



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Química

**Obtención de panela orgánica a partir de dos variedades de caña de
azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del valle de Huaura – Sayán**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

Autores

Keyla Rosmery Acevedo Miranda

Pablo de Jesus Ojeda Salguero

Asesor

M(o). Jhon Herbert Obispo Gavino


JHON HERBERT OBISPO GAVINO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP. N°68007

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Química

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA SUSTENTACIÓN
Keyla Rosmery Acevedo Miranda	77354671	20 de agosto 2026
Pablo de Jesus Ojeda Salguero	72384496	20 de agosto 2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Jhon Herbert Obispo Gavino	15728127	https://orcid.org/0000-0002-0972-2400
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS PREGRADO		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Berardo Beder Ruiz Sanchez	31602007	https://orcid.org/0000-0002-1822-9204
Dalila Inocenta Zavaleta Sotelo	15841151	https://orcid.org/0000-0002-0011-680X
Edelmira Torres Corcino	15649132	https://orcid.org/0009-0009-7903-4652

2026 - 046944 Ojeda Salguero 2026 - 046942 Aceve...

Obtención de panela orgánica a partir de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del valle de Huaur...

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FIQyM - PREGRADO - 2026

Unidad de Investigación de la FIQyM - 2026

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3611954803

Fecha de entrega

15 jul 2026, 5:15 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

15 jul 2026, 5:22 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS - Acevedo, Miranda - Ojeda, Salguero.docx

Tamaño del archivo

27.9 MB

105 páginas

20.096 palabras

110.714 caracteres



Página 1 de 111 - Portada

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3611954803



Página 2 de 111 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3611954803

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

▸ Bibliografía

Exclusiones

▸ N.º de coincidencias excluidas:

Fuentes principales

14% Fuentes de Internet

3% Publicaciones

4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme avanzar en esta vida. A mi madre Conchito por el apoyo incondicional, sacrificio y amor que me brindo desde que decidí estudiar, a mi papá Luis que desde el cielo me guio a seguir y a mis hermanos, primas y familiares que me incentivaron en este camino a través de un viaje académico.

Keyla Rosmery Acevedo Miranda

Dedicado a Dios por otorgarme la salud y sabiduría para salir adelante. A mis dos padres, José e Ysabel, por recordarme que nunca estaré solo y por ese amor sempiterno hacia mí; a mis tíos Pedro y Amanda quienes con cada enseñanza fueron siempre fortaleciendo mi recorrido profesional y personal.

Pablo de Jesus Ojeda Salguero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres en primer lugar.

A mi asesor Ing. Jhon Herbert Obispo Gavino. Así como a la Ing. Monica Rosario Caipo Torero por su apoyo constante y su experticia, quienes han hecho seguimiento y aportes al proyecto para su culminación.

Keyla Rosmery Acevedo Miranda

Principalmente a Dios y a mis padres.

Con gran estima agradezco a nuestro asesor Ing. Jhon Herbert Obispo Gavino y a la Ing. Mónica Rosario Caipo Torero, por estar en el proceso de aprendizaje y desarrollo de todo lo aprendido y planteado.

Pablo de Jesus Ojeda Salguero

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación de la investigación.....	6
1.5 Delimitaciones del estudio	7
CAPITULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes de la investigación.....	10

2.1.1	Investigaciones internacionales.....	10
2.1.2	Investigaciones nacionales	14
2.2	Bases teóricas	17
2.2.1	Caña de azúcar	17
2.2.1.1	La caña de azúcar en el mundo.....	17
2.2.1.2	Clasificación botánica de la caña de azúcar	18
2.2.1.3	Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.....	18
2.2.2	Panela orgánica	20
2.2.2.1	Panela	20
2.2.2.2	Azúcar natural o panela granulada	20
2.2.2.3	Importancia de la panela granulada.....	21
2.2.2.4	Requisitos mínimos de la panela granulada	22
2.2.2.5	Proceso de producción de panela granulada.....	22
2.2.2.6	Controles en el proceso.....	28
2.2.2.7	Legislación sobre panela granulada en el Perú.....	30
2.3	Bases filosóficas	30
2.4	Definición de términos básicos	32
2.5	Hipótesis de investigación.....	33
2.5.1	Hipótesis general.....	33
2.5.2	Hipótesis específica.....	33
2.6	Operacionalización de las variables	34
CAPITULO III		36
METODOLOGÍA.....		36
3.1	Diseño metodológico.....	36
3.1.1	Tipo de investigación	36

3.1.2	Nivel de investigación.....	37
3.1.3	Enfoque de investigación	38
3.1.4	Diseño de investigación	38
3.2	Población y muestra	40
3.2.1	Población.....	40
3.2.2	Muestra.....	40
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	41
3.3.1	Técnicas.....	41
3.3.2	Descripción de los instrumentos	42
3.3.3	Detalle del proceso de producción de panela orgánica	43
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información.....	46
CAPITULO IV		48
RESULTADOS		48
4.1	Análisis de resultados	48
4.1.1	Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jugos crudos.....	48
4.1.2	Comparación del rendimiento porcentual de panela por variedad de caña.....	49
4.1.3	Comparación de la calidad física de la panela granulada por variedad de caña.....	51
4.2	Contrastación de hipótesis	53
4.2.1	Comparación de la calidad y eficiencia del proceso de las dos variedades	53
4.2.2	Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jugos crudos.....	54
4.2.3	Comparación del rendimiento porcentual de panela por variedad de caña.....	57
4.2.4	Comparación de la calidad física de la panela granulada por variedad de caña.....	58
CAPITULO V		61
DISCUSIÓN.....		61
5.1	Discusión de resultados	61

CAPITULO VI	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1 Conclusiones.....	65
6.2 Recomendaciones	66
CAPITULO VII.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Clasificación botánica de la caña de azúcar</i>	18
Tabla 2 <i>Requisitos mínimos de la panela granulada</i>	22
Tabla 3 <i>Comportamiento de los ° Brix de acuerdo con la temperatura de ebullición</i>	26
Tabla 4 <i>Especificaciones técnicas y estándares de calidad relevantes para panela granulada</i>	31
Tabla 5 <i>Operacionalización de las variables</i>	35
Tabla 6 <i>Caracterización fisicoquímica de los jugos crudos de caña de azúcar de ambas variedades</i>	48
Tabla 7 <i>Balance de materia y rendimiento porcentual comparativo en la elaboración de panela</i>	50
Tabla 8 <i>Análisis panela obtenida a partir de variedades de caña de azúcar</i>	51
Tabla 9 <i>Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk</i>	55
Tabla 10 <i>Pruebas de Homocedasticidad de Levene</i>	55
Tabla 11 <i>Prueba t de Student de muestras independientes</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Vista del Valle Huaura-Sayán</i>	8
Figura 2 <i>Productores de caña de azúcar en el mundo</i>	17
Figura 3 <i>Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar</i>	19
Figura 4 <i>Panela granulada</i>	21
Figura 5 <i>Abanico colorimétrico para azúcar comercial o panela granulada</i>	29
Figura 6 <i>Diseño de la investigación</i>	39
Figura 7 <i>Diagrama de bloques del proceso de elaboración de panela orgánica ejecutado</i>	45

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia	75
Anexo 2. Molino y extracción del jugo de caña	76
Anexo 3. Pesado del bagazo obtenido tras la molienda de caña de azúcar	77
Anexo 4. Pesado de jugo obtenido tras la molienda de caña de azúcar	78
Anexo 5. Preparación de la unidad de calentamiento del jugo de caña.....	79
Anexo 6. Separación de impurezas (Descachazado) del jugo tras el calentamiento	80
Anexo 7. Limpieza final de impurezas del jugo tras el calentamiento.....	81
Anexo 8. Prueba de ajuste para el control de temperatura	82
Anexo 9. Concentración y punteo del jugo del proceso de obtención de panela	83
Anexo 10. Batido del proceso de obtención de panela.....	84
Anexo 11. Cristalización y enfriado natural de la panela.....	85
Anexo 12. Pesado de la panela granulada	86
Anexo 13. Pesado de impurezas en el proceso de obtención de panela	87
Anexo 14. Determinación de la humedad de la panela	88

RESUMEN

Objetivo: Comparar la calidad y la eficiencia del proceso en la obtención de panela orgánica (libre de aditivos químicos) granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del valle de Huaura – Sayán. **Metodología:** Estudio de enfoque cuantitativo, tipo aplicado y nivel explicativo, con diseño experimental comparativo con dos grupos independientes (G1: Azul Casa Grande, G2: Mexicana) con tres repeticiones por cada variedad, previamente agostada, sin quema, con molienda en seco, sin imbibición, clarificación termofísica orgánica (sin cal), y una evaporación controlada por debajo de 120 °C.

Resultados: El análisis fisicoquímico, respaldado por la prueba t de Student ($p\text{-valor} < 0,05$), determinó que la Azul Casa Grande posee una calidad superior (promedio 20,00 °Brix, 17,77 % Pol y 88,84 % de pureza), en contraste con la Mexicana (promedio 18,80 °Brix, 16,20 % Pol y 86,17 % de pureza). En cuanto a la eficiencia de obtención de panela, la variedad Azul Casa Grande alcanzó un rendimiento porcentual de 7,11 % en relación al peso de la caña, superando de manera significativa el 6,36 % obtenido por la variedad Mexicana. Asimismo, los atributos físicos de la panela final revelaron que la variedad Azul Casa Grande presenta una menor humedad (4,97 %), mayor pureza (82,80 %) y un color crema-claro, respecto a la panela obtenida desde la Mexicana, la cual registró una humedad 5,37 %, pureza 81,03 % y una coloración ámbar-claro más intensa. **Conclusiones:** Se obtuvieron diferencias significativas en la aptitud de las variedades de caña evaluadas, estableciendo que la variedad Azul Casa Grande es la más eficiente para la producción de panela orgánica, al poseer una mejor calidad de jugo crudo bajo las mismas condiciones de extracción y procesamiento a nivel de laboratorio.

Palabras clave: Caña de azúcar, panela orgánica, rendimiento, calidad fisicoquímica, Huaura-Sayán.

ABSTRACT

Objective: To compare the quality and efficiency of the process for obtaining granulated organic panela (free of chemical additives) at the laboratory level, from two varieties of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) from the Huaura-Sayán Valley. **Methodology:** A quantitative, applied, and explanatory study with a comparative experimental design using two independent groups (G1: Azul Casa Grande, G2: Mexicana) with three replicates per variety. The sugarcane was previously dried, without burning, dry milled, without imbibition, underwent organic thermophysical clarification (without lime), and evaporated at a controlled temperature below 120 °C. **Results:** The physicochemical analysis, supported by the Student's t-test ($p\text{-value} < 0.05$), determined that Azul Casa Grande has superior quality (average 20.00 °Brix, 17.77% Pol, and 88.84% purity) compared to Mexicana (average 18.80 °Brix, 16.20% Pol, and 86.17% purity). Regarding panela production efficiency, the Azul Casa Grande variety achieved a yield of 7.11% relative to the weight of the sugarcane, significantly exceeding the 6.36% obtained by the Mexicana variety. Furthermore, the physical attributes of the final panela revealed that the Azul Casa Grande variety has lower moisture content (4.97%), greater purity (82.80%), and a light cream color, compared to the panela obtained from the Mexicana variety, which registered 5.37% moisture, 81.03% purity, and a more intense light amber color. **Conclusions:** Significant differences were obtained in the suitability of the sugarcane varieties evaluated, establishing that the Azul Casa Grande variety is the most efficient for the production of organic panela, possessing better raw juice quality under the same extraction and processing conditions at the laboratory level.

Keywords: Sugar cane, organic panela, yield, physicochemical quality, Huaura-Sayán.

INTRODUCCIÓN

La producción de caña de azúcar en el valle de Huaura-Sayán se rige predominantemente por el modelo de la industria azucarera convencional, el cual, según Ayala (2019) , demanda una transformación constante de sus metodologías de gestión para ofrecer respuestas eficientes ante la globalización. Actualmente, este sistema obliga a los cañicultores a depender de ingenios que utilizan procesos químicos de refinación y generan subproductos como la melaza y el bagazo, de los cuales el productor no se beneficia. Jaramillo y Sánchez (2022) señalan que esta actividad suele estar en manos de pequeños agricultores con limitaciones tecnológicas; por ello, surge la necesidad de evaluar el procesamiento de variedades maduras agostadas para obtener panela orgánica granulada, que posibilite un aprovechamiento integral de los sólidos sin producir melaza y otorgando soberanía económica al cañicultor local.

