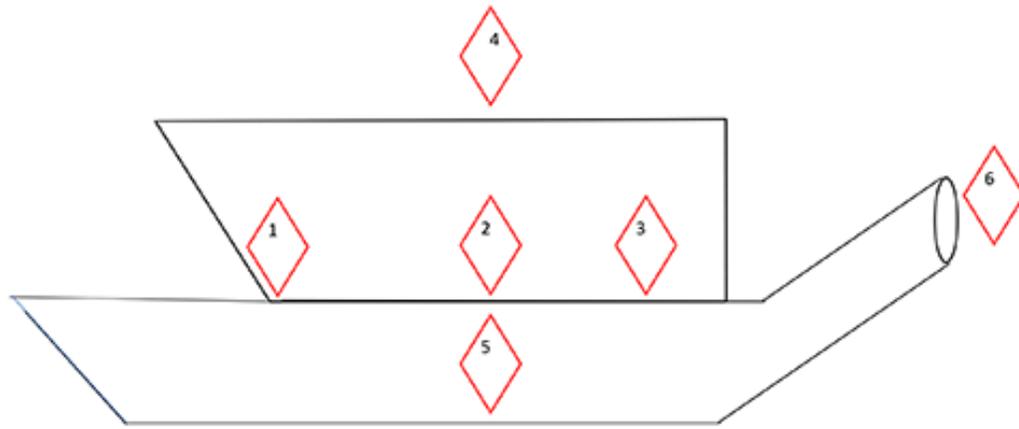
# TRABAJO EN LABORATORIO



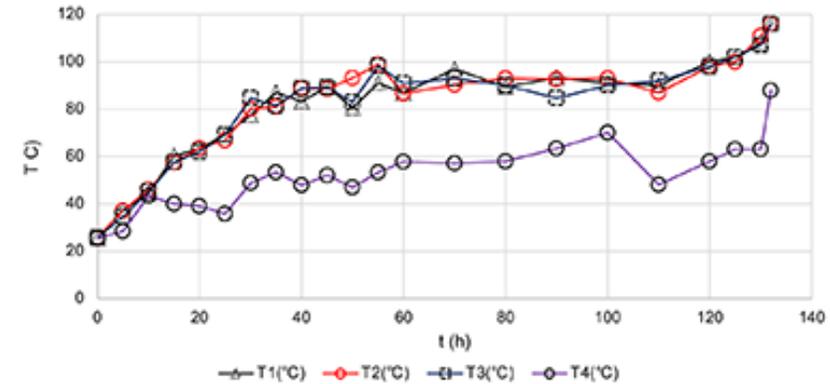
# CARACTERIZACIÓN HORNO – PUNTERA

Estudio realizado en las comunidades de “El Barracón” y “San José Xilatzén”  
en el Municipio de Tanlaajás, S.L.P.

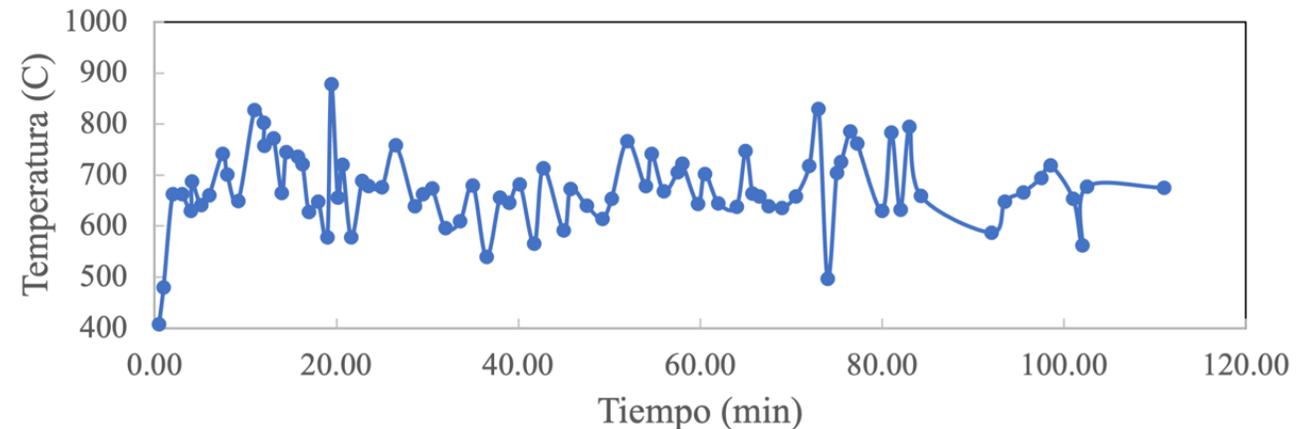
## Temperatura en el Horno y en la Puntera



