



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

# **“DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LOS PROVEEDORES DE LA CENTRAL PANELERA TENIENTE HUGO ORTIZ EN LA PARROQUIA TARQUI”**

## **Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

## **INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:** FRANCISCO ESTEBAN JARAMILLO PUMALEMA

**DIRECTOR:** Dr. CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Francisco Esteban Jaramillo Pumalema**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, FRANCISCO ESTEBAN JARAMILLO PUMALEMA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados logrados son verídicos y originales. Los textos en el documento provienen de otras fuentes de información bibliográficas que están debidamente citadas y referenciadas.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de Abril de 2021

**Francisco Esteban Jaramillo Pumalema**

**1600707804**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Los miembros del Trabajo de Integración Curricular certifican que: El trabajo de integración curricular: Tipo proyecto técnico “**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LOS PROVEEDORES DE LA CENTRAL PANELERA TENIENTE HUGO ORTIZ EN LA PARROQUIA TARQUI**”, realizado por el señor: FRANCISCO ESTEBAN JARAMILLO PUMALEMA, ha sido minuciosamente revisado por los Miembro del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Segundo Hugo Calderón <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-04-09
Dr. Celso Guillermo Recalde Moreno <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2021-04-09
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-04-09

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de integración curricular se lo dedico en primer lugar a Dios por haberme dado la sabiduría para realizarlo y la fuerza para superar todos los imprevistos que se presentaron. A mi familia que siempre ha estado para apoyarme en todo lo que necesité y a darme ese apoyo moral que tanto se necesita.

Francisco

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo agradecer de manera especial a Dios y a mis padres por el apoyo que siempre me han brindado y a todas las personas que estuvieron a mí alrededor para darme la fuerza y el ánimo para seguir progresando como profesional.

Francisco

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1</b> <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1</b> <b>Identificación del problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2</b> <b>Beneficiarios directos e indirectos</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.1</b> <i>Beneficiarios directos</i> .....	<b>3</b>
<b>1.2.2</b> <i>Beneficiarios indirectos</i> .....	<b>3</b>
<b>1.3</b> <b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3.1</b> <i>Objetivo General</i> .....	<b>3</b>
<b>1.3.2</b> <i>Objetivos Específicos</i> .....	<b>3</b>
<b>1.4</b> <b>Localización del proyecto</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2</b> <b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1</b> <b>Antecedentes panelera “Alfredo López”</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1.1</b> <i>Descripción</i> .....	<b>5</b>
<b>2.2</b> <b>Caña de azúcar</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.1</b> <i>Definición</i> .....	<b>5</b>
<b>2.2.2</b> <i>Variedades</i> .....	<b>6</b>
<b>2.2.3</b> <i>Composición físico-química de la caña de azúcar</i> .....	<b>7</b>
<b>2.2.4</b> <i>Nutrientes y fertilizantes</i> .....	<b>9</b>
<b>2.2.5</b> <i>Azúcar en la caña</i> .....	<b>9</b>

2.2.6	<i>Inversión de la sacarosa</i> .....	10
2.3	<b>Derivados de la caña de azúcar</b> .....	10
2.3.1	<i>Miel hidrolizada</i> .....	10
2.3.2	<i>Cachaza</i> .....	10
2.3.3	<i>Melote</i> .. .....	11
2.3.4	<i>Bagazo</i> .....	11
2.3.5	<i>Panela Granulada</i> .....	11
2.3.6	<i>Panela sólida</i> .....	12
2.3.7	<i>Miel virgen de caña de azúcar</i> .....	12
2.4	<b>Normativa vigente</b> .....	12
2.4.1	<i>NTE INEN 2331</i> .....	12
2.4.2	<i>Norma Técnica Colombiana NTC 1846</i> .....	13
2.4.2.1	<i>Azúcares reductores</i> .....	14
2.4.2.2	<i>Grados Brix</i> .....	14
2.4.2.3	<i>Dióxido de azufre</i> .....	14
2.5	<b>Buenas Prácticas Agrícolas o BPA</b> .....	14
2.5.1	<i>Adecuación del suelo</i> .....	14
2.5.1.1	<i>Separación del rastrojo</i> .....	15
2.5.1.2	<i>Preparación con azadón de forma manual</i> .....	15
2.5.1.3	<i>Surcado</i> .....	15
2.5.2	<i>Elección de semillas</i> .....	15
2.5.3	<i>Siembra de la caña</i> .....	16
2.5.3.1	<i>Siembra a chorrillo</i> .....	17
2.5.3.2	<i>Siembra por mateado</i> .....	17
2.5.4	<b>Resiembra regenerativa</b> .....	17
2.5.4.1	<i>“Deshije de retoños o plántulas de cepas ya emergidas”</i> .....	18
2.5.4.2	<i>“Cangres sembrados directamente en los sitios de calvas (espacios entre plantas) ...</i>	18
2.5.4.3	<i>“Yemas pregerminadas para resiembra directa”</i> .....	18
2.5.4.4	<i>“Renovación de cultivos de caña con variedades mejoradas”</i> .....	19

<b>2.5.5</b>	<b>Análisis de suelos</b> .....	19
2.5.5.1	Muestras de suelo.....	19
2.5.5.2	Procedimiento de toma de muestra .....	19
2.5.5.3	Análisis de laboratorio .....	20
<b>2.5.6</b>	<b>Fertilización</b> .....	20
2.5.6.1	Nutrientes que asimila la caña de azúcar.....	20
2.5.6.2	Fertilizantes orgánicos.....	21
<b>2.5.7</b>	<b>Control de malezas</b> .....	22
<b>2.5.8</b>	<b>Condiciones de producción</b> .....	22
2.5.8.1	Apronte.....	22
2.5.8.2	Proceso de elaboración de panela .....	23
2.5.8.3	Extracción de jugos.....	23
2.5.8.4	Limpieza del guarapo.....	24
2.5.8.5	Evaporación de agua y concentración de azúcares.....	25
2.5.8.6	Punteo.....	26
2.5.8.7	Batido y moldeo.....	26
2.5.8.8	Empacado y almacenamiento .....	26

### **CAPÍTULO III**

<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
<b>3.1</b>	<b>Tipo de estudio</b> .....	27
<b>3.2</b>	<b>Metodología</b> .....	27
3.2.1	<i>Método Deductivo</i> .....	27
3.2.2	<i>Método Inductivo</i> .....	27
<b>3.3</b>	<b>Metodologías y Técnicas</b> .....	27
<b>3.4</b>	<b>“Buenas Prácticas Agrícolas” o BPA en la elaboración de panela</b> .....	28
3.4.1	<i>Almacenamiento de la materia prima</i> .....	28
3.4.2	<i>Molienda caña de azúcar</i> .....	28
3.4.3	<i>Clarificación del jugo de caña</i> .....	29
3.4.4	<i>Concentración del jugo de caña</i> .....	29
3.4.5	<i>Extracción miel virgen</i> .....	29

3.4.6	<i>Punteo</i> .....	29
3.4.7	<i>Batido</i> .....	30
3.4.8	<i>Moldeo</i> .....	30
3.4.9	<i>Enfriamiento</i> .....	30
3.4.10	<i>Empacado</i> .....	30

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Implementación de las BPA al trapiche panelero “Alfredo López”</b> .....	<b>31</b>
4.1.1	<i>Almacenamiento de la caña de azúcar</i> .....	31
4.1.2	<i>Molienda o extracción del jugo de la caña</i> .....	32
4.1.3	<i>Clarificación o prelimpieza de jugo</i> .....	35
4.1.4	<i>Concentración del jugo de caña</i> .....	36
4.1.5	<i>Extracción miel virgen</i> .....	37
4.1.6	<i>Punteo</i> .....	39
4.1.7	<i>Batido</i> .....	40
4.1.8	<i>Enfriamiento</i> .....	41
4.1.9	<i>Moldeo</i> .....	42
4.1.10	<i>Empacado</i> .....	44
<b>4.2</b>	<b>Evaluación de productos “Alfredo López”</b> .....	<b>46</b>
4.2.1	<i>Resultados miel de caña de azúcar</i> .....	46
4.2.2	<i>Resultados panela sólida en bloque</i> .....	47
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>52</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>53</b>

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Coordenadas geográficas de Tarqui .....	4
<b>Tabla 1-2:</b> Variedades de caña de azúcar .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Composición físico-química de la.....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Guía de recomendaciones de fertilización en Ecuador .....	9
<b>Tabla 4-2:</b> Requisitos mieles vírgenes de caña de azúcar .....	13
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados análisis de laboratorio para miel de caña de azúcar .....	46
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados físico-químicos para panela sólida en bloque .....	47
<b>Tabla 3-4:</b> Resultados contaminantes para panela sólida en bloque .....	50
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados microbiológicos para panela sólida en bloque .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Georreferenciación del Trapiche “Alfredo López” .....	4
<b>Figura 1-2:</b> Caña de azúcar variedad “Limeña” .....	6
<b>Figura 2-2:</b> Caña de azúcar variedad “Limeña” .....	10
<b>Figura 3-2:</b> Miel virgen de caña de azúcar .....	12
<b>Figura 4-2:</b> Dosis de Fertilizante compuesto 10-20-20 (N-P-K) .....	21
<b>Figura 5-2:</b> Nutrientes presentes en distintos tipos de estiércol.....	21
<b>Figura 6-2:</b> Proceso de elaboración de panela .....	23
<b>Figura 7-2:</b> Cantidad de panela por tonelada caña .....	24
<b>Figura 1-4:</b> Caña de azúcar arrumada .....	31
<b>Figura 2-4:</b> Variedades de caña de azúcar .....	32
<b>Figura 3-4:</b> Trapiche de 3 masas .....	33
<b>Figura 4-4:</b> Molienda caña de azúcar .....	33
<b>Figura 5-4:</b> Tamizado de jugo de caña de azúcar .....	34
<b>Figura 6-4:</b> Clarificación o prelimpieza del jugo.....	35
<b>Figura 7-4:</b> Evaporación 1 de jugo de caña de azúcar .....	36
<b>Figura 8-4:</b> Evaporación 2 de jugo de caña .....	37
<b>Figura 9-4:</b> Temperatura de extracción de miel .....	38
<b>Figura 10-4:</b> Grados Brix de miel de caña .....	38
<b>Figura 11-4:</b> Muestra miel virgen de caña de azúcar.....	39
<b>Figura 12-4:</b> Punteo de miel de caña de azúcar .....	40
<b>Figura 13-4:</b> Batido de miel de caña de azúcar .....	41
<b>Figura 14-4:</b> Batido de miel de caña de azúcar .....	42
<b>Figura 15-4:</b> Moldeo de la panela sólida en .....	43
<b>Figura 16-4:</b> Enfriamiento de los bloques .....	44
<b>Figura 17-4:</b> Empacado de panela sólida .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Georreferenciación del Trapiche “Alfredo López” .....	4
<b>Figura 1-2:</b> Caña de azúcar variedad “Limeña” .....	6
<b>Figura 2-2:</b> Caña de azúcar variedad “Limeña” .....	10
<b>Figura 3-2:</b> Miel virgen de caña de azúcar .....	12
<b>Figura 4-2:</b> Dosis de Fertilizante compuesto 10-20-20 (N-P-K) .....	21
<b>Figura 5-2:</b> Nutrientes presentes en distintos tipos de estiércol.....	21
<b>Figura 6-2:</b> Proceso de elaboración de panela.....	23
<b>Figura 7-2:</b> Cantidad de panela por tonelada caña .....	24
<b>Figura 1-4:</b> Caña de azúcar arrumada .....	31
<b>Figura 2-4:</b> Variedades de caña de azúcar.....	32
<b>Figura 3-4:</b> Trapiche de 3 masas .....	33
<b>Figura 4-4:</b> Molienda caña de azúcar .....	33
<b>Figura 5-4:</b> Tamizado de jugo de caña de azúcar .....	34
<b>Figura 6-4:</b> Clarificación o prelimpieza del jugo.....	35
<b>Figura 7-4:</b> Evaporación 1 de jugo de caña de azúcar .....	36
<b>Figura 8-4:</b> Evaporación 2 de jugo de caña.....	37
<b>Figura 9-4:</b> Temperatura de extracción de miel .....	38
<b>Figura 10-4:</b> Grados Brix de miel de caña .....	38
<b>Figura 11-4:</b> Muestra miel virgen de caña de azúcar.....	39
<b>Figura 12-4:</b> Punteo de miel de caña de azúcar.....	40
<b>Figura 13-4:</b> Batido de miel de caña de azúcar .....	41
<b>Figura 14-4:</b> Batido de miel de caña de azúcar .....	42
<b>Figura 15-4:</b> Moldeo de la panela sólida en .....	43
<b>Figura 16-4:</b> Enfriamiento de los bloques .....	44
<b>Figura 17-4:</b> Empacado de panela sólida .....	45

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA

**ANEXO B:** OBTENCIÓN DE LA MIEL DE CAÑA DE AZÚCAR

**ANEXO C:** OBTENCIÓN DE LA PANELA

**ANEXO D:** ANÁLISIS DE LA MIEL DE CAÑA DE AZÚCAR

**ANEXO E:** ANÁLISIS DE LA PANELA SÓLIDA EN BLOQUE

## RESUMEN

El objetivo que tuvo este proyecto fue obtener un proceso de control de calidad para mieles de caña de azúcar que elaboran los pequeños paneleros en la parroquia Tarqui. Para lo cual se revisó bibliográficamente estudios y análisis que se hayan hecho a los derivados de caña de azúcar, para aplicar metodologías y comparar resultados con la normativa vigente. La adaptación de los procedimientos y los parámetros necesarios para extraer miel de un proceso de elaboración de panela sólida en bloque se basaron fundamentalmente en las Buenas Prácticas de Agricultura. La normativa que se usó está conformada por la norma técnica colombiana 1846, que comprende requisitos tales como: cantidad de azúcares totales reductores (65%), grados Brix (68) y contenido de dióxido de azufre (0,003%). Además, la norma INEN 2331, que engloba los requisitos de panela sólida, mismos que se dividen en: físico químicos, contaminantes y microbiológicos, ayudaron a la comprobación de la calidad del producto final. La miel extraída en el trapiche “Alfredo López” cumplió con los parámetros de calidad y se definió su punto de extracción, mismo que se encuentra cercano a los 109 °C y una concentración de sólidos solubles alrededor de 76 °Brix, sin embargo la calidad del producto final presentó insuficiencia de minerales (potasio, calcio y fósforo). Se concluye que la extracción de la miel virgen de caña de azúcar, variedad “Limeña”, en el proceso tradicional de elaboración de panela sólida en bloque es favorable y factible de realizar. Se recomienda aplicar un análisis a la composición de los suelos de cultivo ya que se presume la insuficiencia de minerales en el mismo, esto repercute directamente en el rendimiento de la producción de caña de azúcar y las características de calidad de la panela sólida en bloque.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <CAÑA DE AZÚCAR>, <MIEL>, <PANELA>, <NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 1846>, <NORMA INEN 2331>, <TEMPERATURA>, <GRADOS BRUX>, <BUENAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA>