A nivel internacional, Flórez-Martínez et al. (2023) sostienen que la innovación en alimentos busca actualmente productos funcionales con beneficios para la salud, como el azúcar de caña no centrifugado (ACN). En la Amazonía Ecuatoriana, González-Rivera et al. (2024) destacan que la dependencia tradicional de la leña como fuente energética afecta la calidad del producto y el ambiente, validando la transición hacia sistemas térmicos más eficientes. Asimismo, Ramos (2020) demuestra que el control de parámetros operacionales como el pH y la temperatura es crítico para determinar el color y la calidad final, evitando riesgos químicos como la formación de acrilamida.

A pesar de estos avances, en el valle de Huaura-Sayán existe una ausencia de evidencia técnica local sobre la aptitud tecnológica de las variedades cultivadas bajo condiciones de molienda sin imbibición. No se han documentado estudios comparativos que validen, a nivel de laboratorio, el rendimiento y la calidad física de la panela obtenida

mediante clarificación orgánica (sin alcalinización), lo que impide a los cañicultores locales estandarizar procesos que aseguren la integridad química del producto y su competitividad en mercados orgánicos.

En virtud de lo expuesto, el presente estudio tiene como propósito comparar la calidad y eficiencia del proceso de obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar (Azul Casa Grande y Mexicana) del valle de Huaura – Sayán. Mediante un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, la investigación busca determinar preliminarmente cuál de estas variedades maximiza el rendimiento y la pureza, fundamentando un modelo base para la manufactura sostenible para el pequeño cañicultor

Asimismo, se pretende que los parámetros de calidad fisicoquímica y los indicadores de color obtenidos (con valores inferiores a 1 en la escala ACAP) se establezcan como una línea base técnica para la ejecución de futuras optimizaciones experimentales. Esto permitirá integrar, en etapas posteriores, sistemas de molienda de alta eficiencia y técnicas de imbibición que incrementen la productividad y reduzcan los costos operativos. Del mismo modo, este referente técnico facilitará el estudio de floculantes de origen vegetal (empleando mucílagos de especies nativas del valle de Huaura-Sayán) durante la clarificación termofísica, orientados a optimizar la cinética de remoción de impurezas y potenciar las propiedades organolépticas del producto, garantizando siempre los estándares de inocuidad y la naturalidad exigida por los mercados orgánicos internacionales.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El problema central del estudio radica en la dependencia económica y tecnológica de los agricultores de caña del valle de Huaura–Sayán respecto a la industria azucarera convencional, modelo que obliga a los cañicultores a entregar su cosecha a ingenios para su procesamiento, y que a la vez generan subproductos como el bagazo y la melaza de los cuales el cañicultor no se beneficia; además de emplearse procesos químicos de refinación en los ingenios azucareros. Situación que hace que se evalúen el uso de variedades de caña madura agostada y procesos de maquinaria básica, para obtener panela orgánica granulada de buena calidad a nivel de laboratorio, logrando un aprovechamiento integral de los sólidos del jugo al no producir melaza, permitiendo que el cañicultor cuente con una alternativa para transformar su propia materia prima de manera sencilla, orgánica y con una rentabilidad comparable al de la azúcar rubia doméstica.

A nivel global, según Ayala (2019) la alta competitividad y la globalización que definen al mercado actual obligan a que las metodologías de operaciones y gestión se transformen de forma permanente para ofrecer respuestas eficientes. A escala global, la fabricación de azúcar desde la caña constituye un pilar básico para el sector de alimentos y bebidas, con una presencia en América destacada por una trayectoria productiva incesante

desde la primera mitad del siglo XVI (Santamaría y García, 2005, como se citó en García et al., 2022).

De acuerdo a García et al. (2022), las actividades agroindustriales suelen producir desechos que impactan los ecosistemas y las poblaciones locales, aunque la gravedad de este efecto está condicionada por los métodos, volúmenes de generación y las estrategias de tratamiento aplicadas, y en el proceso de la caña de azúcar, estos residuos surgen en etapas concretas de su transformación en azúcar o derivados, dependiendo directamente de la fase operativa en la que se encuentre el proceso. En la industria de procesamiento de caña de azúcar, se ha evidenciado que los procesos productivos suelen impactar desfavorablemente al entorno natural, debido fundamentalmente, a una gestión ineficiente de los recursos que deriva en la liberación de desechos materiales y energía sin un aprovechamiento adecuado (González et al., 2012, como se citó en García et al., 2022).

El proceso productivo en la región latinoamericana no ha variado significativamente, la producción de derivados de la caña conserva un carácter tradicional basado en la purificación y concentración de los jugos hasta alcanzar las propiedades organolépticas deseadas, esta metodología convencional determina el consumo de insumos y mano de obra, repercutiendo directamente en los costos operativos de la industria (Gutiérrez et al, 2017, como se citó en Jaramillo y Sánchez, 2022).

En el Perú, Dávila (2019, como se citó en Jaramillo y Sánchez, 2022) señalaba que la producción de panela en San Martín se ve limitada por una gestión deficiente en las etapas de siembra y comercialización, figurando como factores clave que impiden el desarrollo óptimo de esta actividad en la región a los problemas organizativos y el abandono estatal en términos de asistencia técnica. Por otro lado, Jaramillo y Sánchez (2022) señalan que la producción de panela está mayormente a cargo de pequeños cañicultores con limitaciones

tecnológicas, y que gracias a la intervención del Instituto Nacional de Innovación Agraria en la sierra de Piura, se ha logrado estandarizar la calidad del producto, logrando que la productividad de caña orgánica subiera de 40 a 55 toneladas por hectárea, y elevando simultáneamente el rendimiento de 43 a 72 quintales de panela granulada.

A su vez, Llanos y Mazón (2012) sostienen que la reducida rentabilidad de la industria panelera se debe a factores como la baja productividad y la carencia de estándares de calidad, enfatizando que el obstáculo más crítico es la debilidad de los productores frente a los intermediarios, por lo que resulta indispensable implementar planes de comercialización que vinculen directamente al productor con el consumidor final para optimizar los beneficios económicos.

Además, existe un riesgo químico y técnico; Garófalo y Villón (2019) consideran que la generación de acrilamida durante la evaporación del jugo de caña es un riesgo latente debido a la presencia de aminoácidos y azúcares. Esta problemática, vinculada a la ausencia de protocolos técnicos en las unidades paneleras, genera rechazo en mercados internacionales. Para mitigar este riesgo, se propone estandarizar el proceso limitando la temperatura a menos de 120 °C y ajustando el pH entre 5,5 y 6,0, además de emplear aglutinantes orgánicos como la sábila y equipos de vapor que operen entre 20 y 50 psi.

En cuanto a la calidad física, Ramos (2020) en su evaluación de cómo los parámetros de operación en la concentración y cristalización afectan el color de panela obtenida, encontró para la etapa de concentración que el pH y la temperatura inicial son los parámetros que influyen significativamente en el color de la meladura, siendo el más significativo el pH y no siendo significativo la temperatura final de la meladura y tiempo de concentración; para la etapa de cristalización, encontró que el color inicial de la meladura es el parámetro

operacional que influye significativamente en el color de la panela granulada, y por el contrario no son significativos el pH, su temperatura inicial y final.

La causa principal en la coloración es el uso de métodos industriales convencionales que requieren cal para alcalinizar, realizado con el propósito de elevar el pH para reducir la inversión de la sacarosa y a la vez favorecer la clarificación con la formación del fosfato tricálcico tras su calentamiento. Según Chen (1997) mencionaba que para una buena clarificación es necesario añadir la cantidad correcta de cal, donde su defecto producirá una decantación deficiente y un jugo turbio posibilitando pérdidas de sacarosa por inversión, su exceso puede producir oscurecimiento del jugo, incrementando las sustancias gomosas en productos de baja pureza, aumento de cenizas por las sales de calcio disueltas, y una elevada producción de mieles.

El encalamiento priva al cañicultor de un aprovechamiento total, con una menor rentabilidad para este y la generación de subproductos (melaza). Por ello, considerando que el pH del jugo clarificado afecta el color final, esta investigación propone obtener panela sin alcalinización y a partir de caña madura agostada. El aporte consiste en validar, a nivel laboratorio, que es posible obtener panela orgánica granulada en el valle de Huaura – Sayán (2024) con maquinaria básica, logrando un aprovechamiento integral de los sólidos sin producir melaza, lo que podría otorgar soberanía productiva y económica al cañicultor.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Qué diferencias de calidad y eficiencia del proceso, se presenta en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo se comparan los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?
- ¿Qué diferencias en el rendimiento porcentual de la panela orgánica granulada se presentan como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?
- ¿Qué diferencias en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) se presentan como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Comparar la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

1.3.2 Objetivos específicos

- Comparar los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

- Comparar el rendimiento porcentual de la panela orgánica granulada, en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.
- Comparar los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

1.4 Justificación de la investigación

Cobra especial relevancia debido a que en el valle de Huaura-Sayán existen extensas áreas de cultivo de caña de azúcar cuyo destino principal suele ser la venta directa a los ingenios azucareros cercanos. Esta dinámica comercial limita al cañicultor, pues al no integrar procesos de transformación que otorguen un valor agregado a su cosecha, desaprovecha la oportunidad de alcanzar una mayor rentabilidad económica.

En este contexto, es necesario tener en cuenta que la producción industrial de azúcar, consolidada históricamente en el consumo masivo, depende habitualmente de la quema de los cultivos para facilitar la cosecha y proveer a la industria de una materia prima más limpia. No obstante, esta práctica resulta contraproducente para el productor, ya que el estrés térmico disminuye la calidad del jugo y, por consiguiente, reduce el contenido de sacarosa cristizable, incrementando innecesariamente la proporción de melaza. Aunado a ello, se debe enfatizar el severo impacto negativo al medio ambiente derivado de la combustión de biomasa, la cual degrada la calidad del aire y el hábitat del ser humano. Por ello, el estudio está alineado al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS), 3 (Salud y bienestar) al proponer una alternativa en la reducción de emisiones de gases contaminantes por quemas, y al ODS

12 (Producción y consumo responsables) al promocionar procesos de manufactura más limpios y sostenibles. Asimismo, se vincula al ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), pues al difundir la transformación de la caña en panela, se impulsa el desarrollo económico local y la generación de ingresos dignos para el pequeño cañicultor.

En lo que respecta al impacto del estudio, los cañicultores de los valles de Huaura-Sayán dispondrán de una sólida base de evidencia técnica, fundamental para el escalamiento a nivel piloto mediante análisis exhaustivos de calidad. Lo que podría garantizar la viabilidad de producir panela orgánica granulada en el valle de alto valor comercial, alineándose con modelos de éxito ampliamente consolidados en países como Colombia y Ecuador; permitiendo diversificar y fortalecer la competitividad del sector en la región.