## Perfil de la T en la puntera



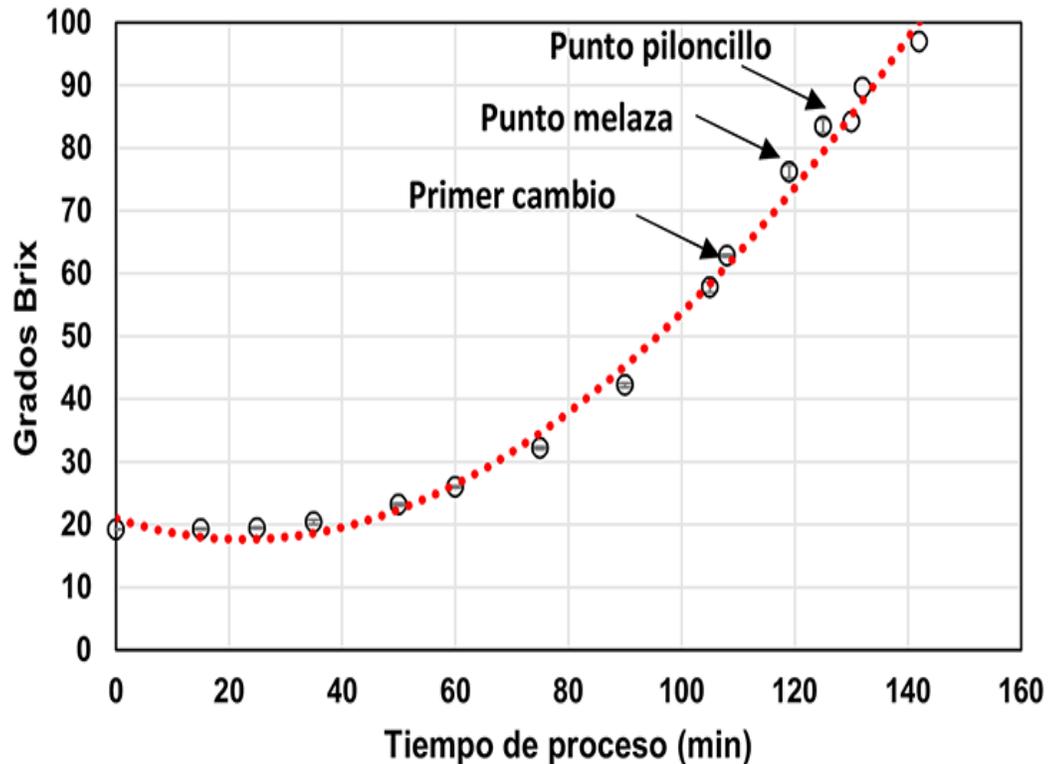
## Perfil de la T en el horno



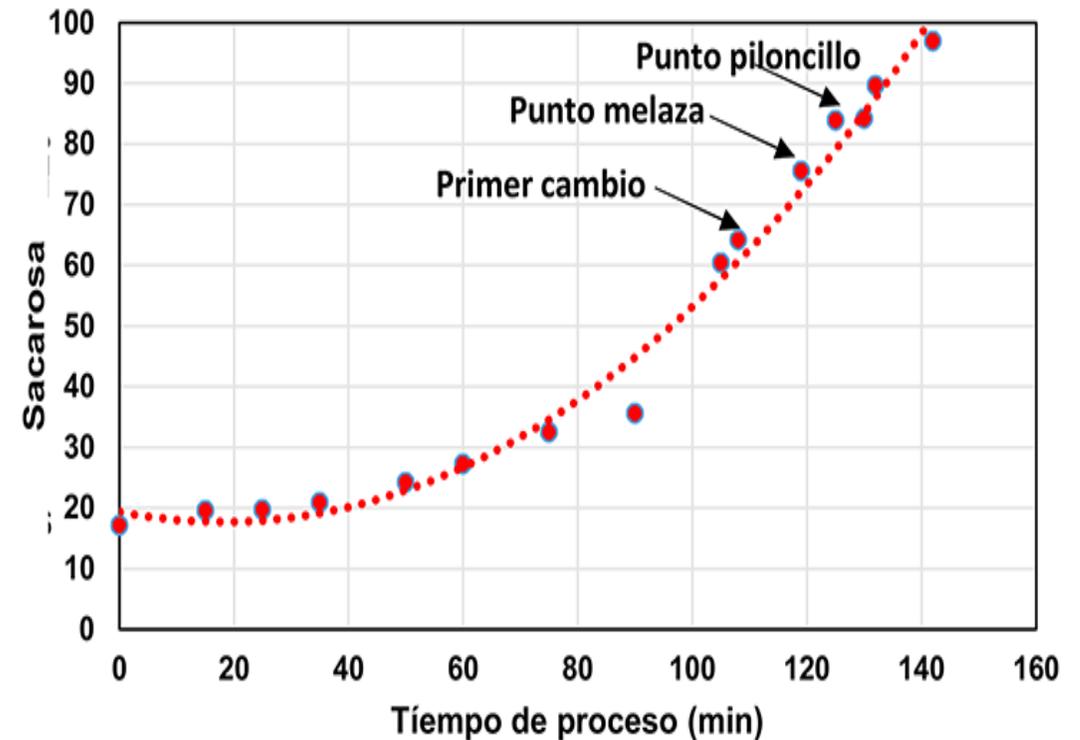
# CARACTERIZACION HORNO – PUNTERA

Estudio realizado en las comunidades de “El Barracón” y “San José Xilatzén”  
en el Municipio de Tanlajás, S.L.P.