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, I=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.03.15 11:49:07  
-05'00'



0759-DBRAI-UPT-2021

## ABSTRACT

The objective of this project was to obtain quality control in the production of sugar cane honey made by small artisans in the Tarqui parish. The bibliography of previous studies and analyses of sugarcane derivatives was reviewed to apply methodologies and compare results with current regulations. The adaptation of the procedures and the parameters necessary to extract honey from a solid panela production process were fundamentally based on Good Agricultural Practices. The regulations used are made up of the Colombian technical standard 1846, which includes requirements such as the amount of total reducing sugars (65%), Brix degrees (68) and sulphur dioxide content (0.003%). Also, the INEN 2331 standard, which contains the requirements for solid panela, which are divided into physical, chemical, pollutant and microbiological, helped to verify the quality of the final product. The honey extracted in the "Alfredo López" Trapiche met the quality parameters, and its extraction point was defined, which is close to 109 ° C and a concentration of soluble solids around 76 ° Brix. However, the quality of the final product presented insufficient minerals (potassium, calcium, and phosphorus). It is concluded that the extraction of virgin honey from sugar cane, variety "Limeña", in the traditional process of making solid panela is favourable and feasible. It is recommended to apply an analysis to the composition of the cultivation soils since the insufficiency of minerals in it is presumed, this directly affects the yield of the sugarcane production and the quality characteristics of the solid panela.

**Keywords:** <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <SUGAR CANE>, <MIEL>, <PANELA>, <COLOMBIAN TECHNICAL STANDARD 1846>, <INEN STANDARD 2331>, <TEMPERATURE>, <BRIX DEGREES>, <GOOD PRACTICES OF AGRICULTURE>

## INTRODUCCIÓN

La producción de caña de azúcar en Pastaza, se basa especialmente en la variedad denominada “Limeña”. A partir de esta materia prima se puede obtener miel, caña de fruta, alcohol y el producto principal panela, la misma que se puede producir en dos presentaciones, en bloque y granulada. Del total de la producción de caña de azúcar en esta provincia, el 30% se destina para el consumo como fruta y el resto se lo utiliza en la industria panelera y de agua ardiente (García et al., 2018, p. 63).

La mayoría de los trapiches paneleros en esta provincia trabajan con un proceso tradicional, usando como materia prima la caña de azúcar. Su producción se basa solo en panela sólida en bloque o granulada y trabajan bajo pedido, es decir, el cliente decide la cantidad de panela que necesita elaborar el trapiche. Su procedimiento no tiene una tecnificación, más bien priman los conocimientos empíricos que se han ido transmitiendo de generación en generación y eso impide que se pueda mejorar la calidad del producto final ya que al no realizar un control ni comparar con estándares, el procedimiento no cambia ni se adapta a las nuevas necesidades que existen.

Hoy en día existen variados artículos que tratan el tema de la elaboración de panela, los mismos que se enfocan desde la siembra de la caña de azúcar hasta la elaboración de distintos derivados que vayan satisfaciendo las necesidades del mercado. Por lo que es importante adaptar las nuevas técnicas que se han desarrollado a los procedimientos que ya se tienen o se manejan en cada trapiche, toda la información se puede obtener de artículos científicos, revistas, estudios e incluso en normas de calidad.

El mejoramiento de los productos abrirá nuevas puertas a los pequeños cañicultores y paneleros de la provincia, ya que no solo la calidad final de su producto cambiará sino que también su volumen de producción, teniendo la posibilidad de producir continuamente y no solo cuando hay la necesidad. Esto se ve favorecido también por la apertura en Pastaza en la parroquia Teniente Hugo Ortiz de una central panelera, denominada como la más grande del país. Dicha infraestructura posee tecnología colombiana y una capacidad de 300 kilogramos hora. Por lo que se espera que esta central haga posible la reactivación económica de las familias cañicultoras de toda la provincia (Olmedo, 2020, p. 1).

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Identificación del problema

A pesar que la demanda de productos orgánicos en el mercado internacional ha ido creciendo en los últimos años, en Ecuador no se ha implementado normativas aceptadas internacionales. Entre ellos la escasa producción de la panela con sello verde a nivel nacional, no obstante, el producto tiene una demanda representativa en el mercado al ser un alimento nutritivo al contener: potasio, calcio, magnesio, fósforo, sodio, etc. y natural al no usarse aditivos ni conservantes. El mercado está abastecido por países que han tecnificado su producción de panela para poder exportarla y satisfacer la demanda de este producto. Lo que limita al productor nacional.

Según datos proporcionados por (minagricultura, 2019), el mayor productor de panela a nivel mundial es la India con una producción de 7.236 toneladas de panela en el año 2018, seguido de nuestro vecino Colombia con una producción de 1.787 toneladas en el mismo año (minagricultura, 2019). En nuestro país Ecuador la producción de panela según (Gaibor, 2013, p. 2) la realizan los pequeños cañicultores, los cuales lo hacen artesanalmente de una manera ineficiente, esto provoca que sea un producto de baja calidad y otra de las falencias importantes es que estos productores trabajan de forma individualista, para poder protegerse de la intermediación (Gaibor, 2013, p. 2). Todos estos factores han hecho que este sector panelero, que tiene un potencial muy amplio de explotación, no se aproveche de la manera más efectiva, dejando a un lado esta agroindustria en el Ecuador.

Todo esto señala una falta de legislación, es decir, un control en los procedimientos que se realizan en los trapiches paneleros. Al no controlar las condiciones del proceso se da paso a un gran abanico de problemas que pueden surgir, incluso, desde la calidad de la materia prima hasta productos finales como pueden ser panela, miel, etc. Si bien es cierto que los conocimientos empíricos que poseen los paneleros son muy útiles y valiosos, es necesario comprobar que el producto que se ofrece al mercado cumple con todas las características que debe tener. Y para evitar que esto represente grandes gastos al productor, se nota la necesidad de indagar en fuentes de información fidedigna que han tratado con el tema de la panela y poder adaptar estos conocimientos a los procesos ya existentes, de esta manera mejorar la calidad de producción sin repercutir negativamente en la economía de la misma.

## **1.2 Beneficiarios directos e indirectos**

### ***1.2.1 Beneficiarios directos***

Los beneficiarios directos para el presente trabajo de integración curricular son, tanto la central panelera Teniente Hugo Ortiz, dado que tendrá un mayor volumen de producción, y los proveedores de esta central panelera pertenecientes a la parroquia Tarqui.

### ***1.2.2 Beneficiarios indirectos***

El beneficiario indirecto principal para este trabajo de integración curricular son los consumidores, que podrán tener acceso a un producto orgánico y nutritivo.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

- Diseñar y validar un proceso de control de calidad basado en la norma técnica colombiana 1846 y la norma técnica ecuatoriana INEN 2331 para los proveedores de la central panelera Teniente Hugo Ortiz en la parroquia Tarqui.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Establecer los parámetros de control de calidad de las mieles de caña de azúcar.
- Diseñar el proceso de control de calidad de las mieles de caña de azúcar.
- Validar el proceso de control de calidad basado en la norma técnica colombiana 1846 y la norma técnica ecuatoriana INEN 2331.

## **1.4 Localización del proyecto**

Este proyecto se realizó en la parroquia Tarqui, Provincia de Pastaza, Ecuador. En el trapiche del señor Alfredo López, ubicado en la calle 24 de Mayo diagonal a la comunidad San Jacinto.



**Figura 1-1:** Georreferenciación del Trapiche “Alfredo López”

**Fuente:** (Google Maps, 2021)

**Tabla 1-1:** Coordenadas geográficas de Tarqui

<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	
<b>Provincia</b>	Pastaza
<b>Cantón</b>	Puyo
<b>Parroquia</b>	Tarqui
<b>Límites</b>	NORTE: Cantón Puyo. SUR: Parroquia Madre Tierra. ESTE: Comunidad San Jacinto. OESTE: Provincia Morona Santiago.
<b>Coordenadas</b>	1°31'34.75" S 77°59'49.17" O
<b>Elevación</b>	929 m
<b>Alt. ojo</b>	931 m

**Fuente:** Google Maps, 2021.

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco, 2021)

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Antecedentes panelera “Alfredo López”

##### 2.1.1 Descripción

La panelera “Alfredo López” es una pequeña empresa familiar que se dedica a la producción de panela en bloque de una forma tradicional. Forma parte de la “Asociación de Cañicultores de Pastaza” y tienen su mercado en el sector panelero, en donde comercian solo panela en presentación de bloque, pero en diferentes tamaños: 1,2 y 4 libras.

El tipo de caña que se usa en esta panelera es la denominada “Limeña”, la misma que sirve tanto para consumir como fruta o en su forma más elaborada panela. La capacidad de producción es 800 litros/hora de jugo clarificado y una producción de 25 a 30 bultos de ladrillo de 2 libras por día, en cada bulto se encuentra 50 ladrillos de panela. La cantidad de bultos y los tipos de presentación dependen del cliente, ya que esta panelera trabaja principalmente bajo pedido.

La ideología de esta panelera familiar es la venta de panela en bloque en el mercado local, sin embargo están dispuestos a explorar nuevos mercados e incluso a vender nuevos productos, ya que su producción no es continua, depende de la cantidad de pedidos que hagan sus clientes y los precios de su producto varían dependiendo de la oferta y demanda que exista.

#### 2.2 Caña de azúcar

##### 2.2.1 Definición

La caña de azúcar o simplemente caña, es una hierba gigante, misma que pertenece a la familia de las gramíneas, de la cual se extrae un jugo rico en azúcares presente principalmente en su tallo. Su nombre científico es (*Saccharum officinarum*) y se la utiliza principalmente en la industria panelera y azucarera (Quezada, 2007, p. 5).



**Figura 1-2:** Caña de azúcar variedad “Limeña”

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

Esta planta tiene la capacidad de generar inflorescencias masculinas y femeninas en su mismo tallo, dicho fenómeno la hace denominarse monoica. Algunos estudios han revelado que el origen de esta planta es Nueva Guinea y que se fue esparciendo por otros países como Indochina, Bengala y otros. Su presencia en América es gracias a los colonizadores españoles (Quezada, 2007, p. 6).

Esta planta se adapta desde el nivel del mar hasta los 2200 msnm, y se desarrolla en climas tropicales y cálidos, dando una producción muy buena en estos. La temperatura de crecimiento más óptima es a 25 °C (Quezada, 2007, p. 6).

### **2.2.2 Variedades**

Existe una gran variedad de cañas de azúcar, y es importante conocer bien las condiciones del medio donde se van a cultivar, ya que, dependiendo de factores como temperatura, acidez del suelo, lluvias, etc. se podrá sembrar la especie más idónea o que se adapte de mejor manera al ambiente.

Las especies de caña que más rinden en la industria panelera, por su nombre común, son: Morada de fruta, Campus Brasil, CENICAÑA, POJ (negra, barniz y blanca) y Puerto Rico. Las más comunes utilizadas en la siembra son (Quezada, 2007, p. 6):

**Tabla 1-2:** Variedades de caña de azúcar

Variedad Puerto Rico	Variedad Cubana	Variedad POJ	Variedad Campus Brasil
Erguida de color violeta, su entrenudo es cilíndrico, con una longitud mediana y diámetro de 28 mm, anillo ceroso y sin canal de yema.	Tallos largos con coloración amarillenta verdosa. La cantidad de tallos es superior a 10 por cepa. Están erguidas hasta su cosecha.	Tallos de color morado, largos, con pelusa y sencillo deshoje. No aguanta el pisoteo. Su dureza hace recomendable su molienda por fuerza animal.	Reclinado, curvado y largo, coloración verdosa blanquecina y verde amarillenta cuando madura. Diámetro entre 30 y 33 milímetros.
			

Fuente: (Quezada, 2007, p. 7)

Para poder realizar el corte de la caña, es recomendable calcular su Índice de Madurez, el mismo que se puede calcular de la siguiente forma:

**Ecuación 1-2:** Índice de madurez de la caña de azúcar

$$IM = \frac{^{\circ}Brix\ superior}{^{\circ}Brix\ inferior} \times 100$$

En donde dependiendo del resultado se puede definir el estado de madurez que presenta.

- Menor a 85% = Tierna
- 85 a 100% = Madura
- Mayor a 100% = Sobre madura

### 2.2.3 Composición físico-química de la caña de azúcar

La composición de la caña puede cambiar dependiendo de la variedad que sea, el lugar de cultivo y las condiciones ambientales. Sin embargo, la mayoría de sus componentes son agua, azúcares y fibra (Quezada, 2007, p. 8).