1.5 Delimitaciones del estudio

a) Delimitación temporal

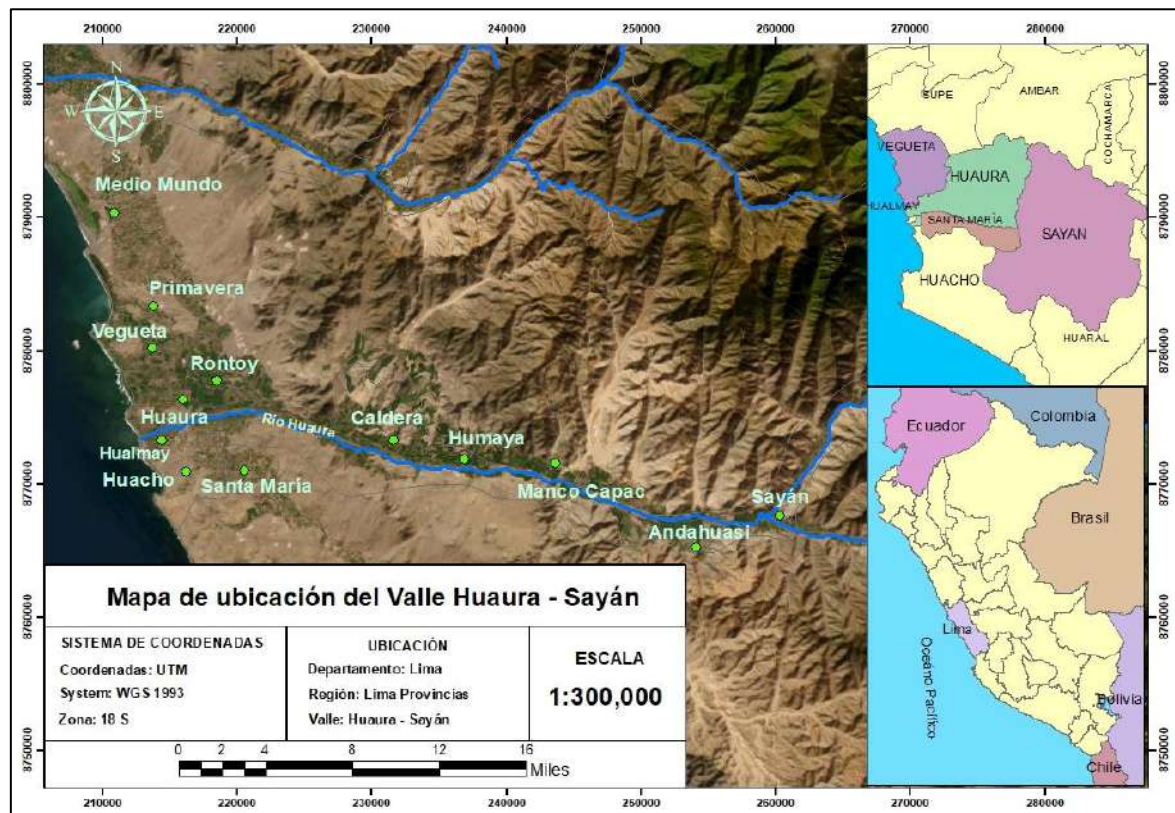
El desarrollo experimental y el levantamiento de datos en campo se ejecutaron durante el mes de octubre del año 2025.

b) Delimitación espacial

La recolección de la caña de azúcar para el presente estudio se realizó desde el valle de Huaura – Sayán, región Lima. El área de estudio comprende las zonas de cultivo detalladas en la Figura 1.

Figura 1

Vista del Valle Huaura-Sayán



Nota. Recuperado de (Google, s.f.).

c) Delimitación teórica

En esta investigación, "panela orgánica" no implica certificación agrícola de la caña (fertilizantes, pesticidas), sino que se refiere exclusivamente al proceso de elaboración: sin aditivos químicos (cal, sulfitos) y con clarificación termofísica natural.

- Materia prima (Caracterización del jugo de caña)

El estudio se restringe al análisis fisicoquímico del jugo crudo obtenido de caña agostada de dos variedades específicas. La evaluación se centra en jugo extraído sin imbibición a escala de laboratorio, determinando parámetros críticos de pureza y composición como pH, sólidos solubles (°Brix), sacarosa aparente (Pol), pureza real y azúcares reductores.

- **Alcance de procesamiento de panela orgánica**

Clarificación y pureza

La investigación se enfoca en la clarificación termofísica y orgánica, basada en la desnaturalización proteica y la remoción mecánica de coloides (cachaza negra) mediante flotación. El estudio se delimita a la evaluación del método tradicional, manteniendo el proceso libre de agentes químicos o modificadores de pH sintéticos para preservar la certificación orgánica del producto.

Cinética de evaporación y concentración

El proceso se delimita al uso de una velocidad de calentamiento constante con temperaturas controladas por debajo de los 120 °C, asegurando la integridad química del producto hasta alcanzar el punto de saturación (punteo).

Transformación y estandarización física

El estudio concluye con la cristalización por batido manual y el tamizado granulométrico, orientados exclusivamente a la obtención de panela orgánica granulada, excluyendo otras presentaciones como la panela en bloque o mieles.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

González-Rivera et al. (2024) sostienen que la transición desde hornillas de combustión directa hacia sistemas de generación de vapor por calderas en la región amazónica Ecuatoriana mitiga las deficiencias operativas inherentes al procesamiento de *Saccharum officinarum L.*; en esa línea, la investigación se fundamentó en una auditoría energética aplicada a 36 complejos fabriles, donde se analizaron las propiedades biométricas y el grado de madurez de los cultivares Puerto Rico y Limeña para establecer comparativas de rendimiento; así pues, mediante la ejecución de balances de masa y energía en condiciones controladas, contrastó la técnica ancestral de concentración con el uso de vapor industrial, determinando que la eficiencia del sistema tradicional se limita a un 58,50 %, cifra que es superada drásticamente por el 83,50 % que alcanzan las calderas; por consiguiente, este incremento del 25 % en la eficacia global no solo valida la obsolescencia del uso de leña como vector energético, sino que además garantiza una reducción sustancial de las emisiones de carbono y el fortalecimiento de la rentabilidad de las asociaciones paneleras mediante una gestión térmica tecnificada.

Flórez-Martínez et al. (2023) en su publicación mostraron el análisis de las tendencias de investigación, patentes, tendencias de mercado, sobre el procesamiento del

azúcar de caña no centrifugado (ACN) y del crecimiento de los principales nichos de mercado para las exportaciones colombianas de ACN en los últimos cinco años, con el fin de estructurar una hoja de ruta tecnológica, utilizando métodos cuantitativos y bibliométricos, e información del mercado global y local sobre la ACN; hoja de ruta que según los autores pueden utilizarse como herramienta para planificar procesos de innovación y apoyar el desarrollo de nuevas investigaciones utilizando información de mercado y las nuevas normas impuestas tras la pandemia de COVID-19 para el caso colombiano. Además, el diseño metodológico podría utilizarse en otros países productores de ACN. Entre sus conclusiones afirman que el ACN colombiano tiene un enorme potencial en los nichos de mercado identificados debido a sus características de calidad e inocuidad, así como a la disponibilidad de tasas de producción como insumo y producto de uso directo, donde los compuestos bioactivos desempeñan un papel clave en el diseño y la adaptación de tecnologías a través de la producción de ACN, y su conservación garantiza un valor añadido, presentan como hoja de ruta la oportunidad de desarrollar programas de investigación sobre ACN que converjan en el desarrollo de tecnologías innovadoras y la participación en nuevos nichos de mercado; los autores agrupan 4 programas de investigación: centrado en la mejora de la calidad (comprende la conservación de biocompuestos que mejoran el color, el aroma, el sabor y las propiedades antioxidantes mediante tecnologías de eficiencia térmica, ultrafiltración y secado); centrado en la conservación de policosanol (comprende tecnologías en todo el sistema de producción que minimizan las pérdidas en la molienda, clarificación, evaporación, concentración, secado y envasado); centrado en biorrefinerías de ACN (que contribuyen a la producción de melaza y bagazo, su aprovechamiento para bioenergía, bioetanol, matrices de bloques de alimentación y la diversificación de las unidades de producción tradicionales), y centrado en la extracción y el uso de metabolitos secundarios del jugo de caña de azúcar y los residuos de clarificación (utilizan tecnologías de floculación

y evaporación para la formación o reducción del contenido de acrilamida y furfurales). Como producto de consumo directo, el nicho de mercado tradicional de ACN apoya la distribución y expansión del producto en diferentes países, impulsando nuevos usos y tendencias de consumo.

Ramos (2020), Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, en su estudio evaluó el efecto de los parámetros operacionales de la concentración y cristalización en la coloración de panela granulada, para ello caracterizó inicialmente física y químicamente la materia prima de ingreso a la concentración y cristalización. Reporta para la etapa de concentración, variaciones de las condiciones iniciales (temperatura entre 77,30 °C y 93,00 °C, pH entre 5,25 y 6,29, color entre 5 831,25 U.I. y 8 761,9 U.I.) y condiciones finales (temperatura entre 113,0 °C y 123,0 °C) con un tiempo de concentración de 45 min a 125 min; para la etapa de cristalización, consideró como condición inicial la anterior (temperatura desde 113,0 °C y 123,0 °C) y condición final (temperatura entre 65 °C y 76 °C, pH entre 5,25 y 6,29 y color final entre 5 822,10 U.I. y 8 366,01 U.I.) con tiempo de agitación desde 1,45 min y 2,50 min. Entre sus conclusiones, encontró que el pH y temperatura inicial son los parámetro que influyen significativamente en el color de la meladura en la etapa de concentración, siendo el más significativo el pH y no siendo significativo la temperatura final de la meladura y tiempo de concentración; y, en su análisis de la etapa de cristalización, encontró que el color inicial es el que influye significativamente en el color de la panela granulada, reportando que no son significativos el pH, su temperatura inicial y final.

Choto (2019), Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, en su estudio evaluó a nivel de laboratorio la influencia del uso de la cal en la clarificación de jugo en una Industria Panelera en Ecuador, proponiéndose a caracterizar el jugo de caña crudo y el clarificado, determinando las condiciones de operación para la etapa de clarificación. Utilizó el diseño

factorial 2^3 es decir 8 experimentos con 2 repeticiones, trabajando a 10 y 14 °Be de concentración de cal, 25 y 100 RPM, y 5 y 10 min de tiempo de agitación. Reporta análisis para el jugo de caña crudo 5,00 pH, 15,00 °Brix, 24 °C y 2 191,05 NTU de turbiedad; obtiene jugo clarificado para todas las pruebas variaciones de 17 a 19 °Brix, de 5,5 a 5,9 de pH, de 603 a 927 NTU de turbidez, de 4 460,71 IU a 9 658,71 IU de color y de 0,3 a 0,7 cm de altura de lodos; encuentra que el factor tiempo de agitación afecta significativamente a la turbidez del jugo clarificado; el factor combinado de velocidad de agitación y tiempo de agitación tiene un efecto significativo en la altura de lodos formados; y por otro lado, no demostró el efecto de los tres factores y sus efectos combinados en el color del jugo clarificado.

Garófalo y Villón (2019), Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador, en su estudio se propusieron mejorar parámetros de control del proceso de producción de panela orgánica, para cumplir con las exigencias del mercado europeo, estandarizando las etapas de producción de las unidades paneleras de Cotopaxi, en Ecuador; aplicando un diseño factorial completo, considerando como factores: pH del jugo de caña y el empleo de agentes aglutinantes (sábila y balso), y la variedad *Saccharum Versícola* cosechada en Cotopaxi, caracterizando los jugos de caña, encontrando para pH inicial 5,40 y 5,48 y sólidos solubles entre 16,30 a 19,5 grados Brix, mientras que en la panela granulada el pH varió entre 5,81 y 6,12, los sólidos solubles se situaron entre 96,15 y 98,00 grados Brix, el contenido de humedad osciló entre 1,51 % y 2,75 % y el contenido de cenizas totales entre 0,85 % y 1,58 %; llegando a concluir que es posible reducir al mínimo la formación de acrilamida inferiores a 800 µg/kg en la producción de panela orgánica granulada, a través del control de temperatura inferior a 120 °C, jugo de caña con pH entre 5,5 y 6,0, con sábila o balso como aglutinante, y una presión de vapor en los equipos de 20 a 50 psi.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Lopez (2025) en su estudio examinó la comercialización de panela y chancaca de los productores del distrito de Shanao en el departamento de San Martín, para diagnosticar las etapas de manufactura y los obstáculos estructurales que limitan su competitividad en los mercados regional y nacional; en esa línea, aplicó una metodología de naturaleza aplicada, nivel descriptivo y de diseño no experimental, empleando insumos de campo y laboratorio para la caracterización técnica de los productos obtenidos; en su resultados evidenciaron que el método de fabricación tradicional presenta vulnerabilidades críticas en términos de infraestructura rústica, protocolos de higiene y gestión técnica, lo cual se refleja en un rendimiento para panela granulada y chancaca de apenas 9,88 % y 12,29 % respectivamente, cifras que se sitúan por debajo de los estándares bibliográficos de referencia; por consiguiente, la investigación identifica desafíos sustantivos relacionados con la baja intensidad tecnológica, la ausencia de certificaciones sanitarias y la desarticulación con los circuitos comerciales formales, aunque simultáneamente reconoce nichos estratégicos en la creciente tendencia por el consumo de bienes orgánicos; concluyendo mediante la propuesta de lineamientos enfocados en la formalización productiva, el marketing digital y la mejora del empaquetado, con el fin de posicionar estos derivados como bienes con alto valor agregado e identidad territorial que permitan elevar la rentabilidad económica y el bienestar social de los productores locales.