## Perfil de Grados Brix en la puntera



## Perfil de Sacarosa en la puntera

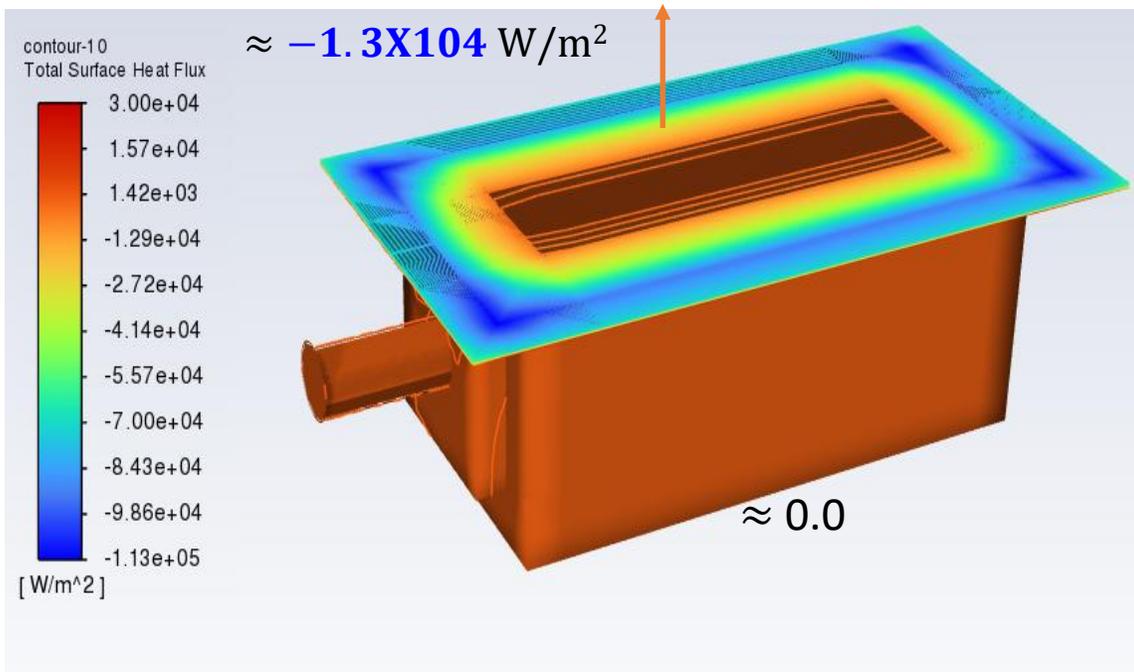


# CARACTERIZACION HORNO – PUNTERA

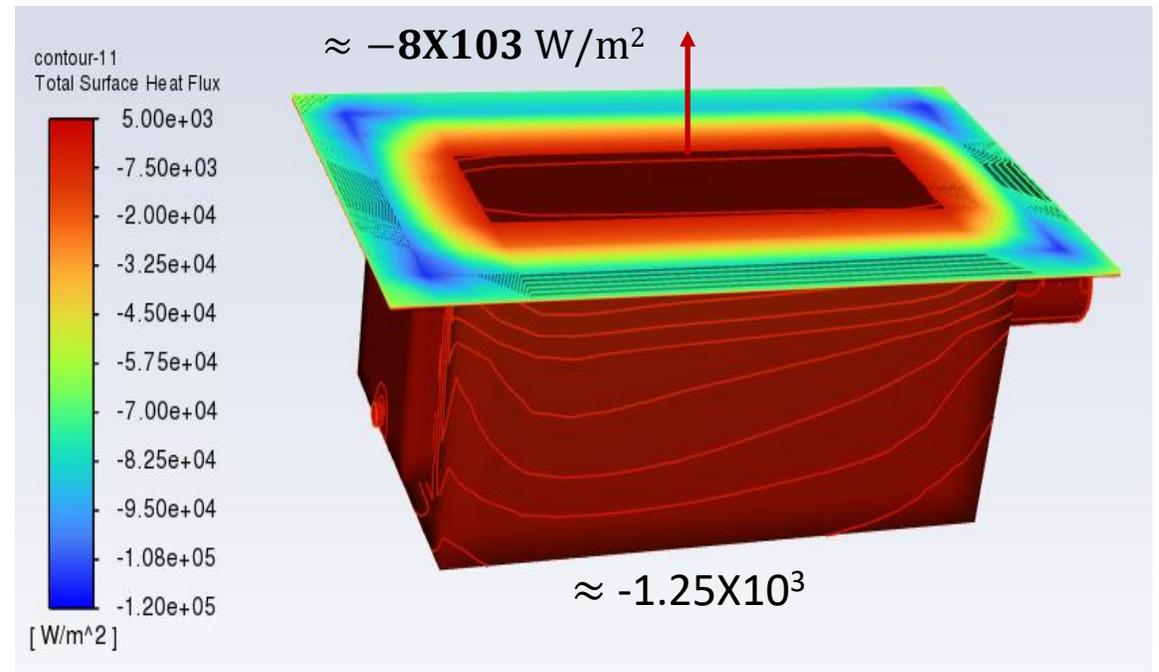
Simulaciones de proceso realizadas a partir de las mediciones de campo en las comunidades de “El Barracón” y “San José Xilatzén” en el Municipio de Tanlajás, S.L.P.

**Aire / Bagazo = 2**

**Flux de Calor con paredes aisladas**



**Flux de Calor con paredes sin aislar**



Las pérdidas de calor causan incremento en los tiempos de procesamiento  
**=> Es necesario aislar el horno con ladrillo refractario y la puntera con madera**

# CARACTERIZACION HORNO – PUNTERA

## Puntera

- Es necesario que la puntera sea “tan grande”?
  - Evaluar la relación Área/Volumen.
- Reducir las pérdidas de energía entre paredes de puntera y horno:
  - Reducir el consumo de bagazo.
- Definir el punto con base en:
  - Experiencia y Tradición
  - Temperatura y Grados Brix.
- Se requieren estudios con diferentes variedades de caña, en una misma puntera, para definir mejor las condiciones del “punto!

## Horno

- Uso de un proceso de “simulación” (Computadora) para describir proceso.
  - Validar resultados con datos experimentales.
  - Bases para el nuevo diseño del horno
- Diseñar y construir un horno es un espacio comunitario.
- Hacer mas experimentos y simulaciones para lograr mejores resultados.
- Propósito:
  - Mejorar la combustión y el uso de gases calientes.

# ***TRANSFERENCIA DE SABERES:***

- ***Espacio de Diálogo.***
- ***Comentarios***
- ***Preguntas***
- ***¿Qué aprendimos?***

# ***Tema 4***

# ***BUENAS PRÁCTICAS***



# BUENAS PRÁCTICAS

## Puntera

- Identificar la temperatura y grados brix para la obtención del “punto”.
- Reducir el tiempo de producción de piloncillo.
- Sellar las paredes en contacto con el horno.
- Uso de equipos de seguridad.
- Limpieza de equipos e instrumentos.