**Tabla 2-1:** Composición físico-química de la caña de azúcar

<b>Caña Triturada</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Agua	73 - 76
Parte sólida	24 - 27
Fibra seca	11 - 16
Sólido soluble	10 - 16
Componentes del guarapo	Sólidos solubles %
Azúcares	75 - 92
Sacarosa	70 - 88
Glucosa	2 - 4
Fructosa	2 - 4
Sales	3 – 4,5
Ácidos orgánicos	1 – 3
Ácidos inorgánicos	1,5 – 4,5
Proteínas	0,5 – 0,6
Almidones	0,001 – 0,05
Gomas	0,3 – 0,6
Ceras, grasas, fosfátidos	0,05 – 0,15

**Fuente:** (Quezada, 2007, p. 8)

#### 2.2.4 Nutrientes y fertilizantes

Cuando se realiza la cosecha de la caña de azúcar, se quedan cantidades significativas de residuos, por lo que este factor es importante si se desea hacer un balance de nutrientes. En la elaboración de panela el 25% de la biomasa queda en el campo de cultivo, ya que al cortar la caña se queda una parte del tallo en el suelo. Por eso suelen inclinarse por la opción de compostaje, porque según (CORANTOQUIA, 2008, P. 34) el bagazo de caña posee una relación de Carbono/Nitrógeno de 150 aproximadamente por lo que es sumamente necesario un fertilizante con una buena fuente de nitrógeno en su composición. Es importante realizar un análisis de suelo para determinar las necesidades del mismo y aplicar la fertilización.

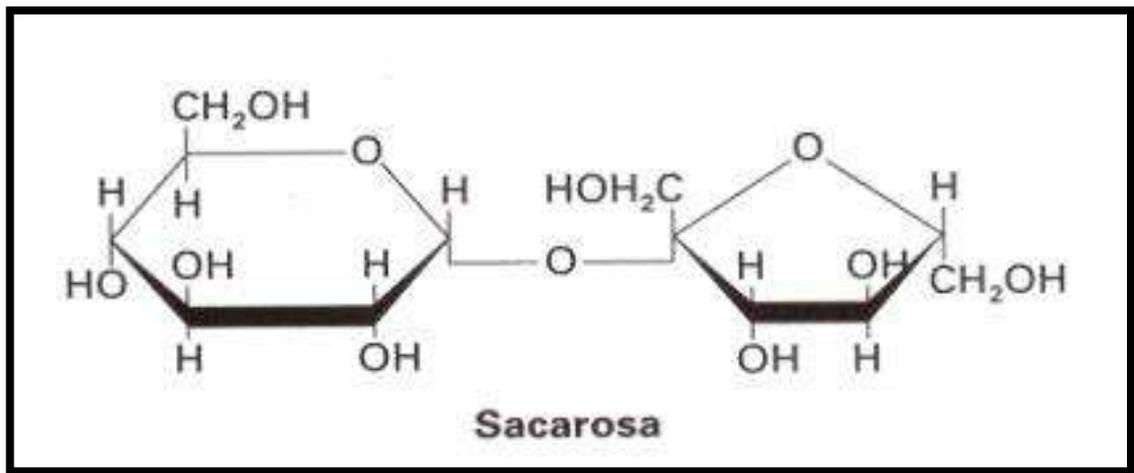
**Tabla 3-2:** Guía de recomendaciones de fertilización en Ecuador

INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELOS	Kg/ha		
	Nitrógeno N	Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potasio K <sub>2</sub> O
<b>ALTO</b>	200	150	200
<b>MEDIO</b>	150	100	150
<b>BAJO</b>	100	50	100

Fuente: (Gaibor, 2013, p. 22).

#### 2.2.5 Azúcar en la caña

La caña de azúcar está compuesta principalmente por la sacarosa, glucosa más fructosa, este disacárido es el más importante que se puede obtener tanto en la caña de azúcar como en la remolacha azucarera. A continuación, la estructura de la sacarosa (Gaibor, 2013, p. 22):



**Figura 2-1:** Caña de azúcar variedad “Limeña”

**Fuente:** (Gaibor, 2013, p. 25).

### 2.2.6 *Inversión de la sacarosa*

Se denomina azúcar invertido al desdoblamiento de la sacarosa en sus componentes monosacáridos, glucosa y fructosa, en partes iguales. Este fenómeno se produce por la presencia de un ácido y altas temperaturas. Generalmente el ácido cítrico es el más usado para disminuir el pH del jugo de caña y producir este efecto de desdoblamiento.

## 2.3 **Derivados de la caña de azúcar**

### 2.3.1 *Miel hidrolizada*

Este derivado se produce por medio de la hidrólisis, que no es más que el desdoblamiento por acción del agua. La miel hidrolizada es un líquido viscoso, que tiene en su composición una elevada concentración de azúcares provenientes de la caña, de los cuales la mayor parte son azúcares invertidos y en menor cantidad sacarosa. Para evitar la cristalización de los azúcares en la miel hidrolizada se le añade ácido cítrico, debido a sus propiedades energéticas, los deportistas son los consumidores principales (Gaibor, 2013, p. 26).

### 2.3.2 *Cachaza*

Se obtiene por el aumento de temperatura en la clarificación del jugo, por lo que es un subproducto de color verdoso oscuro. Mediante estudios se ha constatado como el 3% del residuo de la caña, debido a su composición, principalmente de azúcares y agua, es muy inestable por lo que no se lo utiliza mucho ya que la fermentación es muy rápida en estas condiciones. Su mejor uso es el compostaje (Gaibor, 2013, pp. 26-27).

### **2.3.3 Melote**

El tiempo de conservación del melote es de aproximadamente dos meses ya que tiene una gran estabilidad en sus nutrientes, tiene una consistencia pastosa, color café y una alta densidad. Sin embargo, tiene muy poca proteína cruda, por lo que se le agrega urea, en exceso este producto puede actuar como laxante (Gaibor, 2013, pp. 27).

### **2.3.4 Bagazo**

Cuando se realiza la cosecha de la caña, el bagazo representa alrededor del 55%. El mismo se obtiene cuando se hace pasar a la caña de azúcar por el molino. Está conformado por dos tipos de tejido, el primero denominado fibroso ya que tiene una estructura compacta y el segundo llamado bagacillo, cuya constitución es menos densa (Gaibor, 2013, pp. 27).

Este bagazo se aprovecha de mejor manera en los grandes ingenios, como por ejemplo “La Troncal”, ya que después de la extracción del jugo pasa a las calderas, siendo un biocombustible amigable con el ambiente. Este ingenio aprovecha este recurso a tal punto que es capaz de generar 51 000 megavatios de energía, misma que puede ser vendida a nivel nacional (Gaibor, 2013, pp. 27).

El bagazo conserva aún 50% de los azúcares en su composición, por lo que es útil en la alimentación de los animales de granja, sin embargo sigue representando una pérdida para el productor panelero. Cabe recalcar que este subproducto es usado en la industria del cartón y papel (Gaibor, 2013, pp. 27).

### **2.3.5 Panela Granulada**

Producto de la evaporación del agua del jugo de caña de azúcar, además de la agitación de las mieles para su aireación y ruptura de sus partículas para que en el momento de su solidificación se produzcan gránulos sólidos de diferentes tamaños (Gaibor, 2013, pp. 27).

Existe un límite máximo de medida para el gránulo, este es según el peso de la panela por tamices de 2 milímetros de abertura (INEN, 2002). El producto que no pasa este filtro se lo llama borona, por lo que necesita de un proceso adicional de trituración. Existe una remarcada diferencia entre panela granulada y panela en bloque, y es que esta última tiene un promedio de contenido de humedad que ronda por el 7%, como consecuencia, tiene una vida útil mucho más amplia que la panela granulada, además de poseer edulcorantes con menores porcentajes de humedad (Corantoquia, 2008).

### **2.3.6 *Panela sólida***

Es el derivado de la caña de azúcar, cuya concentración de azúcares es el resultado de un proceso de molienda, clarificación, evaporación, batido, punteo, moldeo y enfriamiento. Tiene muchas similitudes a la panela granulada en cuanto a elaboración, pero esta es compacta y puede ser moldeado en diferentes formas, todo dependiendo de las necesidades del cliente.

### **2.3.7 *Miel virgen de caña de azúcar***



**Figura 3-2:** Miel virgen de caña de azúcar

**Realizado por:** Jaramillo, Francisco. 2021

Según la norma técnica colombiana NTC 1846, se le denomina “miel virgen de caña de azúcar” al producto de la concentración del jugo clarificado de la caña de azúcar, del cual no se han extraído ninguno de sus azúcares (Giraldo, 2017, p. 6). Este es un producto intermedio en la elaboración de panela, y es el producto que es de interés para este estudio.

## **2.4 *Normativa vigente***

### **2.4.1 *NTE INEN 2331***

El control de calidad en cualquier proceso, en especial uno que trabaja con alimentos, debe estar sujeto a normas y procedimientos que cumplan con parámetros de calidad, higiene, tiempo y economía.

La normativa vigente, en cuanto a materia de derivados de caña de azúcar, la podemos encontrar en el INEN, “Instituto Ecuatoriano de Normalización”, que es el organismo que se encarga de normalizar productos o procedimientos a nivel nacional, la NTE INEN 2331 es para conocer los requisitos del producto panela sólida, en esta se encuentran los parámetro o límites permisibles que se deben alcanzar si se desea la certificación de este organismo.

#### 2.4.2 Norma Técnica Colombiana NTC 1846

El motivo de estudio no es panela sólida, esta solo servirá para realizar la evaluación del proceso completo, ya que es el producto final en este se puede evaluar características de calidad que recibe directamente el cliente. El producto de interés es la denominada “Miel virgen de caña de azúcar”, que no es lo mismo que la conocida “Miel hidrolizada” ya que en esta se agrega ácido cítrico con el objetivo de invertir la sacarosa provocando la no cristalización de la miel. Para poder evaluar este producto es necesario usar normativas de un país que ha desarrollado la panela a escalas mucho más amplias, nuestro vecino Colombia. Este país ha desarrollado una normativa denominada Norma Técnica colombiana NTC 1846, en la misma se muestran los requisitos necesarios para definir a una miel de caña de azúcar de alta calidad. A continuación, se muestran los parámetros necesarios:

**Tabla 2-2:** Requisitos mieles vírgenes de caña de azúcar

<b>Requisitos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Azúcares totales expresados como reductores, en % en masa.</b>	65	-
<b>Grado Brix a 20 °C</b>	68	-
<b>Contenido de dióxido de azufre, en % en masa</b>	-	0,03

Fuente: (Giraldo, 2017, p. 6)

Mediante revisión bibliográfica se encontraron los requisitos presentados en la Tabla 4-2, los mismos que servirán como estándar a la hora de evaluar las mieles. Sin embargo, el análisis de estos debe realizarse en un laboratorio que tenga la instrumentación y conozca los procedimientos adecuados. Para un pequeño cañicultor, esto deriva en gastos adicionales si tuviese la intención de vender su miel a la central panelera, y en caso contrario, la central debe analizar estos productos para poder incluirlos en su proceso. Por ende, resulta mucho más fácil y económico, estandarizar

un control de calidad en el proceso de elaboración de panela que garantice una miel de buena calidad y que cumpla los estándares.

#### *2.4.2.1 Azúcares reductores*

Los azúcares reductores en la miel virgen de caña de azúcar son glucosa y fructosa, estas se originan por el desdoblamiento del disacárido sacarosa, fenómeno también conocido como inversión de la sacarosa, estos azúcares son incristalizables por lo que tener un porcentaje alto de estos monosacáridos, como se muestra en la Tabla 4-2, indica que no se ha llegado al “punto de panela”, por lo que no se endurecerá sin las condiciones de temperatura y pH necesarias.

#### *2.4.2.2 Grados Brix*

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en una solución, y son un requisito para la miel virgen de caña de azúcar como se muestra en la Tabla 4-2. Los grados Brix inciden en sus propiedades térmicas, es decir, a medida que aumentan la temperatura de ebullición también va subiendo los grados Brix, por eso se puede enunciar que la concentración de la solución es directamente proporcional a la temperatura de ebullición (Moreno, 2007, p. 21).

#### *2.4.2.3 Dióxido de azufre*

El dióxido de azufre es un contaminante atmosférico que surge en el proceso de elaboración de panela, su principal fuente es la combustión incompleta del bagazo con unos combustibles secundarios como carbón mineral o leña. Por ello en la Tabla 4-2 se muestra su límite máximo permisible en las mieles de caña de azúcar (Osorio, 2007, p. 130).

### **2.5 Buenas Prácticas Agrícolas o BPA**

Las Buenas Prácticas Agrícolas son el conjunto de tareas que deben realizarse en el proceso de producción de panela para ratificar la inocuidad del producto, el resguardo al ambiente y la seguridad y bienestar de los trabajadores (Osorio, 2007, p. 17).

Este manual sirve como herramienta de consulta y guía ya que alberga varios conceptos, métodos y procedimientos que ayudan al desenvolvimiento de la industria panelera que explora la posibilidad de una implementación de estos reglamentos y además de las BPM, “Buenas Prácticas de Manufactura” (Osorio, 2007, p. 17).

#### **2.5.1 Adecuación del suelo**

Esta actividad engloba todo lo que es labores de planificación del sembrío de caña, limitación de sus dimensiones y construcción de caminos para una factible movilización de la caña azafrada. Esto es importante ya que ayuda en la productividad y preservación del suelo, por medio de la mejoración en la producción del cultivo (Osorio, 2007, p. 43).

#### *2.5.1.1 Separación del rastrojo.*

Consiste en cortar tanto arbustos como materia vegetal que se encuentre en el terreno, luego se lo recoge en pilas. Esta actividad da como resultado un material leñoso muy factible de utilizar en horno y la cantidad restante se la puede llevar a compostaje (Osorio, 2007, p. 43).

#### *2.5.1.2 Preparación con azadón de forma manual.*

Esto se emplea cuando se tiene la intención de rejuvenecer socas y no se puede llevar maquinaria al terreno. El procedimiento es simple, se trata de desenterrar las socas viejas con un pico y luego se señala el lugar donde se colocará la nueva semilla. Cuando se trata de terrenos en los que se sembraba otros cultivos, la labor solo consiste en abrir la zanja y el lugar donde se pone la semilla (Osorio, 2007, p. 43).

#### *2.5.1.3 Surcado.*

Para el surcado en siembra es necesario una profundidad de 20-30 centímetros y un ancho de 30 centímetros. Esto ayuda al desarrollo de un buen sistema radicular, mejor anclaje y exploración de nutrientes. Esta actividad se la puede hacer con azadón y pica (Osorio, 2007, p. 44).

### **2.5.2 Elección de semillas**

La caña es heterocigótica, es decir, que es el resultado de la unión de 2 células de tipo sexual con diferentes cromosomas o información genética, por lo que en condiciones normales no tiene semilla verdadera, por ello se debe propagar con su mismo tallo o trozo de él (Osorio, 2007, p. 44).