Quino (2025), Universidad de Piura, realizó la evaluación de los métodos que emplea la planta de envasado de panela granulada de la Cooperativa Agraria Norandino, buscando instaurar modelos de visualización de datos históricos como base ejecución de decisiones estratégicas; para tal fin, adoptó una metodología de carácter exploratorio y preliminar enfocada en el ordenamiento informativo, la cual integró un diagnóstico situacional, la

recopilación de protocolos laborales y el análisis del ciclo de vida de la información bajo la perspectiva de las partes interesadas; en sus resultados evidenciaron que factores críticos como las fluctuaciones térmicas por el uso de aire acondicionado a baja temperatura, la utilización de agua de grifo en lugar de insumos purificados y las interferencias vibratorias en la balanza analítica alteran la precisión de los reportes de humedad e impurezas, identificando además la necesidad de adoptar una paleta cromática validada y adaptada a la diversidad de tonalidades de la panela peruana para optimizar su clasificación; por consiguiente, el estudio logra diseñar tableros de control mediante entornos de inteligencia de negocios para mitigar errores de nomenclatura documental y estandarizar el tratamiento de la data histórica; finalmente, se concluye que la competitividad institucional depende de una vigilancia técnica rigurosa sobre las variables externas y de la implementación de medidas correctivas focalizadas en los núcleos de producción con mayor recurrencia de mermas cualitativas, garantizando así que la trazabilidad de la información actúe como un pilar fundamental para la mejora continua y la sostenibilidad de la organización en el mercado internacional.

Jaramillo y Sánchez (2022), Universidad César Vallejo, en su estudio realizado en la empresa CAES en 2022, describió el proceso de elaboración de panela granulada, la identificación de los principales problemas que afectan al proceso, y en base a ello realizó la mejora del proceso para la reducción de costos, determinando el beneficio de la propuesta, considerando un diseño no experimental y tomando como muestra 105 de una población de 143 personas productoras de panela asociados a la empresa CAES, reportando entre los principales problemas, deficiencias en la limpieza de caña, ausencia de estandarización del proceso, carencia de conocimientos técnicos, bajas horas de capacitación, rotación del personal sin preparación, falta de las BPM, y en cuanto a los controles de calidad, no se realizan las mediciones constantemente, aflorando recién cuando se le lleva a la empresa y

ser rechazada; el plan de mejora lo alineó con el ciclo PHVA, plasmando una propuesta de las 5S con objeto de reducir los tiempos en ciertas actividades, lo que permitirá una mayor producción en un mismo horario, lo que conllevará a reducir los costos de producción, principalmente en relación a la mano de obra.

Cadenillas y Villanueva (2021), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en su estudio se propusieron a la optimización de los parámetros: presión, temperatura, °Brix y tiempo, en el proceso de evaporación del jugo en la obtención de panela en polvo, abasteciéndose de jugo de caña desde el trapiche de un ingenio azucarero “Azucarera Tumán S.A”, donde no se le agregó cal; reporta para los parámetros fisicoquímicos del jugo de caña utilizado: temperatura 25,6 °C, Brix 19,0, pH 4,7, Pol 15,58 % y Pureza 82,0 %. Llegaron a concluir que a la temperatura de 60,8 °C se obtiene un máximo de 82,5 °Brix a un tiempo menor de 0,708 horas; en el batido obtuvo Brix 89,8, humedad 3,4 %, batido 18 minutos, obteniendo una panela de baja tonalidad respecto a lo que se elabora artesanalmente, lo que les permitió sugerir la evaporación al vacío para la optimización de la eficiencia del proceso, por su ahorro energético y mejor calidad del jarabe resultante.

Cóndor (2016) en su artículo, evaluó y determinó el cumplimiento de los estándares óptimos de la panela, evaluando el azul de casa grande, mexicana y criolla, en el departamento de Lambayeque; estudio experimental con tres pruebas para cada variedad, obteniendo 7 litros en promedio de 17 varillas de caña para su análisis de pH, Brix, Pol, Pureza y Azúcares reductores; aplicando ANOVA y la prueba de DUNCAN en su evaluación. Reportó medias para el °Brix del jugo para la variedad Criolla 21,9; mexicana 19,2 y azul 16,3, en pH variedad Criolla 5,16; mexicana 5,22 y azul 5,21, en Pol variedad Criolla 18,79; mexicana 16,25 y azul 13,03; en rendimientos, obtuvo 5,2 litros de jugo y 700 gramos de panela a partir de 5,5 kg variedad Criolla, obtuvo 4,95 litros de jugo y 555 gramos

de panela a partir de 5 kg variedad Mexicana, obtuvo 5,00 litros de jugo y 535 gramos de panela a partir de 4,5 kg variedad Casa Grande; identificó a la variedad criolla como la más óptima por presentar un mayor contenido de Pol en el jugo y mayor rendimiento por hectárea en la producción de panela granulada.

2.2 Bases teóricas

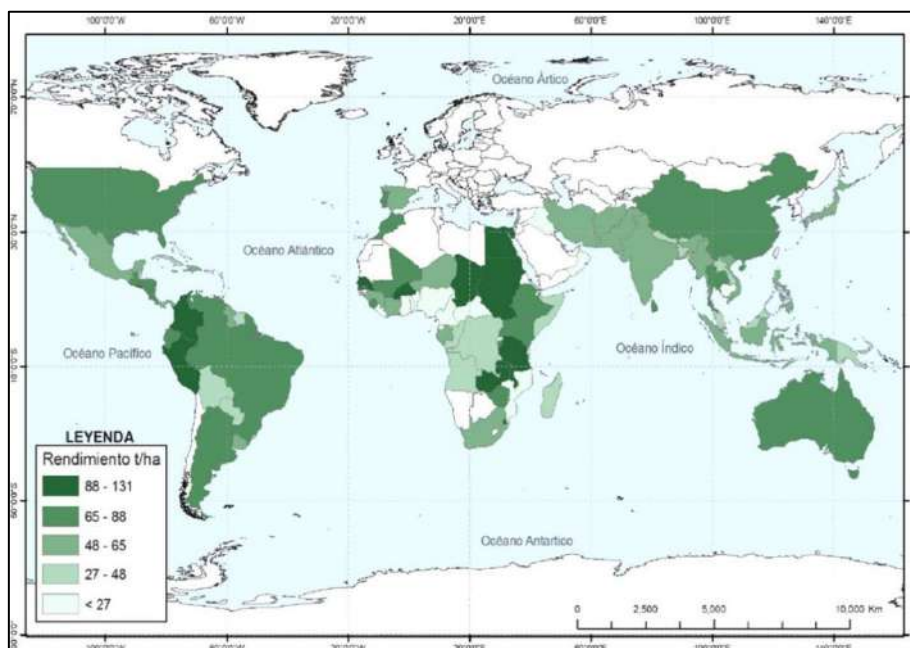
2.2.1 Caña de azúcar

2.2.1.1 La caña de azúcar en el mundo

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2015) el cultivo de caña de azúcar a nivel mundial se distribuye geográficamente en una franja comprendida entre las latitudes 36,7° norte y 31,0° sur, abarcando regiones que van desde el cinturón tropical hasta el subtropical. La distribución de cultivos en el mundo se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Productores de caña de azúcar en el mundo



Nota. Tomado de (FAOSTAT, 2011, como se citó en SAGARPA, 2015, p. 2).

2.2.1.2 Clasificación botánica de la caña de azúcar

De acuerdo a SAGARPA (2015), botánicamente, la caña de azúcar tiene la clasificación mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación botánica de la caña de azúcar

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	Saccharum
Especie	S. officinarum L.

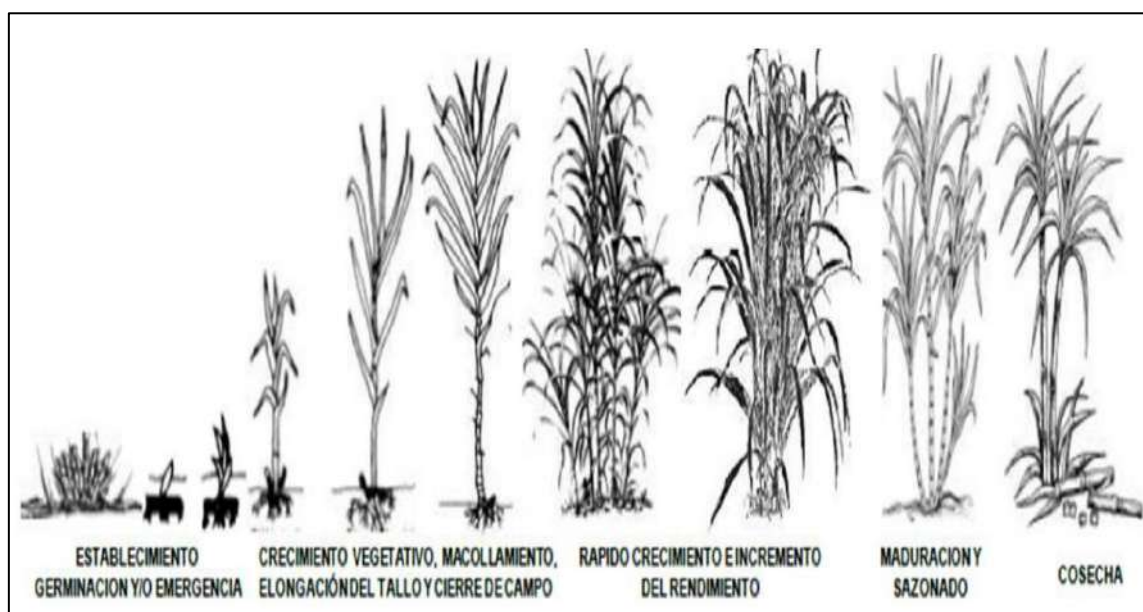
Nota. Tomado de (FAOSTAT, 2011, como se citó en SAGARPA, 2015, p. 4).

2.2.1.3 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar

El desarrollo vegetativo de la caña de azúcar varía según el tipo de cultivo; mientras que la caña de plantilla requiere de 14 a 17 meses para alcanzar la cosecha, las socas (segundo corte de la caña) reducen este tiempo a un rango de 11 a 13 meses, en la fase inicial (plantilla), el proceso biológico incluye la emergencia y el ahijamiento como etapas distintivas, mientras que en los cortes sucesivos o socas, el ciclo inicia directamente con la brotación, manteniendo en ambos casos las fases finales de desarrollo rápido y maduración fisiológica (SAGARPA, 2015). Las etapas fenológicas se muestran en la Figura 3.

Figura 3

Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar



Nota. Tomado de (Aguilar, 2011, como se citó en SAGARPA, 2015, p. 4).

Maduración

Durante la fase final del ciclo, la planta de caña inicia la síntesis y el depósito de sacarosa en sus tallos, un proceso que progresa de manera ascendente desde la base hasta el punta, esta etapa con una duración aproximada de 2 a 3 meses, se ve optimizada por condiciones que restringen el crecimiento vegetativo, tales como la alternancia de días calurosos con noches frescas (alrededor de 18 °C) y climas secos, por el contrario, el uso excesivo o tardío de fertilizantes nitrogenados resulta contraproducente, ya que tiende a postergar la madurez del cultivo (FIRA, 2010, como se citó en SAGARPA, 2015).

Las variedades de caña representan un elemento interno determinante en el proceso de maduración, ya que cada variedad manifiesta comportamientos distintos tanto en la forma de madurar como en el rendimiento final de azúcar por hectárea (Romero et al, 2012, como se citó en SAGARPA, 2015).

Cosecha

De acuerdo a SAGARPA (2015) el proceso de cosecha se realiza en un intervalo de 11 a 16 meses tras la siembra, identificándose por la detención del crecimiento de los tallos, el marchitamiento foliar y la fragilidad de la corteza, tradicionalmente, se emplea la quema del cultivo para facilitar el acceso a los cortadores y eliminar fauna nociva o malezas, aunque existe la mecanización, la recolección manual predomina, utilizando machetes especializados para ejecutar cortes precisos a ras del suelo y en el ápice, cerca del último nudo maduro, finalmente, los tallos se apilan en el campo para su posterior traslado a la planta de procesamiento.

2.2.2 Panela orgánica

2.2.2.1 Panela

Para Quezada (2007) la panela, denominada comúnmente en el Perú como chancaca, es un azúcar integral sólido obtenido mediante la evaporación y concentración del jugo de caña, que destaca por un alto valor energético y nutricional al conservar minerales esenciales ausentes en los azúcares refinados, y que químicamente está compuesta principalmente por la sacarosa y complementada por una fracción menor de azúcares reductores, lo cual le otorga un perfil sensorial distintivo de color café y aroma dulce que representa un producto de vital importancia socioeconómica para las poblaciones rurales con recursos limitados.