## Horno

- Reducir la cantidad de bagazo utilizado.
- Sellar las paredes para evitar perdidas de calor.
- Limpieza de la cámara de combustión y el ducto de humos.
- Construcción del horno a partir de un diseño.
- Construcción del horno con materiales aislantes.

# CARACTERIZACION HORNO – PUNTERA



# ***TRANSFERENCIA DE SABERES:***

- ***Espacio de Diálogo.***
  - ***Comentarios***
  - ***Preguntas***
- ***¿Qué acciones implementarás en el trapiche?***

# ***Tema 5***

## ***ÁREAS DE OPORTUNIDAD***



# AREAS DE OPORTUNIDAD

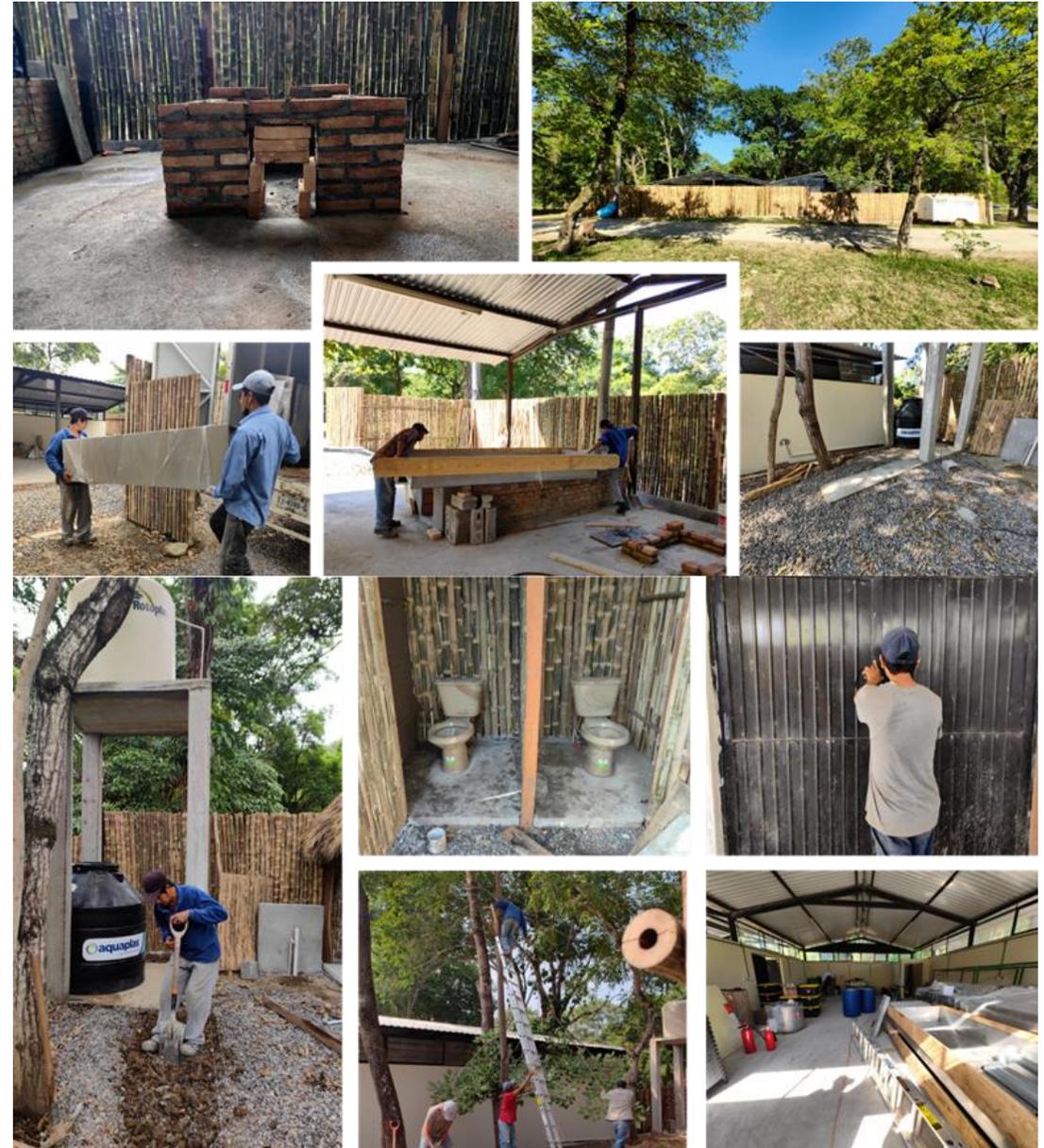
***En el proceso de producción artesanal de piloncillo granulado se identifican varias áreas de oportunidad en la operación del **HORNO** y la **PUNTERA**.***