Algunas características que deben tener estas semillas cuando son seleccionadas son: sin plagas ni enfermedades, un buen estado nutricional, edad de corte de 8 a 10 meses y con una longitud de 50 centímetros, es importante que contengan entre 2 y 3 yemas por estaca, semilla sin mezcla de variedades y finalmente yemas funcionales (Osorio, 2007, p. 44).

La función de una buena semilla es muy importante ya que promueve un desarrollo adecuado y una buena producción final. Si la semilla que se siembra servirá para varios cortes necesita de la aplicación de las BPA mencionadas anteriormente, esto con el fin de garantizar su buen desempeño (Osorio, 2007, p. 45).

Si lo que se quiere es obtener una semilla de buena calidad ya que no se cuenta con la misma, lo que se debe hacer es establecer semilleros y terrenos exclusivos para esto, ya que necesitan un manejo especial que garantice la calidad de las mismas. Una recomendación en semilleros es evitar cortar la semilla más de 3 veces ya que esto puede ocasionar un debilitamiento contra plagas, insectos y enfermedades (Osorio, 2007, p. 45).

Para establecer un semillero es necesario conocer las necesidades de siembra, como el área que se pretende renovar cada año y la época de siembra, una hectárea de este denominado semillero proporciona suficiente semilla para un promedio de 10 hectáreas de plantación (Osorio, 2007, p. 45).

El tiempo de siembra del cultivo de forma comercial establece la época cuando se debe aplicar el semillero, ya que de esta manera se puede obtener el producto en su momento adecuado y con una alta tasa de producción. Los terrenos para el semillero deben ser los mejores de la finca hablando de condiciones del suelo tanto físicas como químicas, agua, drenaje y ubicación (Osorio, 2007, p. 45).

El tiempo adecuado de montaje del semillero es 8 a 10 meses previo al cultivo comercial, y 2 meses anterior al trasplante se deben realizar las adecuaciones del terreno, una vez realizado todo esto se puede realizar la siembra (Osorio, 2007, p. 45).

Para obtener una semilla se usa el tallo completo, se le separa la raíz y el brote tierno o cogollo, una recomendación es la desinfección del machete al realizar cada corte, para desinfectantes se puede usar soluciones de yodo, cloro y amonio cuaternario, entre los más usados (Osorio, 2007, p. 45).

Algunos agricultores aprovechan el cogollo como semilla, ya que en este se encuentra la mayor cantidad de glucosa, fructosa, proteína, fibra y agua que no son idóneos en la elaboración de panela, pero son muy buenos para alimentación de animales de carga (Osorio, 2007, p. 45).

### **2.5.3 Siembra de la caña**

La forma en cómo se siembra la caña depende de la tecnología con la que se disponga. Si se desea realizar el cultivo mecanizado, la distancia entre surcos se ha establecido en 1,50 metros. En zonas de laderas, es más común usar los sistemas de siembras denominados mateado y chorrillo mientras que en zonas planas u onduladas se lo realiza a chorrillo (Osorio, 2007, p. 47).

La topografía del terreno influye directamente en el sistema de siembra de la caña, en especial la que tiene como fin convertirse en panela. Se realizaron estudios en los sistemas de siembra de estas características, llegando a la conclusión que, entre mateado y chorrillo, este último presentó unos resultados muy satisfactorios, con una distancia entre surcos de 1,40 a 1,50 metros. El mateado con 1 y 1,30 metros entre surcos y 25 a 50 centímetros entre cañas (Osorio, 2007, p. 47).

La siembra se la debe realizar al inicio de la temporada de lluvias ya que ayuda al establecimiento de la caña, este factor y sembrar las semillas de forma que las yemas queden laterales, facilitará en gran medida la germinación de las nuevas plantas (Osorio, 2007, p. 48).

#### *2.5.3.1 Siembra a chorrillo*

Para este tipo de siembra la semilla se la coloca en el fondo del surco, acostada. Cuando el terreno tiene una pendiente ondulada o una menor al 30% se aplica esta técnica. Esto se lo realiza en surcos en la pendiente (Osorio, 2007, p. 48).

Cuando se realiza esta técnica con traslape, se garantiza una buena densidad de cañas. Esto cuando la semilla es de buena calidad, y proporciona de 7 a 10 yemas por metro lineal. Conociendo la calidad y la cantidad de la semilla se determina sembrarlas con uno o dos centímetros de traslape, y 1 a 2 de distancia por estacas (Osorio, 2007, p. 48).

Para realizar un chorrillo doble es necesario conocer la procedencia de la semilla, ya que este método solo se aplica cuando estas vienen de semilleros de mala calidad. Para este caso se ponen de 10 a 12 yemas por metro lineal, y las estacas son paralelas en el mismo lugar. Finalmente, la semilla debe tener una capa de suelo de 2 a 5 centímetros como cubierta (Osorio, 2007, p. 49).

#### *2.5.3.2 Siembra por mateado*

Este tipo de siembra es conveniente usarla en pendientes mayores al 30%, en esta se utilizan semillas de 2 a 3 yemas en cada sitio. Este tiene distancias de 1 a 1,40 metros entre surcos y 25 a 50 centímetros entre plantas, con 2 esquejes máximos por sitio, si el suelo tiene una buena estructura, este método de siembra dará resultados similares al anterior mencionado (Osorio, 2007, p. 49).

#### **2.5.4 Resiembra regenerativa**

Su objetivo principal es el de habilitar espacio perdidos de siembra, en donde han desaparecido los retoños del cultivo, dando como resultado la disminución en la producción. Esto se realiza corte tras corte, manteniendo así entre 110 y 125 tallos por hectárea (Osorio, 2007, p. 49).

La resiembra regenerativa necesita de una estrategia factible para lograr que esta sea viable y rentable, tanto técnica como económicamente, esta debe ajustarse a la explotación comercial, pero a su vez debe garantizar la germinación de los retoños, los cuales deben presentar características como ser competitivos por nutrientes y luz (Osorio, 2007, p. 50).

Algunos criterios que nos ayudan a evaluar si una resiembra es viable o rentable son: la semilla debe garantizar su vigor, pureza y sanidad en su propagación, el prendimiento debe ser eficiente en el campo, el transporte y la manipulación de las semillas económico y que no sufran daños (Osorio, 2007, p. 50).

Existen varios métodos de resiembra regenerativa, pero todos tienen la misma base, un buen material de propagación dará un cultivo exitoso.

#### 2.5.4.1 *“Deshije de retoños o plántulas de cepas ya emergidas”*

Se lo lleva a cabo mediante el desprendimiento de retoños emergidos de una semilla de buena calidad, para esto se emplea un barretón y a continuación trasplantarlos a los lugares de las calvas. Los brotes que logran emerger crecen paralelamente al resto de plantas del terreno. El prendimiento es de aproximadamente un 80% y el costo es bastante bajo tanto en mano de obra como en manipulación del material de propagación. Una desventaja es el daño que ocasiona esto a las cepas madre y los ataques de plagas son más susceptibles, sin mencionar las heridas que quedan en la planta por la acción de arrancar los retoños de la misma (Osorio, 2007, p. 50).

#### 2.5.4.2 *“Cangres sembrados directamente en los sitios de calvas (espacios entre plantas)”*

Para este método se usan 2 materiales de propagación:

Uno que se denomina “Tradicional”, mismo que consiste en usar el “cogollo” que esta germinado, sin embargo, esto no garantiza las características de calidad como vigor o pureza cuando se usan variedades que ya se consideran viejas o mezcladas. Este no permite realizar una adecuada resiembra (Osorio, 2007, p. 50).

En cambio, con el segundo material denominado “cangre de semillero” se encuentra sin plagas y enfermedades, tiene las características de calidad adecuadas y si permite una buena planeación de resiembra (Osorio, 2007, p. 50).

Cualquiera sea el tipo que se elija, se lo debe realizar con uno o dos meses antes del corte de la caña, colocando cajuelas en los lugares de calvas donde se ubicarán las semillas. Una desventaja es que presenta limitaciones en el prendimiento de la semilla, ya que las nuevas plántulas que emergen son inhibidas por el rápido crecimiento de los brotes de la soca del cultivo madre. Otra desventaja es que se resulta muy difícil garantizar la producción por el tiempo que se demora en estar lista la caña, que por lo general es de 2 periodos, por lo que no se genera una eficiencia en el campo (Osorio, 2007, p. 50).

#### 2.5.4.3 *“Yemas pregerminadas para resiembra directa”*

Como su nombre mismo lo menciona se trata de hacer que las yemas pregerminen en terrazas con ayuda de un sustrato cuya composición es 3:1:0,5 de arena, tierra y materia orgánica respectivamente. En el momento en que las plántulas llegan al crecimiento deseado se las lleva al sitio respectivo, en el mismo que se debe realizar un ahoyado con barretón y se las puede sembrar, es importante tener precaución en no dañar las raíces de la planta. Esto necesita una planeación de 2 meses antes del corte y no es necesario la movilización del sustrato (Osorio, 2007, p. 50).

Con las condiciones adecuadas en el campo, en especial de humedad, se han reportado rendimientos de más del 97%. Y tiene varias ventajas como son (Osorio, 2007, p. 50):

Reducción en un 60% de costos de transporte y manejo de material de resiembra, una fácil operación en el transporte de las plántulas al terreno de resiembra, se pueden reutilizar los germinadores, una planeación con mejor oportunidad en la época de resiembra, selección de brotes con buenas características de calidad y saludables, igualdad en el material de resiembra, pureza de la variedad con garantía e implementación factible y bajos costos.

Este es un método factible técnica y económicamente, además de ser el más recomendado para su aplicación. Se estima que con una resiembra adecuada y a tiempo, se regenera en un plazo medio la capacidad productiva de los lotes por lo que, hace que la siembra de caña de azúcar sea rentable (Osorio, 2007, p. 50).

#### *2.5.4.4 “Renovación de cultivos de caña con variedades mejoradas”*

Realizar este método es recomendado cuando las cepas están muy viejas, entre 8 y 10 años. Esta renovación se la hace en siembras escalonadas en terrenos pequeños en una finca, se suele planificar la renovación de la finca a largo plazo, ya que en caso contrario podría afectar la productividad, por lo que está recomendado realizar la renovación del 10% al 20% anual (Osorio, 2007, pp. 51-52).

#### **2.5.5 *Análisis de suelos***

Para el desarrollo y crecimiento de las cañas, es sumamente importante que el suelo donde se siembran tenga los nutrientes adecuados, por ello es importante realizar un análisis de suelo para conocer el estado del mismo, y tener en cuenta los nutrientes de los que carece.

##### *2.5.5.1 Muestras de suelo*

Para realizar un control del suelo es necesario tomar muestras representativas, por lo que es importante considerar lo siguiente (Osorio, 2007, p. 64): Una pala es una buena herramienta de trabajo, baldes, cuchillos, bolsas plásticas y hojas de información. Se toma la muestra con un tiempo de 2 meses antes de la siembra. No se debe tomar la muestra en sitios con caminos o zonas quemadas, ni tampoco donde se realizó recientemente alguna fertilización. Retirar restos de materiales extraños. Conocer la longitud que alcanzan las raíces de la caña que se va a sembrar. A la muestra tomada se le debe eliminar todo lo que no sea suelo.

##### *2.5.5.2 Procedimiento de toma de muestra*

Primero se realiza un hoyo de 30 centímetros de diámetro y 50 centímetros de profundidad, a continuación, se realiza un corte de 2 a 3 centímetros de grueso en la pared de este. Con ayuda de un cuchillo, en el centro, se toma una tajada de 3 centímetros de ancho y eso se coloca en un balde. Esto se repite en los terrenos siguientes (Osorio, 2007, p. 64).

### *2.5.5.3 Análisis de laboratorio*

Fertilidad, engloba todo lo que es pH, materia orgánica, textura, potasio, fósforo, aluminio, tomando en cuenta que el pH del suelo debe ser menor a 5,5 (Osorio, 2007, p. 64).

Caracterización, contiene todo lo que es pH, materia orgánica, textura, potasio, fósforo, aluminio, textura, capacidad de intercambio catiónico, magnesio, calcio y sodio (Osorio, 2007, p. 64).

Salinidad, comprende porcentaje de carbono, textura, aluminio, carbonato de calcio, pH, humedad y bases totales (Osorio, 2007, p. 64).

### **2.5.6 Fertilización**

La caña de azúcar es un cultivo que remueve cada año una gran cantidad de nutrientes del suelo, por ello es importante devolver todos esos minerales al mismo. El momento oportuno de agregar estos fertilizantes es en el momento de la siembra y cuando se haga cada corte, en otros tiempos no se aprovechan los nutrientes y la calidad de la panela no es buena (Osorio, 2007, p. 66).

#### *2.5.6.1 Nutrientes que asimila la caña de azúcar*

En total son 16 los nutrientes necesarios por la caña, los mismos que deben ser balanceados en la zona de siembra para una producción más efectiva. Los no minerales son hidrógeno, carbono y oxígeno. Nutrientes mayores engloban lo que es fósforo, nitrógeno, calcio, potasio, azufre y magnesio. Y finalmente los micronutrientes, a saber: zinc, boro, cobre, cloro, magnesio, hierro y molibdeno (Osorio, 2007, p. 66).

El fertilizante que se usa de forma recomendada es el denominado “10-20-20 (N-P-K)”, para conocer la cantidad que se debe aplicar se utiliza la Figura 2-4, en esta se mira la distancia entre surcos que se encuentra en metros y en base a la dosis sugerida, con ayuda del análisis de suelos, se interceptan estos datos y en la celda se obtiene la cantidad necesaria. El momento más adecuado de la aplicación del fertilizante es al momento de la siembra y después de cada corte, en una aproximado de 30 a 40 días (Osorio, 2007, p. 70).