2.2.2.2 Azúcar natural o panela granulada

De acuerdo a Quezada (2007), la panela granulada o azúcar natural es un sólido de naturaleza integral que, tras ser procesado en agroindustrias paneleras, se compone mayoritariamente de sacarosa y presenta una alta solubilidad en agua junto a un color amarillo pardo que varía según la genética de la caña, la concentración de fósforo en el jugo

(300 ppm), la eficiencia de la clarificación y el tiempo de batido aplicado; este producto se considera totalmente natural debido a que la formación de sus cristales ocurre por sobresaturación (niveles de 1,4 a 1,5) a las condiciones de presión atmosférica dentro de la zona lábil, iniciando el proceso de cristalización mediante la expansión del jarabe concentrado tras una agitación mecánica en la tina de batido.

Figura 4

Panela granulada



Nota. Tomado de Quezada (2007, p. 50).

2.2.2.3 Importancia de la panela granulada

Según Quezada (2007) la panela granulada destaca por ser un producto altamente aromático con propiedades sensoriales distintivas que, al estar constituida por cristales, presenta una naturaleza higroscópica que le obliga a absorber humedad del entorno, haciendo indispensable su envasado inmediato para garantizar la conservación; asimismo, su aceptación en el mercado se ha generalizado progresivamente gracias a sus altos estándares de asepsia y a la practicidad que ofrece al consumidor final.

2.2.2.4 Requisitos mínimos de la panela granulada

De acuerdo con Quezada (2007) para que el azúcar natural sea considerado de alta calidad, es imperativo que cumpla con un conjunto de requisitos técnicos y parámetros fisicoquímicos básicos, los cuales se encuentran detallados y sistematizados en la Tabla 2.

Tabla 2

Requisitos mínimos de la panela granulada

Parámetros	Valores
Color según abanico colorimétrico para azúcar	Entre 5 a 7
Humedad	Máximo 2 %
Azúcares	Mínimo 95 %
Sacarosa	Mínimo 82 %
Impurezas	Máx. 0,4 %
Turbidez (% de transmitancia a 620 nm)	Máximo 72
Azufre (sulfito)	Negativo
Tamaño de la partícula	Máximo 2 mm.

Nota. Tomado de (Quezada, 2007, p. 50).

2.2.2.5 Proceso de producción de panela granulada

a) Recepción de la caña

Según Quezada (2007) esta fase representa una operación crítica, ya que consiste en la recepción de la materia prima siguiendo estrictas especificaciones técnicas que generalmente se basan en el volumen de carga y la concentración de sólidos solubles del jugo, donde su control riguroso sobre este abastecimiento permite realizar ajustes en el campo para potenciar la productividad y la calidad final del producto, siendo indispensable

que la caña se encuentre en su estado de madurez óptimo, controlado mediante el Índice de Madurez (IM), buscando valores entre los 22 y 24 °Brix, con tallos limpios de impurezas y en un estado de frescura total, evitando que estén más de 24 horas desde el corte.

b) Limpieza

De acuerdo a Quezada (2007), la limpieza es una etapa fundamental para garantizar la calidad de la panela ya que consiste en eliminar restos de tierra, contaminantes y materiales extraños que suelen venir del campo adheridos a la caña, por lo que aunque en otros cultivos se usan lavados con cloro, en la caña de azúcar este proceso debe ser muy cuidadoso para no agregar agua en exceso ni causar la pérdida de azúcares por lixiviación; generalmente, esta tarea se realiza de forma manual con machete para retirar hojas secas, raíces y podredumbre, aunque en raras ocasiones se emplean duchas a presión antes de que la materia prima pase por los equipos prelimpiadores, siendo vital entender que la tierra es la impureza que más problemas genera puesto que se disuelve fácilmente al momento de exprimir el jugo y eleva la carga de microorganismos, por lo cual se recomienda eliminar todos estos residuos antes de la extracción para impedir que el procesamiento se vea afectado negativamente.

c) Extracción de jugo

Para Quezada (2007), en la actualidad la mayor parte de las unidades productoras de panela emplean el trapiche o molino horizontal para la extracción del jugo, el cual opera mediante tres mazas o rodillos de acero que giran en sentidos opuestos con el fin de comprimir los tallos de caña y separar eficientemente el guarapo de la fibra vegetal, obteniendo así el jugo necesario para el proceso y dejando como residuo sólido el bagazo resultante de dicha presión mecánica.

d) Los prelimpiadores

Según Quezada (2007), consiste en que el jugo extraído en frío, se le elimine la tierra, arena, bagazo e insectos mediante procesos de sedimentación y floculación realizados en equipos denominados prelimpiadores, los cuales suelen diseñarse con una estructura en forma de "V" y revestimiento cerámico para facilitar la evacuación de sedimentos mientras el líquido fluye hacia la siguiente fase; además, este sistema se apoya en el uso de lienzos para filtrar las impurezas menos densas, permitiendo obtener un producto claro de manera mecánica y natural, lo cual evita el uso de clarificadores químicos y genera beneficios económicos al mismo tiempo que protege la salud del consumidor al prescindir de sustancias nocivas.

e) Clarificación de jugos

De acuerdo con Quezada (2007), la clarificación tiene como objetivo principal eliminar impurezas (no azúcares) del jugo, como ceras, gomas y pigmentos, en tinajas especiales antes de que empiece la ebullición fuerte, logrando así que la panela final tenga un color claro y un sabor agradable; sin embargo, para mejorar la apariencia del producto, muchos productores recurren al uso de sustancias químicas peligrosas y prohibidas como el hidrosulfito de sodio, cal o bisulfitos, los cuales representan un riesgo grave para la salud pública al causar problemas digestivos, dolores de cabeza y la destrucción de la vitamina B1 en el cuerpo, por lo que es fundamental sustituir estos químicos por métodos naturales o plantas que cumplan la misma función sin dañar al consumidor.

f) Descachazado 1 y 2

De acuerdo con Quezada (2007) el descachazado es el proceso de retirar las impurezas que flotan en la superficie debido al efecto del clarificador y al aumento de

temperatura, el cual provoca la coagulación de ceras, gomas y pigmentos que deben ser extraídos antes de que el jugo alcance el punto de ebullición a los 94 °C; este procedimiento se realiza en dos etapas, comenzando con la eliminación de la "cachaza negra" y continuando, mientras el jugo sigue calentándose, con la remoción de la "cachaza amarilla o blanquecina" mediante el uso de coladores manuales para asegurar que el líquido quede completamente limpio.

g) Concentración y punteo

Quezada (2007) la concentración consiste en incrementar los sólidos disueltos tras evaporar el agua por acción del calor, una operación que se realiza generalmente en dos tinajas de acero inoxidable diseñadas para maximizar la transferencia térmica en el menor tiempo posible, mientras la miel se mantiene en ebullición constante; el proceso inicia cuando el jugo clarificado entra por gravedad a la primera tina para alcanzar entre 55 y 60 °Brix y luego es trasladado manualmente hacia una segunda tina donde continúa espesándose hasta llegar al punteo, el cual representa la concentración óptima y final, antes de su traslado a la siguiente fase.

De acuerdo con Quezada (2007) el punto de ebullición de la solución azucarada está supeditado a su concentración, y que a medida que el contenido de sólidos aumenta durante la evaporación, la temperatura necesaria para mantener la ebullición se eleva simultáneamente. En la Tabla 3, evidencia muestra la afirmación.

Tabla 3*Comportamiento de los ° Brix de acuerdo con la temperatura de ebullición*

Temperatura (°C)	°Brix	Temperatura (°C)	°Brix	Temperatura (°C)	°Brix
94,0	24,0	98.5	54,0	109.8	80,0
94.5	27,0	99,0	56.8	112,0	82.2
94.8	29,0	99.6	58,0	114,0	83.8
95.4	31.6	100,0	61,0	116,0	85.6
95.7	33.8	101,0	62.8	118,0	87.5
95.8	36,0	102,0	65.2	120,0	89,0
96,0	38.4	103.1	67.3	122,0	90.8
96.2	41,0	103.5	68.4	124,0	92.5
96.6	44,0	104.1	70.4	125,0	94,0
97,0	46,0	104.5	72.2	126,0	94.5
97.3	48.7	105.2	74.3	127,0	94.9
97.6	50.5	105.7	76,0		
98,0	52.8	108,0	78,0		

Nota. Tomado de (Quezada, 2007, p. 75).

h) Cristalización

Según Quezada (2007) la producción de cristales se basa en el principio de la proporcionalidad directa de la elevación del punto de concentración con la temperatura, lo que significa que al incrementar el calor en el jugo aumentan los sólidos solubles en solución hasta alcanzar el método de cristalización natural a paila abierta bajo presión atmosférica; fenómeno que ocurre específicamente en la denominada zona lábil con niveles de sobresaturación entre 1,4 y 1,6, con valor promedio 1,5 como el punto exacto donde se forman y crecen los cristales de manera autónoma mediante el efecto de hinchamiento de la masa que sucede justo antes de iniciar el proceso de batido.

i) Batido

De acuerdo con Quezada (2007), una vez alcanzado el punto de azúcar se procede al batido para mejorar el color mediante el blanqueo y evitar a su vez que el producto se queme, debido a que una mayor exposición al oxígeno aclara el dulce; posteriormente, se inicia la cristalización natural manifestada por un repentino hinchamiento de la masa, momento en el cual se debe dejar reposar el producto para permitir la formación de los cristales, un ciclo de batido que puede repetirse una o dos veces adicionales para incrementar la cantidad de cristales y aglomerados obtenidos mediante este método natural.

j) Enfriado y tamizado

Según Quezada (2007), una vez que los cristales se han formado, se debe enfriar la masa para facilitar el proceso de tamizado, el cual se realiza preferiblemente con mallas metálicas que permiten obtener un grano uniforme y de diversos tamaños según los requerimientos del mercado, donde suelen quedar residuos en forma de terrones o conglomerados que pueden aprovecharse para otros fines o procesarse a través de un molino desintegrador para convertirlos en azúcar natural, lo cual ayuda a eliminar los grumos en la fábrica y maximiza significativamente el rendimiento de material obtenido respecto a la caña procesada.

k) Envasado y pesado

Quezada (2007) el proceso de envasado se realiza de manera predominante mediante el uso de fundas de polietileno de distintos tamaños y densidades, empleándose comúnmente presentaciones que van desde los 0,5 hasta los 10 kilogramos por parte de los productores que utilizan el método natural para la obtención del azúcar o panela granulada.

2.2.2.6 Controles en el proceso

a) Control de pH

Según Quezada (2007), el control del pH es un factor determinante en la agroindustria panelera debido a que el jugo de caña es naturalmente ácido con valores entre 4,5 y 5,5, lo cual puede provocar la inversión de la sacarosa y arruinar la formación de cristales si no se regula adecuadamente; por esta razón, se busca elevar el pH hacia la neutralidad incorporando álcalis como el hidróxido de calcio para estabilizar la mezcla, aunque una clarificación natural eficiente permite trabajar con valores cercanos a 5,7, logrando así un producto final que destaca por su color natural, dureza óptima y un grano de azúcar de alta calidad sin necesidad de depender excesivamente de sustancias químicas.

b) Control de Brix

De acuerdo con Quezada (2007), el control de los sólidos solubles se realiza mediante refractómetros o brixómetros, utilizando diferentes escalas según el producto: una de 0 a 32° para jugos y otras más altas para mieles, permitiendo asegurar que la panela alcance una concentración final de hasta 92 °Brix o el azúcar hasta los 95 °Brix; sin embargo, debido a que medir estos valores en soluciones hirviendo es técnicamente difícil, lo más práctico es controlar el proceso basándose únicamente en la temperatura sin dañar los equipos.

c) Control de Temperatura

Según Quezada (2007), es fundamental para monitorear la concentración, por lo que se recomienda el uso de un termómetro con punta metálica con una escala superior a los 150 °C; para identificar con precisión los puntos críticos de cocción, a un promedio de 118 °C para obtener panela y un rango de entre 125 a 127 °C para la producción de azúcar granulada.