***Con bases de ciencia y tecnología se busca:***

- ***Eficiencia en en uso de energía calorífica.***
- ***Mejorar la calidad y productividad de piloncillo.***
- ***Diversificar / Generar nuevos productos.***

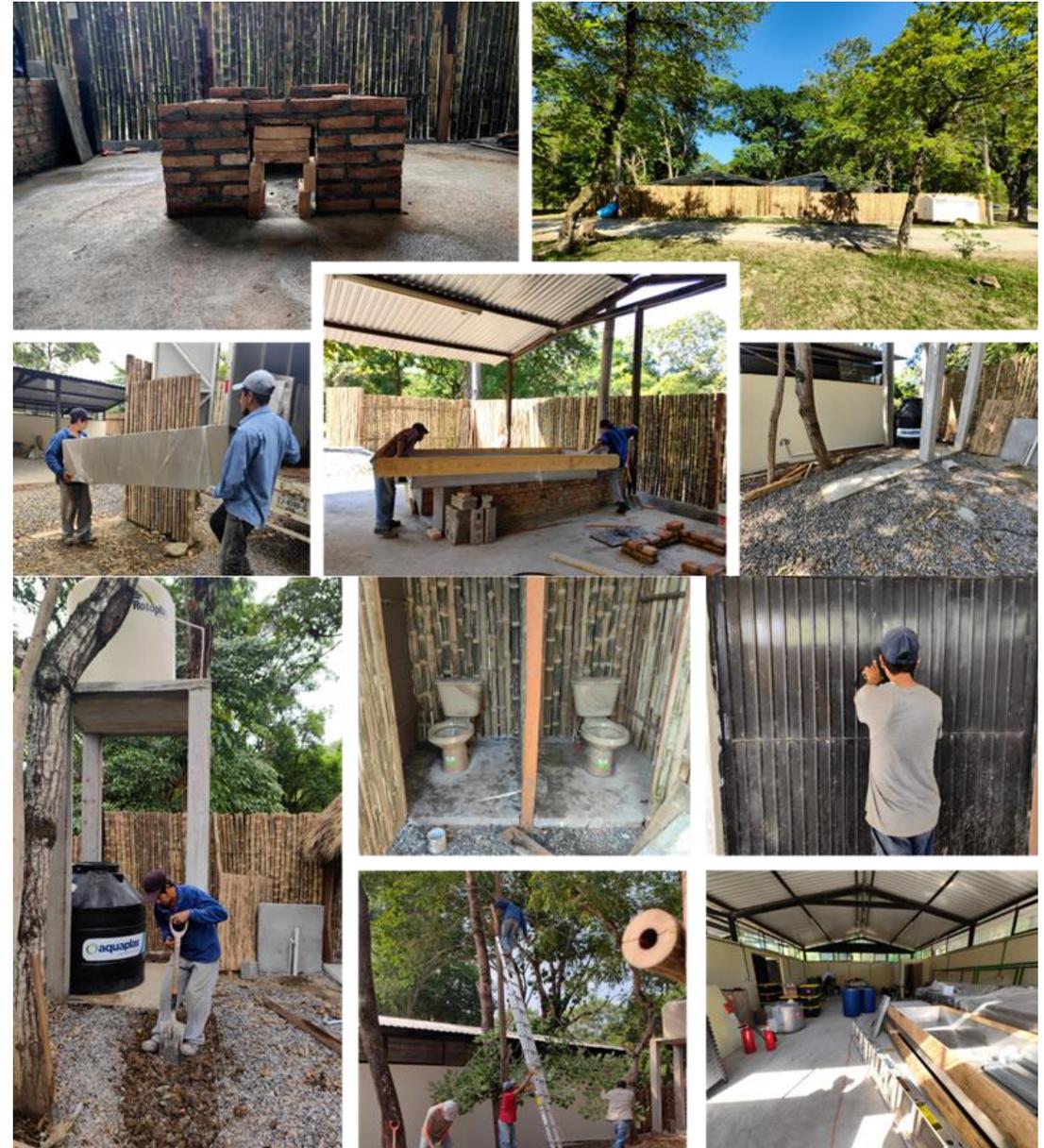
# ÁREAS DE OPORTUNIDAD

***CIVASORER:***



## ***CIVASORER:***

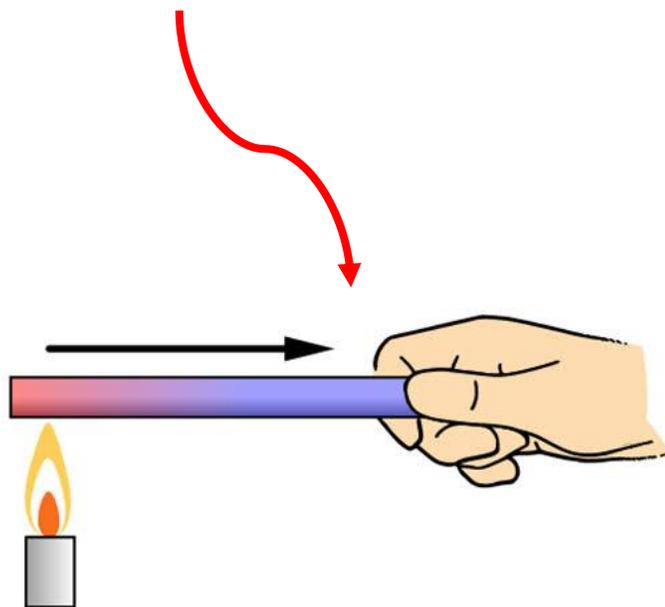
***Escuela de formación  
de Productores.***