Distancia entre surcos (m)	# Surcos x ha	kg/ha										
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
		glm										
1,20	83	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
1,30	77	13	19	26	32	39	45	52	58	65	71	78
1,40	71	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84

**Figura 4-2:** Dosis de Fertilizante compuesto 10-20-20 (N-P-K)

**Fuente:** (Osorio, 2007, p. 70).

Es importante conocer los análisis de suelo para determinar la dosis recomendada, ya que una dosis que sobrepase la cantidad de nitrógeno, por ejemplo, dificultaría la asimilación de potasio y fósforo, esto daña la calidad de la caña, además de acidificar el suelo y contaminar el agua por fenómenos de lavado (Osorio, 2007, p. 71).

#### 2.5.6.2 Fertilizantes orgánicos

Es difícil obtener las cantidades necesarias de nitrógeno, óxido fosfórico y óxido de potasio en el suelo natural, por esto la materia orgánica tiene un papel muy importante en la preservación de la capacidad de producción en los sembríos ya que no se puede confiar totalmente en los fertilizantes minerales. La materia orgánica no solo aporta con elementos nutricionales para el suelo, sino que también interviene en procesos de aireación, los microorganismos y el drenaje. En la Figura 5-2, se puede apreciar el contenido de nutrientes necesarios para el cultivo de caña presentes en distintos estiércoles de animales (Osorio, 2007, p. 71).

Clase de estiércol	N	Kilos/100 kilos de estiércol	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Caballo	6,7	2,3	7,2
Vaca	3,4	1,3	3,5
Cerdo	4,5	2	6
Oveja	8,2	2,1	8,4
Gallina	15	10	4

**Figura 5-2:** Nutrientes presentes en distintos tipos de estiércol

**Fuente:** (Osorio, 2007, p. 71)

La producción de panela deja mucha materia orgánica como desecho, empezando en la cosecha, los subproductos en la molienda, el estiércol de los animales de carga y diferentes animales de granja, si se maneja toda esta materia orgánica con un lombricultivo o una producción de humus, se puede seguir aportando nutrientes al suelo (Osorio, 2007, p. 71).

### **2.5.7 Control de malezas**

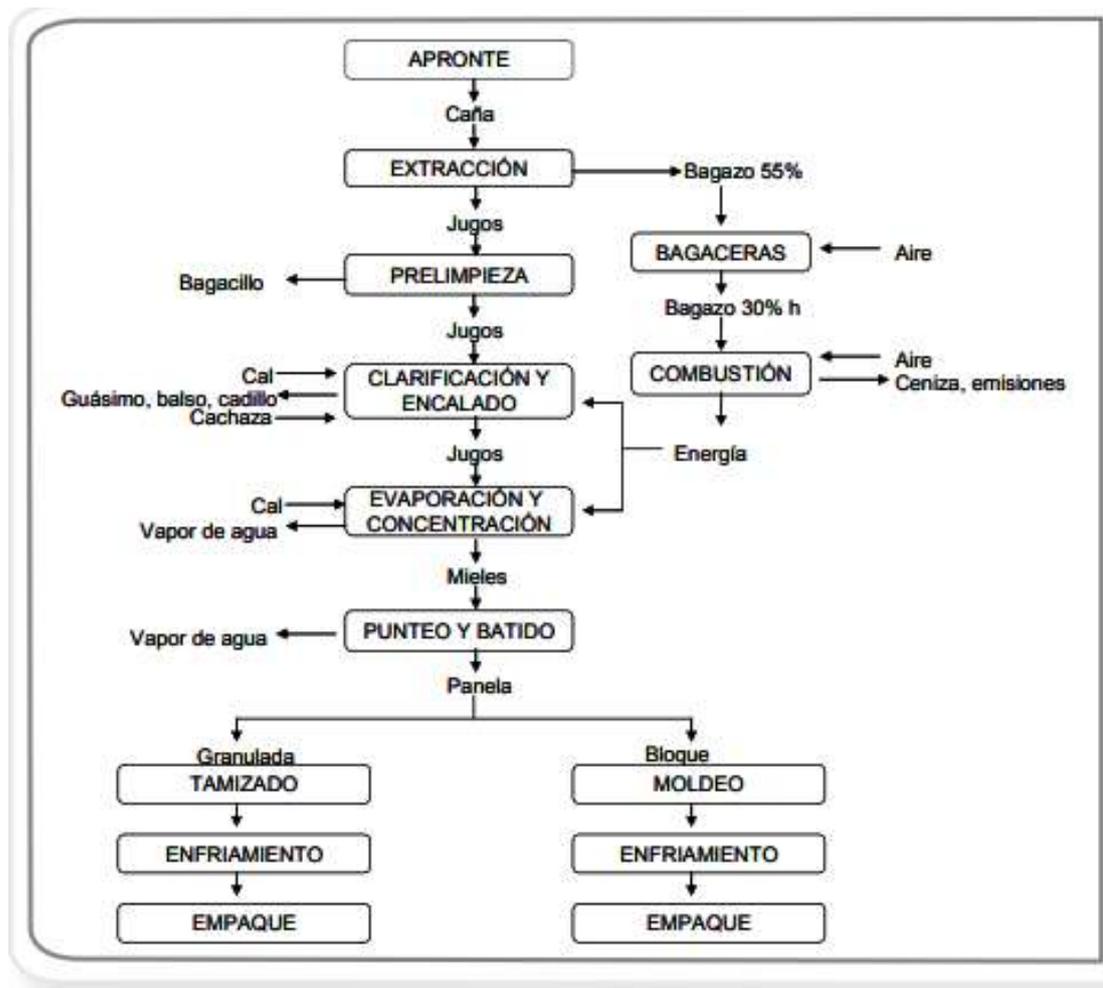
Las malezas pueden afectar el rendimiento del cultivo hasta un 60%, por ello es importante su control. Mediante estudios se ha determinado que el periodo crítico se da en la germinación y macollamiento que es cuando compiten por la luz, el agua, nutrientes y espacio, después de estas etapas la caña produce sombra suficiente para controlar estas malezas. Por eso se debe controlar ya sea de forma manual o mecánica, por lo menos 45 días desde la siembra del retoño. (Osorio, 2007, p. 73).

### **2.5.8 Condiciones de producción**

#### **2.5.8.1 Apronte**

Engloba todo lo que es corte, alce y transporte de la caña de azúcar, además de su posterior almacenamiento cerca del trapiche. El tiempo de esta operación debe ser lo más corto posible ya que de lo contrario esto llevaría a una deshidratación de la caña y el acelerado desdoblamiento de la sacarosa que es el principal azúcar de la caña, esto puede afectar seriamente en la producción de panela y sus características de calidad. Una vez en el trapiche, la caña debe ser molida en no más de 3 días, pues sobrepasado ese tiempo se incrementa el contenido de azúcares reductores, esto dará como resultado una panela demasiado blanda denominada seruda. Además, es importante almacenar la caña bajo techo protegiéndola del sol (Osorio, 2007, p. 100).

### 2.5.8.2 Proceso de elaboración de panela



**Figura 6-2:** Proceso de elaboración de panela

Fuente: (Osorio, 2007, p. 101)

### 2.5.8.3 Extracción de jugos

Para esta operación la caña de azúcar es sometida a una compresión por las mazas del molino, esto ocasiona la salida del jugo. Se puede decir que la cantidad más satisfactoria que se puede extraer oscila entre el 58 % y 63%, es decir que por cada 100 kilogramos de caña, se extraerán 58 litros a 63 litros de guarapo (Osorio, 2007, p. 113).

De esta etapa de proceso, se obtiene dos productos, el primero es el jugo crudo que avanza hasta convertirse en panela y el segundo es el bagazo. Este último tiene una humedad que va acorde a la cantidad de jugo extraído, la misma que fluctúa entre los 50 y 60%. Generalmente aprovechan este subproducto poniéndolo a secar en altas pilas del mismo, en donde esperan que este con una humedad inferior al 30%, para que se puede utilizar como combustible en la caldera del proceso.

Es importante separar las pilas para que el flujo de aire sea constante y el secado más eficiente (Osorio, 2007, p. 113).

Como sabemos el producto que interesa es la panela y esta depende directamente del porcentaje de jugo extraído y los grados Brix del mismo, o los sólidos solubles presentes. De esta manera a mayor porcentaje de extracción de estos, mayor cantidad de panela producida. Generalmente en los molinos paneleros se tiene entre un 40 % a 65% de extracción y los grados Brix entre 16 °Brix y 22 °Brix (Osorio, 2007, p. 113).

En la siguiente figura se puede determinar la cantidad ideal de panela según el porcentaje de jugo extraído y los sólidos solubles presentes.

Brix jugo crudo	Extracción en peso (porcentaje)					
	40	45	50	55	60	65
Cantidad de panela por tonelada de caña						
16	64	72	82	91	100	108
17	68	77	87	96	106	115
18	72	82	92	102	112	122
19	76	86	97	108	117	129
20	80	91	102	113	124	136
21	84	96	107	119	131	142
22	88	100	112	124	137	149

**Figura 7-2:** Cantidad de panela por tonelada caña

**Fuente:** (Osorio, 2007, p. 113)

#### 2.5.8.4 Limpieza del guarapo

Es una etapa de eliminación de contaminantes o impurezas, se lo suele realizar por medios físicos como decantación o flotación, bioquímicos usando aglutinantes y térmicos que suele ocurrir en las primeras pailas (Osorio, 2007, p. 114).

Esta etapa de proceso está compuesta por 3 operaciones: prelimpieza, clarificación y encalado. La primera consiste en limpiar el jugo crudo por medio de un decantado natural, para esto existe un dispositivo denominado prelimpiador, el mismo que detiene una importante proporción de los sólidos e impurezas como lodo, arena y partículas de tierra, además que se puede extraer hojas, bagacillo e insectos con ayuda de la flotación (Osorio, 2007, p. 114).

Para la clarificación de los jugos de caña de azúcar se utiliza la paila denominada descachazadora, en esta se realiza la eliminación de lo sólidos suspendidos, los mismo que pueden ser hojas, arena, tierra y bagacillo, ha este conjunto de contaminantes se los denomina cachaza. La aglutinación de estos residuos es gracias al calor suministrado por la caldera y la acción de compuestos naturales,

como el balso macerado, que está permitido ya que es una corteza que ayuda aglutinando las impurezas del guarapo (Osorio, 2007, p. 116).

El guarapo tiene dos contaminantes importantes denominados “cachaza negra” y “cachaza blanca”, la primera es la capa de contaminantes que puede ser extraída de forma manual en la cachacera. La segunda es una capa más delgada y liviana, se debe quitar lo más pronto posible antes de que el jugo alcance su punto de ebullición (Osorio, 2007, p. 116).

Para poder usar el balso es necesario macerarlo y mezclarlo con agua, el resultado es denominado mucílago, esta sustancia clarificante se adiciona al jugo cuando la temperatura oscila entre 60 °C y 70 °C, con ayuda de esta sustancia se retira la cachaza negra que flota antes de la ebullición, después se agrega más mucilago para retirar la cachaza blanca que aparece cerca de los 92 °C (Osorio, 2007, p. 116).

Una buena clarificación garantiza una buena calidad de panela, ya que esto influye principalmente en su color. Uno de los productos que se obtiene de este residuo es el denominado “melote”, este es obtenido mediante una concentración de la cachaza en una paila melotera, se la concentra hasta los 45 °Brix o 50 °Brix, sirve para la alimentación de los animales de carga y se puede almacenar durante largos periodos de tiempo (Osorio, 2007, p. 116).

Como última parte de la limpieza del guarapo, se suele hacer un encalado, esto consiste en preparar una lechada con cal, esto tiene como objetivo regular la acidez de los jugos, ya que debe estar cercano a 5,8, ya que esto previene reacciones y formación de azúcares reductores. Es importante usar una cal que sea de tipo alimenticia para poder obtener una panela no contaminada (Osorio, 2007, p. 117).

#### *2.5.8.5 Evaporación de agua y concentración de azúcares*

Después de una buena clarificación, sigue la evaporación del agua que se encuentra en el jugo de caña y la concentración de los azúcares, sacarosa, para la obtención de panela. En esta etapa es importante conocer que los jugos deben alcanzar 70 °Brix para ser denominados mieles, desde aquí se inicia la concentración. La temperatura adecuada es de 96 °C, ya que esta permite la concentración de azúcares que influye directamente en la consolidación y moldeo del producto final, panela, que se da a una temperatura de 120 °C a 125 °C (Osorio, 2007, p. 117).

Esta operación se la realiza en las pailas, las mismas que recogen el jugo concentrado y se agrega un antiadherente y antiespumante, los mismos que pueden ser: aceite de coco, cera de laurel y aceite vegetal. Esto ayuda a homogenizar la miel y evita que la panela se queme (Osorio, 2007, p. 117).

#### 2.5.8.6 *Punteo*

En esta etapa de la elaboración de panela, se busca conseguir el denominado “punto” de la panela. Esto se realiza con una pala de madera de forma manual, incorporando aire a las mieles, esto se realiza aun en la paila. Esto suele depende de la destreza de los operarios, ya que con su experiencia definen cuando esta lista para la siguiente etapa (Osorio, 2007, p. 122).

#### 2.5.8.7 *Batido y moldeo*

Cuando ya se alcanzó el punto y se batió hasta apreciar el cambio en la textura, se lleva la panela a los moldes, en donde toman la forma necesaria y se enfría. Es importante tener un cuarto específico para el moldeo ya que esto mejora significativamente las condiciones higiénicas de la panela, además que se puede evitar la entrada de animales, personas e insectos (Osorio, 2007, p. 122).

#### 2.5.8.8 *Empacado y almacenamiento*

Es importante saber que la panela es un producto higroscópico, ya que este tiende a absorber o perder humedad dependiendo de las condiciones climáticas a las que se encuentre. Cabe resaltar que es muy propensa a las alteraciones por la presencia humedad alta, azúcares reductores altos o bajos y el contenido de sacarosa. El más importante es el contenido de humedad ya que si oscila entre el 7 % al 10 %, su tiempo de vida útil no será muy prolongado por lo que hay que consumirla de forma inmediata, pero si sobrepasa el 10 %, aparecen gotas de melaza que impiden su empacado y almacenamiento por los riesgos microbianos que esto representa (Osorio, 2007, pp. 126-127).