d) Control de densidad

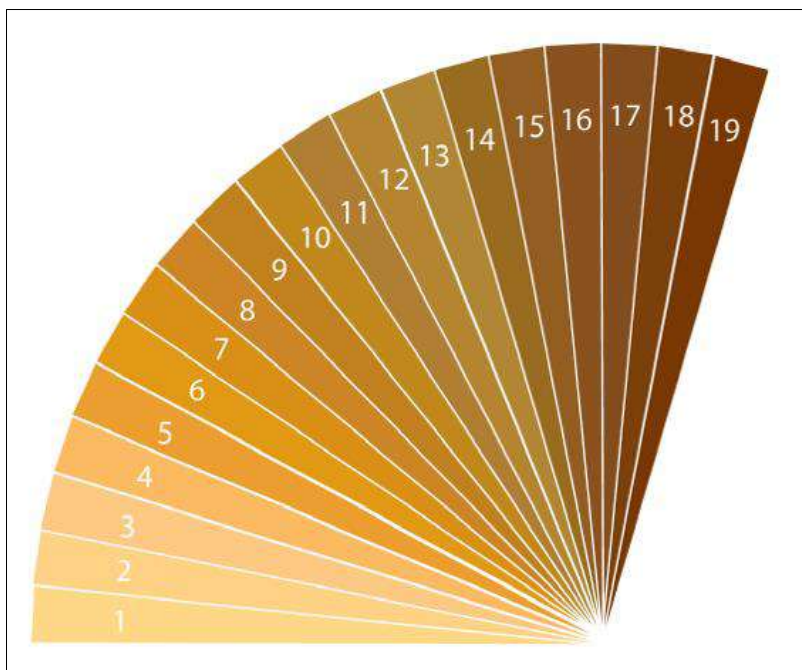
De acuerdo con Quezada (2007), se realiza mediante el uso de un densímetro, instrumento que permite medir con precisión la concentración de sólidos tanto en el jugo de caña recién extraído como en la miel y en la solución preparada con el mucílago clarificador.

e) Color

Según Quezada (2007), el color es un factor psicológico determinante que define si un consumidor acepta o rechaza el producto, ya que las tonalidades muy oscuras o artificialmente transparentes restan naturalidad y calidad visual; por esta razón, se desarrolló el Abanico Colorimétrico para edulcorantes de la Agroindustria Panelera (ACAP) elaborado en el 2007, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Abanico colorimétrico para azúcar comercial o panela granulada



Nota. Tomado de Quezada (2007, p. 99).

De acuerdo a Quezada (2007), el ACAP es una herramienta técnica para estandarizar el color ideal de la panela, permitiendo que productores y organismos de control garanticen un producto natural libre de colorantes sintéticos o blanqueadores químicos. El ACAP presenta tres gamas de colores, específicamente para la panela granulada presenta una escala de 1 al 19 según su intensidad, se identifica colores ideales entre los números 5 y 7, estandarización que permite detectar anomalías, ya que azúcares con coloración blanca o muy oscura, pierden naturalidad, donde un azúcar demasiado blanco revelaría el uso de sustancias químicas, mientras que uno muy oscuro indicaría una falta de limpieza previa o que el producto se quemó por exceso de cocción.

2.2.2.7 Legislación sobre panela granulada en el Perú

De acuerdo al Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2022), a través de la aprobación de la NTP 107.271:2022, el INACAL ha estandarizado las directrices de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la panela granulada en Perú, abarcando desde el campo hasta el despacho final con el objetivo de asegurar la inocuidad y la excelencia del producto.

Se presenta un resumen en la Tabla 4 de las disposiciones clave de esta normativa.

2.3 Bases filosóficas

Según Anaya-Velasco (2017), a pesar de los avances normativos, persiste una barrera cultural en las organizaciones que dificulta a directivos y empleados reconocer las ventajas de unificar la salud, seguridad, medio ambiente, calidad y productividad bajo una misma estrategia; por ello, la autora propone que estos elementos no se gestionen como tareas adicionales o aisladas, sino como una política integral y sinérgica que optimice los recursos en beneficio de la sustentabilidad organizacional.

Tabla 4*Especificaciones técnicas y estándares de calidad relevantes para panela granulada*

Fase	Aspecto de Control		Especificación
1. Gestión en Campo y Cosecha	Madurez Óptima		El corte debe programarse según la altitud del cultivo para garantizar el rendimiento (ej. 11-12 meses en zonas bajas hasta 18 meses en zonas altas).
	Transporte Higiénico		Se exige la desinfección de las zonas de carga. En caso de usar animales de carga, el peso se limita a 50-100 kg y el uso de angarillas es obligatorio para evitar que el producto toque el suelo
	Almacenamiento Crítico		La caña debe reposar en lugares secos, protegidos del sol y sobre pisos de cemento, sin exceder las 72 horas para evitar su deterioro
2. Procesamiento y Extracción	Molienda Controlada		Es imperativo mantener el molino libre de residuos vegetales y asegurar que los lubricantes del motor no contaminen el jugo. Se debe registrar formalmente el volumen de extracción.
	Inmediatez		Una vez obtenido el jugo, el almacenamiento previo a la cocción no debe superar las 3 horas para prevenir la inversión de azúcares y garantizar la calidad granulada
3. Insumos y Empaque	Cumplimiento Normativo		Todos los ingredientes deben alinearse con los estándares sanitarios del Ministerio de Salud.
	Protección del Producto		El envasado debe ser hermético para aislar la panela de la humedad y agentes externos, preservando su textura y pureza.
4. Trazabilidad e Información al Consumido	Etiquetado Obligatorio		Todo envase debe incluir información esencial como lote, fechas de producción/vencimiento, productor y marca.
	Datos Adicionales		Se permite incluir información nutricional, sellos de calidad y códigos de barras para facilitar el acceso a mercados competitivos.

Nota. Adaptado de PRODUCE (2022).

2.4 Definición de términos básicos

Azúcar natural

Quezada (2007) “Es único de las agroindustrias paneleras producido por el método natural a sobresaturaciones de 1.4 a 1.6 en la zona lábil. El azúcar natural es un hidrato de carbono único por sus características de sabor, color y componentes nutritivos” (p. 13).

Bagazo

Quezada (2007) “Cáscara que queda después de que se saca el jugo de la caña de azúcar” (p. 13).

Cachaza

Quezada (2007) “Primera espuma de la caña cuando empieza a recogerse en el proceso de cocción” (p. 13).

Grados brix

Quezada (2007) “Son los sólidos solubles que están presentes en la solución” (p. 13).

Trapiche

Quezada (2007) “Conocido como molino, es un equipo utilizado para extraer el jugo de la caña de azúcar” (p. 14).

Panela

Quezada (2007) define

La panela es otro tipo de azúcar o azúcar integral, conocida también como raspadura o chancaca. Es un edulcorante moldeado nutritivo por sus minerales y vitaminas, de color café claro de sabor dulce y aroma característico, obtenido de la concentración del jugo de caña. (p. 14)

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

Existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

2.5.2 Hipótesis específica

- Existen diferencias significativas en los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.
- Existen diferencias significativas en el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada, como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.
- Existen diferencias significativas en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

2.6 Operacionalización de las variables

De acuerdo con Vara (2015), la definición de variables exige una sólida fundamentación teórica que actúe como nexo entre los conceptos abstractos y la realidad empírica, por lo cual propone que la definición conceptual se extraiga de la visión más coherente de las bases teóricas, mientras que la definición operacional debe identificarse a través de indicadores prácticos, válidos y fiables presentes en la metodología de estudios previos o antecedentes.

Se ha considerado como variable independiente a la variedad de caña de Azúcar, conformada por dos variedades del valle de Huaura – Sayán, y como variable dependiente la obtención de panela orgánica, como se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Subdimensión	Escala
<u>Variable independiente</u> 1. Variedad de Caña de Azúcar	Chen (1997) indica “la calidad de la caña en el campo tiende a mejorar con la edad, llega a un máximo, y luego declina. Cualquiera que sea la calidad en el momento del corte, se inicia un rápido deterioro desde el momento en que se corta la caña. La caña pasada constituye un hecho reproducible para toda la industria azucarera: los agricultores pierden tonelaje y los procesadores azúcar” (p. 42)	Se identifica las dos variedades de caña a evaluar que se encuentre en su fase de agoste previo a la molienda de los ingenios azucareros próximos al valle de Huaura – Sayán.	1.1 Genotipo local	1.1.1 Variedad Azul Casa Grande 1.1.2 Variedad Mexicana	Nominal Nominal
<u>Variable dependiente</u> 2. Obtención de panela orgánica	Quezada (2007) “Conocido como azúcar de panela, panela granulada o panela pulverizada, es un sólido granulado que fabricado cuidadosamente en las agroindustrias paneleras está constituida casi en su totalidad por sacarosa, de sabor dulce, soluble en agua y color amarillo pardo” (p. 49).	Se compara la calidad de jugo de caña cruda obtenido de cada variedad respecto a los estándares industriales. Asimismo, se comparan el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada desde las dos variedades. Y por último, se compararan las calidades de panela obtenido desde las dos variedades de caña.	2.1 Caracterización del Jugo Crudo 2.2 Balance de Materia y rendimiento 2.3 Calidad física de la Panela	2.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH) 2.1.2 Sólidos solubles (°Brix) 2.1.3 Contenido de Sacarosa (Pol %) 2.1.4 Coeficiente de Pureza (%) 2.1.5 Azúcares Reductores (%) 2.2.1 Rendimiento de Extracción (Jugo % Caña) 2.2.2 Residuo de Molienda (Bagazo % Caña) 2.2.3 Tasa de Evaporación (Agua eliminada %) 2.2.4 Rendimiento nivel laboratorio (Panela % Caña) 2.2.5 Eficiencia de Recuperación de Sólidos (%) 2.3.1 Contenido de Humedad (%) 2.3.2 Densidad Aparente (g/ml) 2.3.3 Pureza de la Panela (%) 2.3.4 Índice Colorimétrico (Escala Quezada)	Intervalo Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Ordinal

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Según SINCIE (2021) de acuerdo al principio de intervención del investigador, el estudio puede ser sin y con intervención (observacional y experimental respectivamente). Considerando ello es experimental, dado que se manipula deliberadamente la variable independiente (variedad de caña de azúcar) mediante un proceso de molienda sin imbibición y concentración controlada, analizando el efecto del genotipo y su estado en la calidad de la panela orgánica granulada.

Asimismo, SINCIE (2021) considera otro criterio de acuerdo al control de la medición de la variable, prospectivos (con control) y retrospectivos (sin control). En base a ello, el estudio es prospectivo, debido a que los datos se recogen de forma primaria y directa durante la experimentación, asegurando la trazabilidad de indicadores críticos como la pureza y azúcares reductores hasta la obtención final de la panela.

También, SINCIE (2021) por el número de mediciones de la variable, transversal (una sola oportunidad) y longitudinal (de dos a más veces). En ese sentido, el estudio es transversal, midiendo los parámetros de control en las unidades de proceso en un periodo determinado de balance de materia y calidad física de la panela orgánica granular producida.

SINCIE (2021)) considera un último principio, según el número de variables analíticas, al tenerse una sola (descriptivo) y si es dos o más (analítico). De acuerdo a esto el estudio es analítico, debido a que se establece una relación de causalidad y contraste estadístico entre la variable independiente (variedades de caña) y las variables dependientes que conforman la calidad integral del producto.

Por otro lado, Vara (2015) sostiene que, calificarlo como básico o aplicado es una decisión que recae en la creatividad del investigador; siendo importantes si sus conclusiones logran aumentar el saber científico y proponen formas de solucionar problemas reales; en esa línea, la investigación aplicada busca una utilidad directa al emplear sus resultados para resolver dificultades de manera inmediata, analizando una situación problemática específica para hallar la solución que mejor encaje con las necesidades de ese contexto.

Bajo esta fundamentación, la investigación es de naturaleza aplicada, al buscar sentar las bases de un modelo de procesamiento eficiente para los cañicultores del valle de Huaura y Sayán, al demostrar que es posible obtener panela granulada mediante el procesamiento de variedades con alta pureza y concentración sin aditivos, alternativa que debe validarse, a mayor escala para lograr mejorar la rentabilidad del pequeño cañicultor local.

3.1.2 Nivel de investigación

Para SINCIE (2021) los niveles de investigación podrían definirse como momentos, etapas o fases de desarrollo de una línea de investigación. En este contexto, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) señalan que las investigaciones de tipo explicativo, buscan responder por las causas que originan los distintos fenómenos de la realidad; así pues, su propósito principal es aclarar las razones por las que ocurre un evento y en qué circunstancias se produce; centrándose en explicar por qué existe una conexión entre dos o más factores.