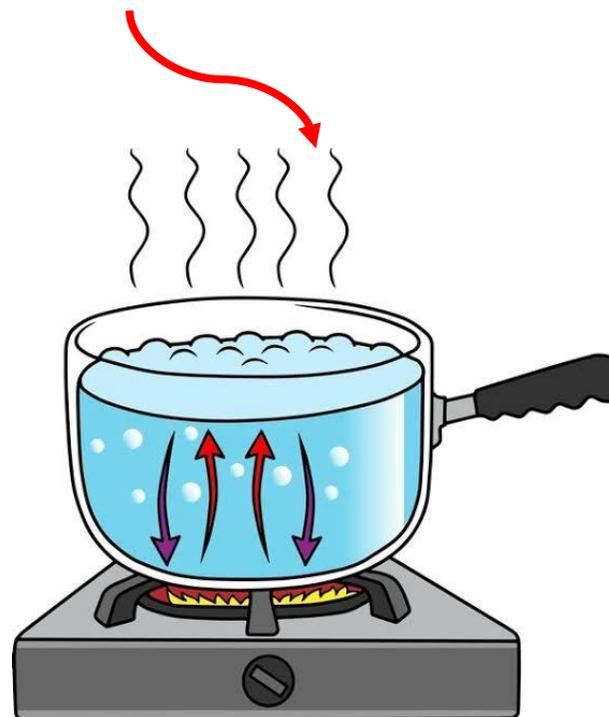
# EVALUACIÓN

## TRANSFERENCIA DE CALOR

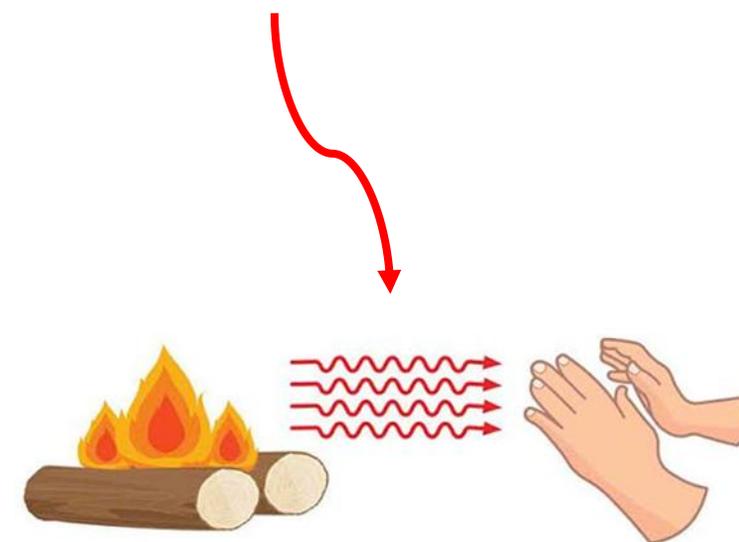
### CONDUCCIÓN



### CONVECCIÓN



### RADIACIÓN

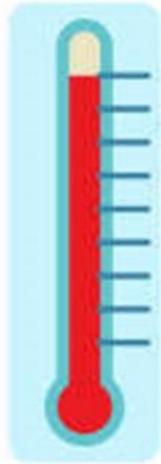


EN EL HORNO Y LA PUNTERA ¿QUÉ MÉTODO DE  
TRANSFERENCIA DE CALOR OCURRE?

# EVALUACIÓN

## TRANSFERENCIA DE CALOR

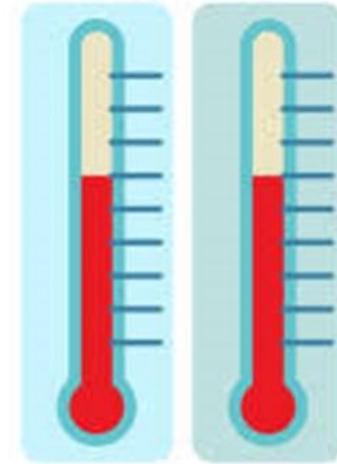
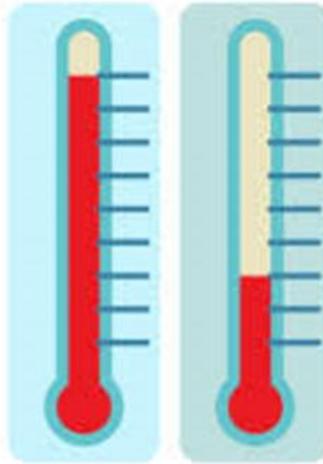
TEMPERATURA A



TEMPERATURA B



TEMPERATURA C



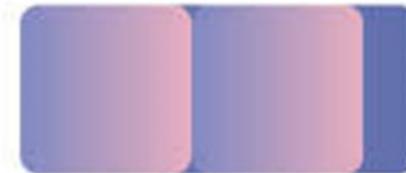
CALIENTE



FRIO



TRANSFERENCIA  
DE CALOR



EQUILIBRIO DE  
TEMPERATURA

DURANTE LA EVAPORACIÓN LAS MOLÉCULAS DE AGUA EN EL FONDO DE LA PUNTERA SUBEN  
MIENTRAS AUMENTA LA TEMPERATURA.

# EVALUACIÓN

## TRANSFERENCIA DE CALOR



¿CUÁL OLLA TIENE MAYOR ÁREA DE CONTACTO CON EL CALOR?

¿CUÁL OLLA OCUPARÁ MENOR TIEMPO DE CALENTAMIENTO?

# ***TRANSFERENCIA DE SABERES:***

- ***Espacio de Diálogo.***
  - ***Comentarios***
  - ***Preguntas***
- ***¿Te interesa ser capacitado en el trapiche?***

# ***RETRO- ALIMENTACIÓN***



# RETROALIMENTACIÓN

- 1. ¿La presentación cubrió tus expectativas?**
- 2. ¿Crees que es necesario colocar un tema al taller?**
- 3. ¿El material de apoyo te resultó comprensible?**
- 4. ¿Qué te pareció el / los expositor (es) ?**
- 5. ¿Qué opinas de la infraestructura donde se llevó acabo la exposición?**

# RETROALIMENTACIÓN

- *¿Cuál de los 5 temas te resulto sencillo de entender?*
- *¿Cuál de los 5 temas te resulto difícil de entender?*
- *¿Qué recomendaciones sugiere para los temas presentados?*
- *Deja tu opinión sobre el taller.*

# ***EVALUACIÓN***



# ***SEGUIMIENTO***



# CONTACTO

***MC Fabiola González Palomo***

***[fabiola.palomo@uaslp.mx](mailto:fabiola.palomo@uaslp.mx)***

***Dr. Marco A. Sánchez Castillo***

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

***WhatsApp: 444-191-9952***