Los materiales que son recomendados para el empaque son las láminas de aluminio plastificadas y los plásticos termoencogibles, ya que estos evitan que las características de la panela cambien. Después del empacado se almacena en costales o cartones, siendo este último el más recomendado ya que evita la absorción de la humedad aislando el producto (Osorio, 2007, p. 127).

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de estudio

Este trabajo de integración curricular es de tipo técnico investigativo, ya que para su desarrollo se usó información de una panelera. Se identificó parámetros de operación y se interactuó con los operadores, principalmente con aquellos que se encargan del proceso de evaporación del agua y concentración de los azúcares del jugo de caña, ya que sus conocimientos empíricos fueron de gran ayuda para el desarrollo del presente trabajo.

#### 3.2 Metodología

Para desarrollar este trabajo se usó el método deductivo, ya que se realizó una investigación bibliográfica previa a las normativas que son la base teórica y metodológica de este estudio. Por lo tanto, se buscó llegar a lo más específico (acciones concretas) a partir de lo más general (procesos y normativas), con el objetivo de analizar el proceso y buscar las mejores alternativas de mejoramiento.

##### 3.2.1 *Método Deductivo*

La utilización de este método fue de gran ayuda en la realización de este trabajo de integración curricular, ya que con el diagnóstico preliminar realizado al proceso de elaboración de panela se pudo conocer los parámetros iniciales de calidad que se manejan en la misma, y con los mismos se puede dar controles para que estén dentro del requerimiento establecido por la norma técnica colombiana 1846.

##### 3.2.2 *Método Inductivo*

Aplicar el método inductivo es de gran utilidad, tomando en cuenta que este va de lo particular a lo general, ya que se tomó como base las observaciones que se hicieron en la panelera, en especial en el proceso de obtención de la panela, cuyos datos obtenidos, ayudaron a establecer un control y monitoreo, con el objetivo de cumplir los requisitos que se indican en las normativas.

#### 3.3 Metodologías y Técnicas

Para realizar este proyecto era necesario tener un punto de comparación, un estándar que indique si el procedimiento de elaboración de miel y panela es correcto o cuales son las falencias que se deben mejorar. La normativa que se escogió para la miel virgen de caña de azúcar fue la “Norma Técnica Colombiana 1846” porque esta es específica para este producto, en el Ecuador no existe

una normativa como esta ya que solo se analiza lo que es panela. Por lo que es complementario aplicar los requisitos de panela sólida, que se encuentran en la “Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización 2331” (NTE INEN 2331).

Para garantizar buenos resultados es necesario analizar el proceso y aplicar cambios al mismo, de tal manera que no afecten negativamente al producto. Es por ello que la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la elaboración de panela otorga un análisis más específico de todos los procedimientos que se deben cumplir para obtener una panela de buena calidad.

Hay que tomar en cuenta que las BPA engloban actividades que son desde el campo hasta el empaquetado del producto. Este estudio está limitado al proceso de elaboración de panela sólida porque el proveedor compra la caña a los productores de la zona, y no es posible llevar un control desde la siembra y maduración de la caña, sin embargo con la norma “NTE INEN 2331” se podrá evaluar indirectamente también a los cañicultores.

### **3.4 “Buenas Prácticas Agrícolas” o BPA en la elaboración de panela**

A continuación se presenta la aplicación de las “Buenas Prácticas Agrícolas”, que fueron la base para la evaluación del proceso de elaboración de panela en el trapiche “Alfredo López”, se especificará el procedimiento de cada etapa y las posibles mejoras que se pueden realizar.

#### **3.4.1 Almacenamiento de la materia prima**

Para esta primera etapa se debe conservar la caña en las condiciones adecuadas que eviten su deterioro y alteración de propiedades. Las BPA que se deben aplicar se muestran a continuación (Gaibor, 2013, p. 33):

- Arrume cerca del trapiche.
- Protección contra las condiciones climáticas (sol, lluvia, etc.).
- Almacenamiento menor a 5 días.

Sin embargo se recomienda solicitar la caracterización de la materia prima, ya que al no tener información de la siembra, no se puede asegurar una composición adecuada de nutrientes en la panela.

#### **3.4.2 Molienda caña de azúcar**

Continuando con el procesamiento de la caña de azúcar, se debe aplicar las BPA siguientes (Gaibor, 2013, p. 34):

- Uso de un trapiche.
- Preparación de la caña, entre 60 y 120 centímetros de largo.

- Tamizado del guarapo.
- Secado de bagazo.

La recomendación en este punto es calcular el rendimiento de extracción, para llevar un control de la producción y realizar proyecciones.

### **3.4.3 Clarificación del jugo de caña**

Para la limpieza del jugo se deben aplicar las BPA mencionadas a continuación (Gaibor, 2013, pp. 34-35):

- Adición de balso macerado como aglutinante.
- Remoción de cachaza.
- Medición de pH cercano a la neutralidad.

Se recomienda adquirir un medidor de pH, ya que este factor es decisivo en la producción de panela de buena calidad.

### **3.4.4 Concentración del jugo de caña**

En esta etapa comienza la transformación de jugo de caña a miel, por lo que las BPA que se aplicarán son:

- Remoción de cachaza blanca en el primer evaporador.
- Calentamiento del jugo de caña entre 96-100 °C.

En esta etapa suelen prima los conocimientos empíricos que poseen los operarios, sin embargo controlar la temperatura mediante un instrumento permite demostrar que se realizan correctamente los procedimientos.

### **3.4.5 Extracción miel virgen**

Esta etapa es adicional al proceso de elaboración de panela y es el proceso que ofrece el producto de interés en este estudio. Para su extracción se realizó una revisión bibliográfica de productos similares, concretamente, miel hidrolizada de caña de azúcar, y las condiciones a las que se debe extraer son (Moreno, 2007, p. 40):

- Rango de temperatura 108-109 °C.
- Rango de Grados Brix 76-78 °Brix

### **3.4.6 Punteo**

En esta etapa se alcanza una temperatura que da el “punto” de panela, por lo que el control de temperatura, según las BPA, que se debe aplicar es:

- Incorporación de aire a la miel con paleo continuo.
- Control del punto de panela entre 120-121 °C.

Se suele agregar aceite de cocina para controlar el exceso de espuma y evitar que la miel se pegue a las pailas.

#### **3.4.7 Batido**

Las BPA que se deben aplicar en esta etapa son las siguientes:

- Batea de acero inoxidable.
- Cuarto exclusivo para este proceso.

#### **3.4.8 Moldeo**

Para esta etapa las BPA son:

- Cuarto exclusivo para este proceso, piso de cemento y suministro de agua.
- Aseo de los distintos elementos que se utilizan.
- Lejos de la bagacera.

#### **3.4.9 Enfriamiento**

Para este proceso, las BPA, que se deben aplicar son:

- Secado a temperatura ambiente.
- Cuarto libre de insectos.
- Superficie inocua.

#### **3.4.10 Empacado**

En esta etapa, las BPA correspondientes son (Osorio, 2007, p. 126-127):

- Empacado en fundas de polipropileno.
- Empacado en costales.

En esta etapa se recomienda usar plásticos termoencogibles, ya que alargan mucho más la vida útil del producto.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Implementación de las BPA al trapiche panelero “Alfredo López”

El siguiente proceso de elaboración es propio de la panelera “Alfredo López”, todos los datos que se presentan a continuación fueron tomados en días laborables de la empresa, por lo que son reales y auténticos. Las técnicas y los controles que se realizaron en este trapiche pretenden obtener miel virgen de caña de azúcar y panela sólida en bloque que cumplan con la norma técnica colombiana 1846 y la norma INEN 2331, esto con el fin de validar este proceso como un modelo para otros proveedores. Cabe resaltar que este control se limita desde el almacenamiento de la caña hasta su empaquetado como panela, ya que la materia prima es comprada a los cañicultores de la zona y no se tiene registros ni garantías que se cumplan las BPA en la siembra y maduración de la caña de azúcar.

##### 4.1.1 Almacenamiento de la caña de azúcar



**Figura 1-4:** Caña de azúcar arrumada

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)

Cuando la caña de azúcar llega al sitio de destino, se procede a arrumarla a lado del trapiche, en donde espera su momento de ser procesada. Según las BPA es importante protegerla del sol y no debe permanecer más de 5 días cortada porque su grado de madurez sube y si está demasiado madura el nivel de sacarosa disminuye.

Esta etapa del proceso es fácil de llevar a cabo siempre y cuando el corte y transporte de la caña haya sido de manera casi inmediata, por lo que es importante comunicar al cañicultor de esta necesidad.

También es importante señalar el lugar de almacenamiento, como se puede apreciar se la deja en el suelo de tierra, si bien es cierto que las impurezas se van retirando conforme avanza en el proceso, siempre es importante guardar la asepsia desde el inicio del proceso para facilitar las siguientes etapas de elaboración de panela, hasta se recomienda lavar la caña antes de que inicie la molienda para evitar la sobresaturación de impurezas en las mallas.



**Figura 2-4:** Variedades de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

#### **4.1.2 Molienda o extracción del jugo de la caña**

Para realizar este proceso se hace uso del trapiche, en la panelera “Alfredo López”, este equipo tiene como característica tener 3 mazas, es decir, 3 rodillos estriados de metal que aprensan la caña para sacarle el jugo.



**Figura 3-4:** Trapiche de 3 masas

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)



**Figura 4-1:** Molienda caña de azúcar

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)

Los diferentes tipos de cañas presentan una dureza distinta, pero la “limeña”, que es la más usada en esta zona, no requiere ser picada para colocarla en el molino, simplemente cortarla en segmentos de aproximadamente 60 a 120 centímetros.

Al moler la caña, se extrae un jugo que tiene agua, cachaza, miel, impurezas y afrecho, a este conjunto se lo denomina jugo de caña crudo o simplemente guarapo. Este pasa por un tamiz para evitar que pasen contaminantes muy grandes, el rendimiento de extracción de jugo depende de la variedad de caña, el grado de madurez, el tipo de molino, etc. pero por lo general se estima una extracción de jugo del 50%, es decir, por cada 100 kilogramos de caña se puede obtener 50 kilogramos de guarapo aproximadamente.



**Figura 5-4:** Tamizado de jugo de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

El terminar la molienda, el residuo que queda se lo denomina bagazo. Este material tiende a ser dejado a un lado del trapiche, en un lugar cubierto de las lluvias, y esperan que se seque para poder utilizarlo como combustible en la caldera.

#### **4.1.3 Clarificación o prelimpieza de jugo**

La cachaza es el conjunto de bagacillo, hojas, insectos, tierra que se encuentran en el jugo de caña y que con ayuda de calor flotan en los tanques. Una vez suspendido se lo puede extraer con una coladera.

Cabe resaltar que se debe agregar corteza de balsa en la clarificación del jugo, con el fin de controlar la espuma que se genera durante este proceso y ayudar a que las demás impurezas floculen.



**Figura 6-4:** Clarificación o prelimpieza del jugo de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

Es importante controlar el pH en esta etapa de la producción ya que si lo que se desea obtener es panela, el valor debe estar cercano a la neutralidad. Es por esto que algunos paneleros agregan cal al jugo clarificado para subir el pH, esto no está permitido si lo que se busca es un producto orgánico. Para no tener este problema, se debe moler la caña en el período de tiempo especificado en el apartado anterior y realizar el corte cuando este “madura”, esto se lo puede calcular con la **Ec. 1-2**, que indica el índice de madurez de la caña de azúcar.

#### 4.1.4 Concentración del jugo de caña

La evaporación se realiza en 2 tanques separados:

- En el primero se realiza la limpieza total del jugo, en este alcanza un rango de temperatura entre 95 – 100°C y se empieza a producir la concentración del contenido de azúcares, por lo tanto, el pH baja aproximadamente a 6. Esto ayuda a eliminar totalmente la cachaza blanca.



**Figura 7-4:** Evaporación 1 de jugo de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

- En el segundo evaporador, se elimina el exceso de agua que está presente en el jugo, por lo que se lo sigue cocinando en un rango de temperatura de aproximadamente 100 °C.



**Figura 8-4:** Evaporación 2 de jugo de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

#### ***4.1.5 Extracción miel virgen***

Esta etapa de proceso es adicional, ya que para extraer la miel virgen es necesario conocer el rango de temperatura en la que tiene los grados Brix adecuados y que no se haya empezado la aireación con la pala, que es característica de la siguiente etapa.

La temperatura y los grados Brix,  $108 (\pm 1) ^\circ\text{C}$  y  $78 (\pm 0,5)$  respectivamente, son los parámetros a los que debe extraerse la miel para que sea estable y no se cristalice. Con esta información se procede a extraer la miel del proceso de producción de panela sólida en bloque.



**Figura 9-4:** Temperatura de extracción de miel de caña

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)



**Figura 10-4:** Grados Brix de miel de caña

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)



**Figura 11-4:** Muestra miel virgen de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

Es importante respetar la temperatura de extracción y la concentración de sólidos solubles, ya que son los que definen la calidad de la miel virgen. La primera variable no es complicada de controlar, lo que se debe tomar en cuenta es la seguridad de los operarios ya que en este punto se trabaja con temperaturas superiores a los 100 °C que pueden provocar quemaduras, y la segunda variable suele dar problemas en la medición ya que la miel al enfriarse tiende a pegarse en el equipo utilizado, en este caso, un brixómetro. Sin embargo, al ser los grados Brix directamente proporcional a la temperatura, basta con que se controle este último parámetro para obtener buenos resultados.

#### **4.1.6 Punteo**

En el tercer tanque de evaporación es donde se le incorpora aire a la miel, con la ayuda de un paleo manual y continuo a una temperatura de 110 °C.

Además, se le da “el punto” a la panela, es decir, se tiene que tener mucho cuidado con la temperatura a la que se trabaje, porque de esta depende el tipo de panela que se desea obtener. Para este caso, la panela sólida tiene un punto entre los 120 a 121 °C, si se lleva a una temperatura superior como 123 a 124 °C, el producto cambiaría ya que este es el punto de la panela granulada.



**Figura 12-4:** Punteo de miel de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

También en esta etapa se agrega aceite de cocina con la finalidad de bajar la espuma que se produce y de evitar que la miel se pegue a las paredes de las pailas. A simple vista, se puede ver el punto, el mismo que es semipastoso o semiflácido.