Bajo estas premisas, el presente estudio encaja en un nivel explicativo, debido a que el objetivo central no se limita a caracterizar la panela, sino a explicar la relación de causalidad entre el genotipo de la materia prima y los estándares de calidad del producto final, al estudiar cómo factores intrínsecos de las variedades de caña de azúcar condicionan directamente la eficiencia del balance de materia y la obtención de atributos físicos en la panela orgánica granulada.

3.1.3 Enfoque de investigación

Sobre la ruta cuantitativa, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) indican que este enfoque presenta una característica esencial del uso de métodos estadísticos para analizar y vincular las mediciones obtenidas en un contexto específico, lo que permite extraer conclusiones precisas que confirmen o descarten las hipótesis planteadas.

De acuerdo con ello, el estudio presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se obtendrán mediciones numéricas de variables críticas como el pH, Brix, pureza y reductores del jugo, así como el rendimiento porcentual y la calidad física de la panela granulada. Estas mediciones permitirán, mediante el uso de la estadística, realizar una comparación objetiva entre las variedades de caña del valle de Huaura y Sayán. De este modo, se podrá determinar con precisión si existen diferencias significativas en la eficiencia del proceso y en los atributos del producto final, permitiendo validar o rechazar la hipótesis general del estudio.

3.1.4 Diseño de investigación

Considerando a Vara (2015) el diseño de investigación constituye la estrategia estructurada y adaptada a cada proyecto para recolectar y examinar datos de forma confiable. El presente estudio se enmarca en un diseño experimental comparativo con dos grupos independientes. Se establecieron dos grupos de tratamiento correspondientes:

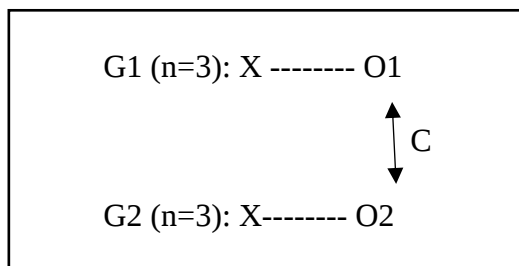
- G1: Variedad Azul Casa Grande (3 repeticiones)
- G2: Variedad Mexicana (3 repeticiones)

Las 6 unidades experimentales (repeticiones) se procesaron bajo condiciones controladas y constantes en el laboratorio (mismo equipo de molienda, método de calentamiento, temperatura de punteo, velocidad de batido y tiempo de cocción). Dado que la variable independiente (variedad) es un atributo intrínseco de la materia prima y no puede asignarse aleatoriamente, se optó por seleccionar aleatoriamente las plantas maduras de cada variedad dentro de sus respectivos lotes de cultivo, asegurando así la representatividad y el control del sesgo de selección.

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de diseño permite establecer relaciones de causalidad cuando el investigador controla todas las demás variables intervinientes, lo que se cumple en el presente estudio. El esquema se representa en la Figura 6.

Figura 6

Diseño de la investigación



Donde:

G1: Variedad Azul Casa Grande (3 repeticiones).

G2: Variedad Mexicana (3 repeticiones)

X: Proceso tecnológico estándar (molienda sin imbibición, clarificación termofísica sin aditivos, concentración ≤ 120 °C, batido manual)

O1 y O2: Mediciones posprueba (Brix, pH, pureza del jugo y atributos físicos de la panela).

C: Comparación analítica e inferencial entre los resultados obtenidos.

Para garantizar que las diferencias en los resultados se deban exclusivamente a la variedad de caña y no a factores externos, se mantuvieron constantes el método de calentamiento, temperatura de punteo, velocidad de batido y la utilización del mismo equipo.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) explican que se deben especificar detalladamente las características de la población, con el fin de establecer parámetros claros que delimiten correctamente a los sujetos o elementos que serán analizados. En ese sentido, la población del presente estudio está constituida por la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en estado de madurez (agostada), próxima a ser cosechada en el valle de Huaura y Sayán durante el periodo 2025.

Para garantizar que la población sea técnicamente apta para la obtención de panela orgánica granulada, se consideran los siguientes criterios:

- *Variedades*: Dos Genotipos específicos cultivadas en el valle de Huaura y Sayán.
- *Estado Fenológico*: Plantas que han completado su ciclo de maduración y han pasado por el proceso de agoste para concentrar sacarosa.

3.2.2 Muestra

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) definen la muestra en la ruta cuantitativa como un subgrupo representativo de la población sobre el cual se recolectan los datos, destacando que

lo fundamental es seleccionar los casos adecuados según el planteamiento del problema, destacando para investigaciones experimentales que es común y preferible utilizar muestras dirigidas (no probabilísticas), debido a la complejidad técnica que implica el manejo de grupos grandes, consolidando su validez mediante la rigurosidad y repetición del estudio.

Bajo este criterio, la muestra de la presente investigación es de tipo no probabilística o dirigida, conformada por 6 unidades experimentales, correspondientes a 3 repeticiones por cada una de las 2 variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) del valle de Huaura – Sayán evaluadas en 2025. Cada unidad experimental consistió en un volumen de caña suficiente para obtener el jugo crudo necesario para los análisis fisicoquímicos y la posterior obtención de panela granulada por triplicado.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas

Observación

BIOESTADISTICO (2016) señala que la técnica de observación es prospectiva, donde el investigador recolecta los datos, midiendo en ocasiones una magnitud física, que requiere de instrumentos mecánicos, el cual es una observación indirecta porque precisa de estos instrumentos, o a través de la aplicación de observaciones sistemáticas o estructuradas al utilizar medios de observación como placas y cultivos

En base a ello, en el estudio se empleó la técnica de observación indirecta y sistemática. Esto se debió a que el investigador no solo presencié el proceso de transformación de la caña de azúcar, sino que recolectó los datos mediante el uso de instrumentos de precisión para cuantificar magnitudes físicas y químicas en el jugo y en la panela granulada. Esta técnica permitió registrar de manera estructurada las variaciones en

los indicadores de rendimiento y calidad (como el pH, Brix y pureza) conforme se aplicaron los tratamientos experimentales.

3.3.2 Descripción de los instrumentos

a) Equipos de procesamiento

- *Trapiche motorizado*: Se empleó para la etapa de extracción del jugo crudo, permitiendo obtener la materia prima líquida de los tallos de caña.
- *Cocina industrial y olla*: Utilizadas para las etapas de clarificación, evaporación y concentración, proporcionando el calor necesario para la ebullición y eliminación de agua.
- *Agitador manual (Paleta)*: Se utilizó en la etapa de cristalización y batido para inducir la formación de granos de panela mediante agitación mecánica.
- *Tamices*: Empleados en la etapa final para uniformizar el tamaño de partícula del producto terminado.

b) Instrumentos de medición

- *Polarímetro*: Se utilizó para medir la concentración de Pol aparente, permitiendo determinar el Contenido de Sacarosa y el Coeficiente de Pureza en las muestras.
- *Refractómetro óptico manual*: Se utilizó para medir los Sólidos solubles (°Brix) tanto en el jugo inicial como durante el punteo, asegurando alcanzar el nivel de sólidos solubles requerido para la granulación.
- *Equipo de análisis volumétrico (Lane-Eynon)*: Instrumentación utilizada para la cuantificación de azúcares reductores mediante titulación por óxido-reducción en caliente, compuesta por una bureta de graduación fina y un sistema de ebullición controlad

- *Potenciómetro (pH-metro)*: Instrumento empleado para determinar el Potencial de Hidrógeno (pH) del jugo durante la caracterización y clarificación.
- *Termómetro Infrarrojo con puntero laser y termómetro de alcohol hasta 150 °C*: Para controlar la temperatura crítica durante la etapa de concentración y punteo para evitar la sobrecocción o quemado del producto.
- *Paleta de colores*: (ACAP) de la panela orgánica.
- *Probeta graduada*: Instrumento de vidrio utilizado para medir el volumen de los líquidos extraídos, necesario para determinar la densidad aparente y los balances de materia.
- *Balanza de precisión*: Se utilizó para el pesaje de las unidades experimentales y el control del balance de materia en cada una de las repeticiones, permitiendo calcular el rendimiento porcentual con exactitud.
- *Balanza analítica*: Se utilizó para el pesaje riguroso en la preparación de reactivos y análisis químicos específicos.

3.3.3 Detalle del proceso de producción de panela orgánica

De acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 7, el proceso experimental se ejecutó mediante una secuencia lógica y controlada. Iniciando con la recolección de las muestras de caña de azúcar agostadas antes de su quema (en esta etapa la planta presenta su mayor contenido de sacarosa cristalizable), se recolectaron muestras de caña de azúcar variedad Azul Casa Grande y Mexicana de campos de cultivo del Valle de Huaura - Sayán, agostada próxima a la molienda en un ingenio azucarero, se retiraron las hojas en campo y se envió inmediatamente para la extracción de jugo, como se muestra en el Anexo 2.

Este criterio de selección fue fundamental para favorecer la obtención de panela granulada con los estándares de calidad requeridos a nivel de laboratorio, proceso que comprendió las siguientes etapas clave:

a) Extracción y clarificación

Tras la recepción y limpieza, se realizó la extracción del jugo, mediante molienda mecánica en seco. Se debe precisar que el rendimiento de extracción de jugo fue menor a los estándares industriales debido a que el trapiche opera a una presión de compresión inferior a la de un ingenio y sin proceso de imbibición. Esta condición fue deliberada para obtener un jugo más concentrado y representativo de la pureza real de la muestra, sin diluciones externa.

El jugo extraído fue sometido a un proceso de clarificación mediante ebullición para la eliminación de impurezas sobrenadantes, fundamentándose en los siguientes principios:

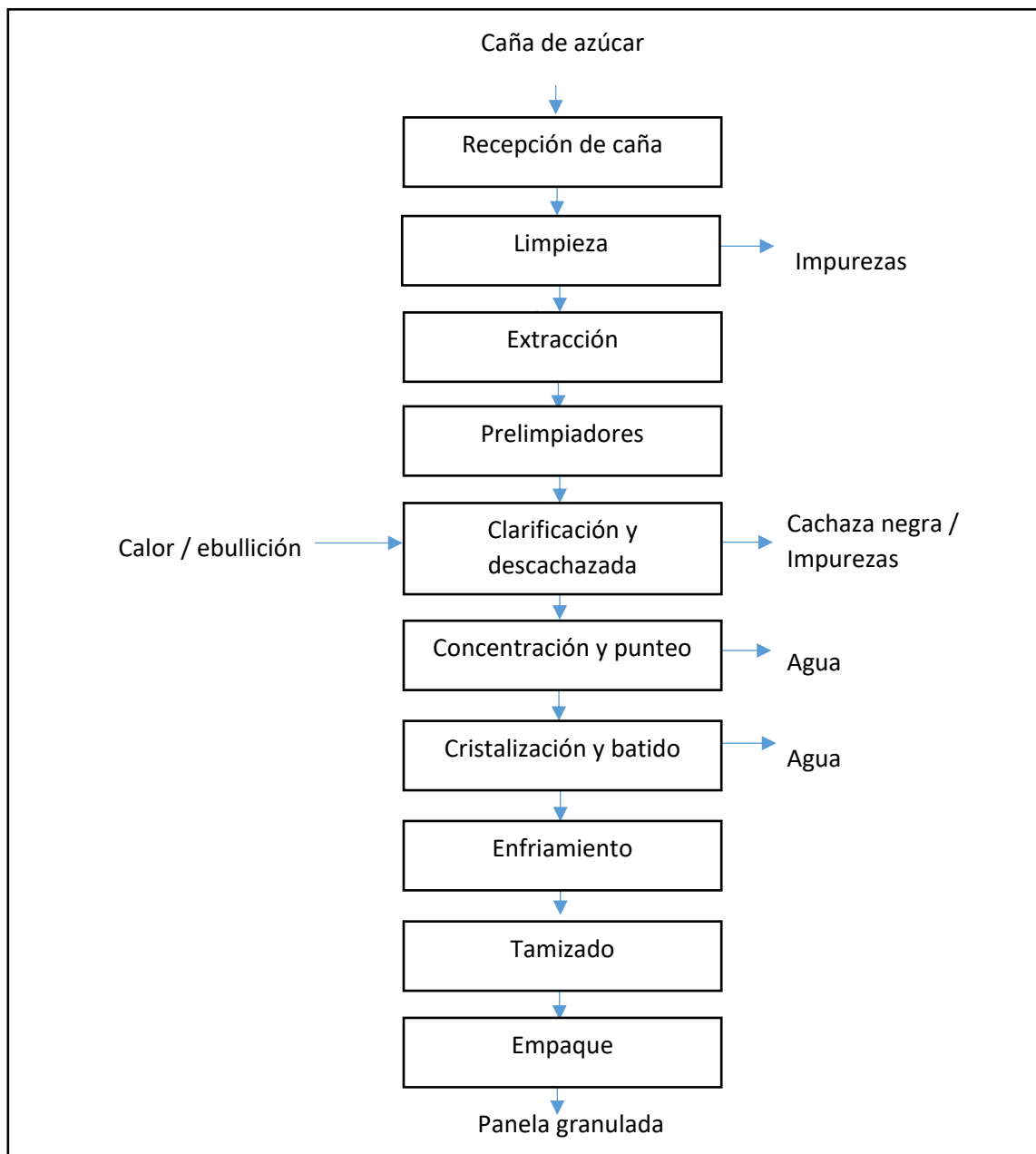
- *Desnaturalización y coagulación:* El aumento de temperatura provocó la desnaturalización de las proteínas y gomas presentes en el jugo crudo, las cuales coagularon formando flóculos que atrapan partículas de fibra y sólidos en suspensión.
- *Mecanismo de flotación:* Durante la ebullición, la formación de burbujas de vapor y la reducción de la densidad de estos flóculos permiten que los sólidos ascendieran a la superficie por efecto de flotación, constituyendo lo que se conoce técnicamente como "cachaza negra".
- *Separación física:* Al concentrarse estas impurezas en la interfase aire-líquido (sobrenadantes), se facilitó su remoción mecánica, logrando un jugo clarificado con menores niveles de coloides, lo cual resultó crítico para una cristalización eficiente en las etapas posteriores.