#### **4.1.7 Batido**

Esta etapa consiste en batir la miel contra las paredes de la paila de acero inoxidable, con el fin de expulsar las burbujas de aire que se hayan quedado atrapadas dentro.



**Figura 13-4:** Batido de miel de caña de azúcar

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

#### **4.1.8** *Enfriamiento*

Conforme se bate la miel, esta se va enfriando y va adquiriendo una consistencia pastosa, esto indica que esta lista para ser moldeada en la siguiente etapa del proceso.



**Figura 14-4:** Batido de miel de caña de azúcar  
semipastosa

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

#### **4.1.9 Moldeo**

Una vez alcanzada la consistencia semipastosa en la etapa anterior, se continúa con el moldeo de la panela. En la panelera “Alfredo López” se realiza solo panela sólida, por lo que tiene moldes de madera que se adecuan a la presentación y la cantidad que solicitan sus clientes.



**Figura 15-4:** Moldeo de la panela sólida en bloques

**Realizado por:** Jaramillo, Francisco. 2021

Una vez reposada la panela en los moldes, se procede a retirarlos, y poner en forma vertical a los bloques de producto, esto con el fin de que se enfríen lo suficiente para empacarlos.



**Figura 16-4:** Enfriamiento de los bloques de panela sólida

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

#### **4.1.10 Empacado**

Esta etapa del proceso, considerada como la final, se la realiza de forma muy simple, la panela sólida en bloque ya fría se la guarda en una funda de plástico y se procede a guardar en bultos, cuya capacidad es de 50 ladrillos de 2 libras. Existen más presentaciones, como ladrillos de 4 o 5 libras, la variedad que se decida realizar depende del pedido del cliente.

El empaçado a simple vista demuestra no ser el adecuado ya que no es hermético y la panela al ser un producto con cualidades higroscópicas tiende a absorber mucha humedad del ambiente, por lo que puede perjudicar su conservación.

Por esto se recomienda usar plásticos termoencogibles y cartón, en vez de fundas plásticas y bultos, estos materiales garantizan la vida útil del producto y son materiales de empaque muy favorables para la panela (Osorio, 2007, p. 127).



**Figura 17-4:** Empacado de panela sólida  
en bloque

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

## 4.2 Evaluación de productos “Alfredo López”

### 4.2.1 Resultados miel de caña de azúcar

El objetivo principal de este trabajo es conocer la calidad de la miel de caña de azúcar de los proveedores, obtenida mediante un procedimiento tradicional. A continuación, se compara los resultados del análisis de una muestra de miel con los parámetros que estipula la norma técnica colombiana NTC 1846.

**Tabla 1-4:** Resultados análisis de laboratorio para miel de caña de azúcar

Requisitos	Resultados análisis de laboratorio	Norma Técnica Colombiana 1846	
		Mínimo	Máximo
Azúcares totales expresados como reductores, en % en masa	74,36	65	-
Grados Brix a 20 °C	76,00	68	-
Contenido de dióxido de azufre, en % en masa.	0,000265	-	0,03

Fuente: (Giraldo, 2017, p. 6)

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)

Al comparar los valores obtenidos por el análisis de laboratorio y los estipulados en la norma técnica colombiana NTC 1846, los mismos que se encuentran en la Tabla 1-4, se aprecia que el contenido de azúcares totales expresados como reductores se encuentra por encima del valor mínimo de la norma, siendo 74,36% y 65% respectivamente, esto indica que la miel extraída de la panelera “Alfredo López”, tiene un alto contenido de azúcares ya que supera el mínimo establecido por la norma, esta además mencionar que cumple con este requisito. Una cantidad alta de azúcares reductores ayuda a evitar la cristalización de la miel y su conservación por un largo periodo de tiempo, así lo afirma (Freire & Ortiz, 2011, p. 145) que obtuvo una suma de azúcares

reductores de 30,41 % y azúcares invertidos de 48,48 %, obteniendo así un producto sin cristalizar por un tiempo muy considerable.

El segundo parámetro son los grados Brix a una temperatura de 20 °C, el resultado fue de 76 °Brix en la muestra de miel analizada mientras que en la normativa se marca un valor de 68 °Brix, es decir cumple con este requisito, ya que la cantidad de sólidos solubles supera a la descrita en la norma. Los sólidos solubles altos favorecen a las buenas características de la miel como lo menciona (Perlaza, 2020, p. 41) para poder obtener unas cualidades físicas muy favorables en la miel hidrolizada es necesario contar con un valor de sólidos solubles de 75,5 °Brix aproximadamente.

Como último análisis en la miel virgen de caña de azúcar, tenemos el contenido de dióxido de azufre. En este parámetro el análisis nos arroja un valor de 0,000265 %, que comparado con el valor recomendado en la norma que es un máximo de 0,03 %, podemos apreciar claramente que es inferior, por lo que este producto también cumple con este parámetro. No existen muchos estudios acerca del contenido de azufre presente en muestras de miel, sin embargo este al ser un contaminante debe ser controlado para evitar daños en la salud humana.

#### 4.2.2 *Resultados panela sólida en bloque*

Los análisis de laboratorio para la panela sólida se dividirán en análisis físico-químicos, contaminantes y requisitos microbiológicos, para un mejor entendimiento y una forma más organizada de la información.

**Tabla 2-4:** Resultados físico-químicos para panela sólida en bloque

Requisitos	Resultados análisis de laboratorio	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331	
		Mínimo	Máximo
Humedad, fracción en masa en %	7,55	-	7,0
Cenizas, fracción en masa %	0,5571	0,8	-
Azúcares reductores (glucosa), fracción en masa en %	10,26	5,5	-
Proteínas en % (N x 6,25)	0,82	0,5	-

Potasio en mg/100 g	67,70	100,0	-
Calcio en mg/100 g	5,613	10,0	-
Fósforo en mg/100 g	0,00	5,0	-
Hierro en mg/100 g	2,322	1,5	-
Colorante	Ausencia	Ausencia	

**Fuente:** (INEN, 2002)

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

En la tabla 2-4 se muestran los valores obtenidos en el análisis físico-químico de la panela sólida en bloque, y se los compara con los especificados en la norma INEN 2331 que trata sobre los requisitos para panela sólida. Como primer parámetro fue la humedad de la panela, esta tiene un porcentaje de 7,55 %, dicho valor supera al máximo permitido por la norma que es de 7,0 %. Este excedente de 0,55 % indica que el consumo de esta panela debe ser muy rápido ya que su tiempo de vida útil es menor por la presencia de más humedad. Así también lo asevera (Osorio, 2007, p. 127) *“Si la panela elaborada posee entre 7 y 10% de humedad, es necesario transportarla, distribuirla y consumirla con rapidez, ya que un almacenamiento prolongado deteriora su calidad...”*

Otro parámetro analizado fue el porcentaje de cenizas, mismo que se encuentra en la tabla 2-4, cuyo resultado fue de 0,5571 %, y al compararlo con la norma, que tiene un valor de 0,8% como mínimo, encontramos una seria diferencia, y por ende no cumpliría con este parámetro. Y como se conoce, el análisis de ceniza sirve para indicar la cantidad de minerales que existen en un producto, en este caso panela sólida en bloque, por lo que indica que los minerales en la panela no son óptimos.

En cuanto a los azúcares reductores, el análisis de laboratorio indica un valor de 10,26 %, mismo que se encuentra en la tabla 2-4, superando al mínimo indicado por la norma que es de 5,5 %, por lo tanto, cumple con el estándar. La presencia de azúcares indica una inversión de la sacarosa convirtiéndola en sus monosacáridos glucosa y fructosa, la inversión de los azúcares debe ser controlada debido a que tanto la glucosa como la fructosa son incristalizables y pueden hacer que la panela no tenga la dureza requerida (Moreno, 2007, pp. 38-39).

A continuación, se analizó el porcentaje de proteína, mismo que se encuentra en la tabla 2-4, este arrojó un valor de 0,82 %, comparando con el requisito de la norma que es de 0,5 %, esto indica que la cantidad de proteína es la adecuada en la panela y que cumple con este parámetro. No existen muchos estudios de la cantidad de proteína en panela, sin embargo este resalta más cuando se quiere usar el producto en la alimentación de los animales de carga.

También se obtuvo el porcentaje de potasio expresado en mg/100g, 67,70, mismo que se encuentra en la tabla 2-4, contrastando con el valor de la norma 100 mg/100g, se puede apreciar que no cumple con este estándar ya que es inferior. Esta deficiencia de potasio se debe a una inapropiada fertilización y cuidado del suelo de cultivo, lo que también puede repercutir en aspectos fisiológicos de la planta ya que no se tiene una adecuada asimilación de carbohidratos, por lo tanto la formación de almidón y azúcares no es la óptima (Osorio, 2007, p. 68).

Otro parámetro analizado fue el porcentaje de calcio, mismo que se puede apreciar en la tabla 2-4, mismo que no pudo cumplir con el requisito de la norma ya que dio un valor de 5,613 % versus al 10,0 % que es el porcentaje mínimo que nos sugiere la norma. La insuficiencia de este mineral puede repercutir en la aparición de manchas en las hojas, clorosis e incluso necrosis de los tejidos, por ello es importante atender las necesidades de la planta desde el momento de su siembra (Osorio, 2007, p. 68).

Asimismo, se analizó el porcentaje de fósforo, cuyo valor se puede apreciar en la tabla 2-4, fue de 0,00 %, que contrastado con el indicado en la norma que es de 5,0 %, claramente no cumple con el requisito, ya que se nota una casi ausencia de este mineral. Esto puede ser muy perjudicial para los cultivos porque el fósforo es muy importante para la caña, tanto a nivel de crecimiento de raíces, tallo, etc. como la transformación de la glucosa y fructosa en sacarosa. Esto deteriora la calidad de la materia prima y también los productos obtenidos de la misma Osorio, 2007, pp. 67-68).

Continuando con los análisis, se tiene la cantidad de hierro se puede apreciar en la tabla 2-4, cuyo valor es de 2,322 %, comparándolo con lo que estipula la norma, que es de 1,5 % como mínimo, se nota su cumplimiento en cuanto a la cantidad de este mineral que debe estar presente en la panela sólida en bloque.

Finalmente, la presencia de colorantes, el análisis se puede encontrar en la tabla 2-4, indica una "Ausencia" del mismo, tal y como lo señala la norma. Por lo tanto cumple con la misma. La panela es un producto tradicional, con un color característico a café claro, y al ser considerado un alimento natural no se acostumbra a añadirle colorantes de ningún tipo.

**Tabla 3-4:** Resultados contaminantes para panela sólida en bloque

Requisitos	Resultados análisis de laboratorio	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331	
		Mínimo	Máximo
Plomo expresado como Pb, en mg/kg	< 0,02	-	0,2
Arsénico expresado como As, en mg/kg	< 0,002	-	0,1

Fuente: (INEN, 2002)

Realizado por: (Jaramillo, Francisco. 2021)

Como siguiente apartado se tienen los análisis de contaminantes presentes en la panela sólida. El primero de ellos es el plomo mismo que se lo puede encontrar en la Tabla 3-4, este presenta un valor de <0,02 mg/kg, contrastándolo con la norma que indica que el máximo permisible es 0,2 mg/kg. Se nota claramente que si cumple con este requisito ya que es un valor muy inferior en el que está presente en la panela por lo tanto no es un riesgo consumirla. Sin embargo la presencia de plomo indica que existe una contaminación en la cadena productiva, uno de los motivos principales por las que se dan la presencia de este metal pesado en los alimentos es por las grandes carreteras o caminos que se encuentran a lado de las tierras de producción, por estos motivos se había prohibido la presencia de tetraetilo de plomo en las gasolinas (Ruiz, et al. 2018, p.10).

El segundo contaminante analizado fue el metal pesado conocido como arsénico, el valor arrojado en el análisis se lo puede encontrar en la Tabla 3-4, su valor fue de <0,002 mg/kg, comparándolo con el de la norma que es de 0,1 mg/kg, se puede afirmar que cumple con este parámetro. La presencia de arsénico en la panela se debe a un posible uso de plaguicidas arsenicales, estos sirven para evitar que los insectos devoren la planta y eso repercuta en el rendimiento de la producción, sin embargo quedan trazas que son absorbidas por el suelo y por ende los absorbe la misma caña, por ello es importante usar la dosis correcta según el análisis del suelo.

**Tabla 4-1:** Resultados microbiológicos para panela sólida en bloque

Requisitos	Resultados análisis de laboratorio	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331	
		Mínimo	Máximo
Recuento de mohos, ufc/g	< 10	-	150
Recuento de levaduras, ufc/g	< 10	-	150

**Fuente:** (INEN, 2002)

**Realizado por:** (Jaramillo, Francisco. 2021)

El último grupo de análisis fueron los microbiológicos, en donde se realizó el recuento de mohos y levaduras como se indica en la Tabla 4-4, cuyo valor fue de <10 ufc/g para ambas pruebas, cumplieron con el requisito estipulado en la norma cuyo valor máximo es 150 ufc/g. Una baja presencia de organismos es importante para la conservación de las características de calidad en la panela, además que demuestra un cuidado higiénico y sanitario de su producción, empaque y almacenamiento.

## CONCLUSIONES

- El análisis de la miel virgen de caña de azúcar fue el más importante de este estudio, ya que este muestra la factibilidad de poder vender esta miel a la central panelera Teniente Hugo Ortiz, en donde se convertirá en panela sólida. Por lo que resultó factible estandarizar los requisitos que debe tener. Gracias a los parámetros expuestos por la norma Técnica Colombiana 1846 se puede garantizar un procesamiento óptimo del jugo de caña hasta su conversión en miel, en un trapiche panelero tradicional, ya que esta normativa cubre parámetros como la cristalización de la miel y su conservación por un largo periodo de tiempo, buenas características de la miel que repercuten en textura y color en la panela, y por último un control de contaminantes gaseosos que pueden estar presentes debido a las emisiones provocadas por la combustión que se realiza en el proceso.
- Se estableció los parámetros que deben controlarse para una miel virgen de caña de azúcar de buena calidad, mediante revisión bibliográfica se encontró que este producto debe tener un porcentaje de azúcares totales reductores del 65% como mínimo. Otro factor clave es la cantidad de sólidos solubles o grados Brix que contiene la solución definiendo como mínimo 68 °Brix. Finalmente se puntualizó como el contaminante más importante de las mieles al dióxido de azufre, cuyo valor máximo es de 0,03 %.
- Mediante la adaptación de las “Buenas Prácticas Agrícolas”, al proceso tradicional de elaboración de panela en el trapiche “Alfredo López”, se estableció los procesos y controles que son necesarios para la extracción de miel virgen de caña de azúcar y elaboración de panela de buena calidad. Mismos que no presentaron una dificultad muy elevada de aplicar debido a la experiencia de los operarios y su cooperación en la mayoría de las etapas en el proceso, la problemática más destacable que se presentó fue la ausencia de los instrumentos necesarios, como termómetros o termocuplas, brixómetros y medidores de pH, ya que para llevar un control es necesario demostrar cómo se lo está haciendo. Por lo que realizar una inversión en estos instrumentos les permitirá demostrar que su proceso es garantizado.
- Se validó el proceso de control de calidad de las mieles de caña de azúcar comparando los análisis de laboratorio de una muestra de este producto con los estándares establecidos por la norma técnica colombiana 1846, adicional a esto se evaluó la calidad de panela sólida en bloque producto de esta misma miel con ayuda de la norma INEN 2331.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda caracterizar la materia prima de la región, ya que se detectó una falta de minerales en el producto final, panela sólida en bloque, lo que indica una deficiente fertilización y mal cuidado en la siembra de la caña de azúcar por parte de los cañicultores.
- Adicional, realizar un análisis de suelo para utilizar el fertilizante adecuado según las necesidades presentes, ya que es importante mantener el equilibrio entre minerales.
- Además, analizar otros tipos de caña, ya que este estudio se centra en la variedad denominada “Limeña” porque es la más cultivada en la zona, sin embargo también se encuentran variedades como “Costa Rica” o “Morada”.
- Finalmente, se considera necesario ofrecer capacitaciones a los proveedores de caña para que mejoren sus técnicas de fertilización y regeneración del suelo, ya que los productores de panela compran esta materia prima y no pueden asegurar la calidad de su producto final.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABAD GIRALDO, LAURA MARCELA. 2017.** Academia. *Trabajo mieles y panela*. [En línea] 2017. [Citado el: 24 de Febrero de 2021.] [https://www.academia.edu/38392547/Trabajo\\_mieles\\_y\\_panela\\_Autoguardado\\_1\\_](https://www.academia.edu/38392547/Trabajo_mieles_y_panela_Autoguardado_1_).

**CORANTOQUIA. 2008.** Antioquia. [En línea] 2008. [Citado el: 25 de Febrero de 2021.] <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2738>.

**FREIRE REYES, et al. 2011.** Repositorio UTN. *Determinación de requisitos mínimos de calidad para Panela, Azúcar Orgánico y Miel Hidrolizada en la Provincia de Imbabura*. [En línea] 11 de Marzo de 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2021.] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/350/4/03%20AGI%20201%20CAPITULO%20IV%20RESULTADOS%20Y%20DISCUSIONES.pdf>.

**GAIBOR, JINSOP GEOVANNY NARANJO. 2013.** dspace. *Estudio de prefactibilidad para el establecimiento de una planta móvil para panela granulada en el cantón San Miguel, provincia de Bolívar*. [En línea] 2013. [Citado el: 09 de Agosto de 2020.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2035/1/T-UCE-0004-36.pdf>.

**GARCÍA, RAÚL, et al. 2018.** Dialnet. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de Febrero de 2021.] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6544948>.

**INEN (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, EC.). 2002.** Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 2332. *Panela Granulada Requisitos*. [En línea] 2002. [Citado el: 26 de Febrero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2332.pdf>.

**MINAGRICULTURA. 2019.** [En línea] 2019. [Citado el: 09 de Agosto de 2020.] <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.

**OLMEDO, JOSÉ. 2020.** La Central Panelera de Tnte. Hugo Ortiz la más grande del País. *El Observador*. Semanario, 2020.

**OSORIO CADAVID, GUILLERMO. 2007.** AGROSAVIA. *Buenas Prácticas Agrícolas BPA y Buenas Prácticas de Manufactura BPM en la Producción de Caña y Panela*. [En línea] 2007. [Citado el: 02 de Marzo de 2021.]

[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18313/43120\\_50541.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18313/43120_50541.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**PERLAZA NAZARENO, SAMUEL ANTONIO. 2020.** Repositorio UG. *Elaboración de miel hidrolizada por inversión ácida a partir del jugo de caña de azúcar.* [En línea] 2020. [Citado el: 13 de Marzo de 2021.] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50285/1/Perlaza%20Nazareno%20Samuel%20Antonio.pdf>.

**QUEZADA MORENO, WALTER. 2007.** Repositorio UTN. *Determinación de parámetros óptimos para la producción y aromatización de miel hidrolizada, panela soluble y azúcar.* [En línea] 2007. [Citado el: 24 de Febrero de 2021.] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/935/1/Miel,%20panela%20azúcar.pdf>.

**RUIZ PÉREZ, LUZ ADRIANA, et al. 2018.** SALUDCAPITAL. *Vigilancia de Niveles de Plomo en Panela.* [En línea] 2018. [Citado el: 09 de Marzo de 2021.] [http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Lab\\_sp\\_Proj\\_invest/Informe\\_Panelas\\_2018.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Lab_sp_Proj_invest/Informe_Panelas_2018.pdf).

# ANEXOS

## ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA



a)



b)



c)



d)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:  Francisco Esteban Jaramillo Pumalema</p>	<b>EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA</b>		
<p>a) Materia prima (caña de azúcar). b) Variedades de caña de azúcar. c) Almacenamiento de la caña de azúcar. d) Molino de tres mazas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			1	1:1	14/03/2021

**CONTINUACIÓN DEL ANEXO A**



e)



f)



g)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>                  ELABORADO POR:                   Francisco Esteban Jaramillo Pumalema</p>	<p><b>EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA</b></p>		
<p>e) Extracción del jugo de caña.                  f) Filtración del jugo de caña.                  g) Jugo de caña.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				
		<p>2</p>	<p>1:1</p>	<p>14/03/2021</p>	

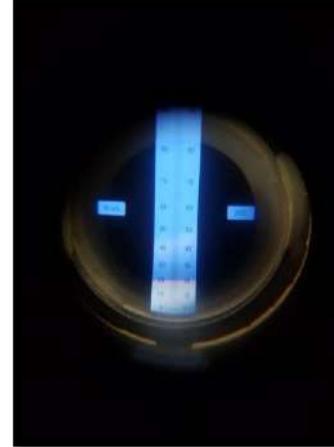
## ANEXO B: OBTENCIÓN DE LA MIEL DE CAÑA DE AZÚCAR



a)



b)



c)



d)

### NOTAS:

- a) Temperatura de extracción de la miel.
- b) Medida de los Grados Brix.
- c) Valor de los grados brix.
- d) Miel virgen de caña de azúcar.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ELABORADO POR:

Francisco Esteban Jaramillo Pumalema

### OBTENCIÓN DE LA MIEL DE CAÑA DE AZÚCAR

LÁMINA	ESCALA	FECHA
3	1:1	14/03/2021

## ANEXO C: OBTENCIÓN DE LA PANELA



a)



b)



c)



d)

### NOTAS:

- a) Temperatura de obtención de la panela.
- b) Batea de aireación.
- c) Aireación de la panela.
- d) Batido de la panela.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ELABORADO POR:

Francisco Esteban Jaramillo Pumalema

### OBTENCIÓN DE LA PANELA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	14/03/2021

**CONTINUACIÓN DEL ANEXO C**



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>                  ELABORADO POR:                   Francisco Esteban Jaramillo Pumalema</p>	<b>EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA</b>		
<p>e) Moldeado de la panela.                  f) Desmoldado y enfriamiento de la panela.                  g) Empacado de la panela.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			5	1:1	14/03/2021

## ANEXO D: ANÁLISIS DE LA MIEL DE CAÑA DE AZÚCAR



Código de trabajo N° 20357  
Informe N° 20357  
Hoja 1 de 2

### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Francisco Esteban Jaramillo Pumalema  
Dirección: Vía Tarquí, Puyo, Pastaza  
Muestra: Miel de caña de azúcar  
Descripción de la muestra: Líquido denso  
Fecha Elaboración: —  
Fecha Vencimiento: —  
Fecha de Toma: —  
Lote: —  
Localización: —  
Envase: Vidrio  
Conservación de la muestra: Ambiente

### DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 03 de febrero del 2021  
Toma de muestra por: Cliente  
Fecha de realización del ensayo: 03 - 11 de febrero del 2021  
Fecha de emisión del informe: 11 de febrero del 2021  
Condiciones ambientales: 23,5°C 37%HR

### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Sólidos solubles ("Brix)	°Brix	PEE/LA08 AOAC 932.14	76,00

*Cecilia Lizaraga*  
Dra. Cecilia Lizaraga  
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

**Nombre:** Francisco Esteban Jaramillo Pumalema  
**Dirección:** Vía Tarqui, Puyo, Pastaza  
**Muestra:** Miel de caña de azúcar  
**Descripción de la muestra:** Líquido denso  
**Fecha Elaboración:** ---  
**Fecha Vencimiento:** ---  
**Fecha de Toma:** ---  
**Lote:** ---  
**Localización:** ---  
**Envase:** Vidrio  
**Conservación de la muestra:** Ambiente

**DATOS DEL LABORATORIO**

**Fecha de recepción:** 03 de febrero del 2021  
**Toma de muestra por:** Cliente  
**Fecha de realización del ensayo:** 03 - 11 de febrero del 2021  
**Fecha de emisión del informe:** 11 de febrero del 2021  
**Condiciones ambientales:** 23,6°C 37%HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Azúcares	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	74,36
Fructosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	3,61
Glucosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	3,57
Sacarosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	67,18
Lactosa	%	PEE/LA/09 AOAC 977.20	0,00
Dióxido de azufre	mg/kg	Yodometría	265,68

*Cecilia Lumbago*  
**Dra. Cecilia Lumbago**  
 GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra utilizada tal como fue recibida en LABOLAB.  
 LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
 Este informe no debe reproducirse sino que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
 Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de competencias del SAE.

## ANEXO E: ANÁLISIS DE LA PANELA SÓLIDA EN BLOQUE



Orden de trabajo N° 219217  
Informe N° 210314  
Página 1 de 1

### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Francisco Esteban Jaramillo Pumaleña  
Dirección: Vía Tarqui, Puyo, Pastaza  
Muestra: Panela sólida  
Descripción de la muestra: Bloque  
Fecha Elaboración: --  
Fecha Vencimiento: --  
Fecha de Toma: --  
Lote: --  
Localización: --  
Envase: Funda de polietileno  
Conservación de la muestra: Ambiente

### DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 03 de febrero del 2021  
Toma de muestra por: Cliente  
Fecha de realización del ensayo: 04 - 09 de febrero del 2021  
Fecha de emisión del informe: 11 de febrero del 2021  
Condiciones ambientales: 26,4°C 34%HR

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Recuento de Mohos	ufc/g	PEEM/LA/03 INEN 1529-10	< 10
Recuento de Levaduras	ufc/g	PEEM/LA/03 INEN 1529-10	< 10

*Cecilia Inzuriaga*  
Dra. Cecilia Inzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.





ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 21051  
Informe N° 21051  
Hoja 1 de 2

#### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Francisco Esteban Jacamillo Panalema  
Dirección: Vía Tarquí, Payo, Pastaza  
Muestra: Panela sólida  
Descripción de la muestra: Bloque  
Fecha Elaboración: —  
Fecha Vencimiento: —  
Fecha de Toma: —  
Lote: —  
Localización: —  
Envase: Funda de polietileno  
Conservación de la muestra: Ambiente

#### DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 03 de febrero del 2021  
Toma de muestra por: Cliente  
Fecha de realización del ensayo: 03 - 12, 17 de febrero del 2021  
Fecha de emisión del informe: 17 de febrero del 2021  
Condiciones ambientales: 23,6°C, 37%HR

#### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Humedad	%	PEE/LA/02 INEN ISO 265	7,55
Proteína	%	PEE/LA/01 INEN ISO 20483	0,82
Ceniza	%	PEE/LA/03 INEN 520	0,5571
Azúcares reductores	%	PEE/LA/09 /AOAC 977.20	10,26
Colorantes artificiales	—	AOAC 930.38	Ausencia

  
Dra. Cecilia Luzzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada, tal como fue recibida en LABOLAB.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



A continuación, ANEXO E



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 210351  
Informe N° 210351  
Hoja 2 de 2

#### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Francisco Esteban Jaramillo Pumalema  
Dirección: Vía Tarquí, Puyo, Pastaza  
Muestra: **Paneta sólida**  
Descripción de la muestra: Bloque  
Fecha Elaboración: —  
Fecha Vencimiento: —  
Fecha de Toma: —  
Lote: —  
Localización: —  
Envase: Funda de polietileno  
Conservación de la muestra: Ambiente

#### DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 03 de febrero del 2021  
Toma de muestra por: Cliente  
Fecha de realización del ensayo: 03 - 12, 17 de febrero del 2021  
Fecha de emisión del informe: 17 de febrero del 2021  
Condiciones ambientales: 23,0°C 37%HR

#### ANÁLISIS QUÍMICO:

METALES	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Arsénico	mg/kg	Griseit Modificado	< 0,002
Hierro	mg/kg	Standard Methods 3111B Modificado	23,22
Calcio	mg/kg	AOAC 976.09	56,15
Fósforo	mg/kg	AOAC 986.24	0,00
Potasio	mg/100 g	Electrodo selectivo	67,70
Plomo	mg/kg	Standard Methods 3111B Modificado	< 0,02

  
Dra. Cecilia Laguarda  
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAI.

  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

A continuación, ANEXO E



*ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*

*DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

*Fecha de entrega: 19/04/2021*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Francisco Esteban Jaramillo Pumalema
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Químico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



0759-DBRAI-UPT-2021