b) Evaporación y concentración

Se procedió a la etapa de concentración y punteo, donde se eliminó el exceso de agua mediante la aplicación de calor constante hasta alcanzar el punto óptimo de saturación. Este incremento en el Brix fue monitoreado hasta lograr la viscosidad necesaria para la posterior granulación.

Figura 7

Diagrama de bloques del proceso de elaboración de panela orgánica ejecutado



c) Transformación final

Finalmente, se realizó la cristalización mediante batido manual, proceso que permitió la incorporación de aire y el enfriamiento rápido para inducir la formación de los granos. Posteriormente, se efectuó el tamizado para uniformizar el tamaño de partícula y el empaque del producto terminado, obteniendo así la panela orgánica granulada objeto de estudio.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Actividad que se realizó en tres fases: organización, análisis descriptivo y validación estadística, con el fin de garantizar la rigurosidad en la interpretación de los resultados.

En la primera fase, los datos recolectados en el laboratorio se organizaron en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), lo que permitió clasificar de forma sistemática los parámetros del jugo crudo y los atributos de la panela orgánica granulada. Esta organización facilitó la comparación directa entre las variedades Azul Casa Grande y Mexicana, asegurando la integridad de la información mediante un control de calidad de los registros iniciales.

Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo para identificar tendencias y promedios en el rendimiento de extracción y los indicadores de calidad física y química. Se elaboraron cuadros comparativos y representaciones gráficas que permitieron visualizar el comportamiento de cada variedad durante las etapas de evaporación, concentración y granulación, facilitando la detección de variaciones críticas en el proceso a nivel de laboratorio.

Finalmente, se empleó la estadística inferencial mediante la aplicación de la prueba *t* de Student para muestras independientes, permitiendo contrastar las hipótesis planteadas, validando si las diferencias halladas en el Brix, Pol, pureza y rendimiento porcentual poseían significancia estadística ($p\text{-valor} < 0,05$). Este procedimiento garantizó que las conclusiones del estudio cuenten con el rigor científico necesario para caracterizar la aptitud tecnológica de las variedades estudiadas en el valle de Huaura – Sayán.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jugos crudos

Los jugos obtenidos sin imbibición desde las dos variedades de caña de azúcar, fueron sometido a un análisis previo con objeto de conocer su composición, parámetros que permiten caracterizarlo. Ver Tabla 6.

Tabla 6

Caracterización fisicoquímica de los jugos crudos de caña de azúcar de ambas variedades

Parámetro	Unidad	Variedad Azul Casa Grande			Variedad Mexicana		
		1	2	3	1	2	3
pH	Valor de pH	5,90	5,83	6,10	5,90	6,00	5,80
Brix	%	19,90	20,10	20,00	18,80	18,50	19,10
Pol	%	17,90	17,80	17,60	16,20	16,00	16,40
Pureza	%	89,95	88,56	88,00	86,17	86,49	85,86
Reductores	%	0,30	0,35	0,48	0,40	0,45	0,36

La caracterización de los jugos crudos extraídos de las variedades Azul Casa Grande y Mexicana establece la base técnica para entender el comportamiento diferenciado de

ambas durante el proceso de evaporación y concentración. En primer lugar, se observa que ambas variedades presentan un pH inicial entre 5,80 a 6,10, lo cual indica la frescura en la materia prima, en vista que se le analizó apenas extraída y recolectada del campo.

En cuanto a los sólidos solubles y pureza, la variedad Azul Casa Grande demuestra una superioridad, con Brix que alcanzan el 20,10 % y una Pureza máxima de 89,95 %, presentando una menor proporción de no azúcares en comparación con la variedad Mexicana, la cual registra un Brix máximo de 19,10 % y una pureza que no supera el 86,49 %. Lo que implica que la variedad Azul es más eficiente, ya que requiere menor remoción de agua y al genera una menor cantidad de residuos durante la clarificación.

Finalmente, el análisis de los azúcares reductores confirma que la Azul Casa Grande situados entre 0,30 % y 0,48 %, son significativamente menores a los de la variedad Mexicana, que llega a presentar desde 0,36 % hasta un 0,45 %. Esta menor concentración de glucosa y fructosa en la variedad Azul reduce la susceptibilidad al oscurecimiento por reacciones de Maillard y caramelización, lo que se traduce directamente en la obtención de una panela con tonalidades doradas y claras, frente a los tonos más oscuros y la mayor higroscopicidad esperada en la variedad Mexicana.

4.1.2 Comparación del rendimiento porcentual de panela por variedad de caña

El balance de materia permite cuantificar la eficiencia de cada etapa de transformación, desde que la caña es molida hasta la obtención de la panela granulada. En la Tabla 7 se comparan los balances de masa porcentual para las cañas de azúcar evaluadas, lo que permite identificar cómo la composición física y química de la caña influye en la extracción de jugo, la eliminación de impurezas y, finalmente, en el rendimiento industrial total bajo un sistema de producción orgánica sin aditivos químicos.

Tabla 7*Balance de materia y rendimiento porcentual comparativo en la elaboración de panela*

N°	Operación	Material	Parámetro	Variedad	
				Azul Casa Grande (%)	Mexicana (%)
1	Trapiche	Caña limpia	% Caña	100,00	100,00
		Bagazo	Bagazo % Caña	62,57	64,10
		Jugo crudo	Jugo Crudo % Caña	37,43	35,9
2	Clarificación	Impureza	Impureza % Caña	0,27	0,31
			Impureza % Jugo crudo	0,71	0,85
3	Evaporación	Agua evaporada	Agua evaporada % Caña	30,05	29,23
			Agua evaporada % Jugo crudo	80,29	81,45
4	Producto	Panela	Panela % Caña	7,11	6,36
			Panela % Jugo crudo	19,00	17,70

La molienda en el trapiche revela diferencias entre ambas variedades de caña. Con la variedad Mexicana generando un mayor porcentaje de bagazo (64,10 %) frente al Azul Casa Grande (62,57 %), lo que se traduce en una menor extracción de jugo crudo (35,90 %), atribuido a su mayor contenido de fibra.

En cuanto a la fase de clarificación, la remoción de impurezas fue proporcionalmente mayor en la variedad Mexicana, registrando un 0,85 % sobre el jugo crudo frente al 0,71 % de la Azul Casa Grande, que es consistente con los análisis previos, donde la variedad Mexicana mostró una menor pureza inicial. Una mayor carga de sólidos insolubles y compuestos no azúcares exige un proceso de limpieza más riguroso para evitar que estos elementos afecten la cristalización y la calidad organoléptica del producto final, especialmente en sistemas orgánicos que dependen exclusivamente de la remoción mecánica de la cachaza.

Finalmente, el rendimiento de panela sobre caña muestra a la Azul Casa Grande como la variedad de mayor eficiencia, logrando un 7,11 % de producto terminado frente al 6,36 % obtenido por la variedad Mexicana a las condiciones de molienda y clarificación realizadas. Asimismo, se observa que la Mexicana requiere un esfuerzo térmico superior, evaporando el 81,45 % del agua de su jugo crudo para alcanzar el punto de panela, lo que implica un mayor consumo de energía y tiempo de proceso por cada unidad de producto obtenido.

4.1.3 Comparación de la calidad física de la panela granulada por variedad de caña

La evaluación de las propiedades del producto terminado permite mostrar la aceptabilidad comercial y la estabilidad en anaquel de la panela obtenida bajo un régimen orgánico. En la Tabla 8, se analizan parámetros críticos como la humedad, la densidad aparente, la pureza y el color cromático, los cuales definen la calidad sensorial y el valor de mercado potencial de la panela granulada producida a partir de las variedades Azul Casa Grande y Mexicana sin encalamiento del jugo crudo, como base para otras investigaciones.

Tabla 8

Análisis panela obtenida a partir de variedades de caña de azúcar

Parámetro	Unidad	Variedad Azul Casa Grande			Variedad Mexicana		
		1	2	3	1	2	3
Humedad	%	4,98	4,76	5,16	5,55	5,75	5,35
Densidad Aparente	g/ml	0,611	0,683	0,731	0,710	0,738	0,720
Pureza	%	83,20	82,30	82,90	80,20	79,80	81,30
Color*	Nº Abanico	1	1	1	2	2	2

Nota. *El color obtenido para la variedad Azul Casa Grande se sitúa en el límite inferior de la escala (Nº 1), presentando una tonalidad crema-clara superior a la referencia visual del abanico usado de Quezada (2007)

En cuanto al contenido de humedad, la variedad Azul Casa Grande registró un promedio de 4,97 %, un valor significativamente menor al 5,55 % obtenido por la variedad Mexicana, diferencia que se explica por la mayor concentración de azúcares reductores en la variedad Mexicana, los cuales poseen una naturaleza higroscópica que dificulta la eliminación de agua durante el batido y favorece la absorción de humedad ambiental. Una humedad cercana al 5 % en la Azul Casa Grande garantiza una mayor vida útil y evita el apelmazamiento del grano.

La pureza final de la panela también mostró una brecha importante, situándose en 82,80 % para la Azul Casa Grande y 80,43 % para la Mexicana, coherentes a la pureza de los jugos crudos originales de aproximadamente 89 % y 86 % respectivamente, producto de la inversión térmica de la sacarosa potenciada por la acidez del jugo (pH próximos a 6,00) en ausencia de cal.

Finalmente, el color representa la diferencia visual más notable entre ambos productos. La panela de la variedad Azul Casa Grande alcanzó el Grado 1 (Nº Abanico), presentando una tonalidad crema-clara que superó los límites visuales de la escala estándar de Quezada (2007). Por el contrario, la variedad Mexicana se situó en el Grado 2, mostrando tonalidades ámbar más pronunciadas. Este oscurecimiento en la Mexicana es resultado directo de su mayor contenido de impurezas (0,85 % en jugo) y azúcares reductores, los cuales interactúan bajo el calor durante el proceso.

4.2 Contrastación de hipótesis

4.2.1 Comparación de la calidad y eficiencia del proceso de las dos variedades

a) Hipótesis estadística

Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán..

Hipótesis alterna: Existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

b) Interpretación

Según el balance de materia (Tabla 7), la variedad Azul Casa Grande demostró una superioridad operativa con un rendimiento de 7,11 % de panela por kilo de caña, frente al 6,36 % de la variedad Mexicana. Esta mayor eficiencia es una consecuencia directa de la carga de sólidos solubles (20,00 % Brix) significativamente superior (*p-valor* 0,003) respecto a la variedad mexicana.

Asimismo, de acuerdo a los atributos físicos de la panela (Tabla 8), la variedad Azul Casa Grande produjo una panela de mayor pureza (82,80 %) y menor humedad (4,97 %) en comparación con la Mexicana (80,43 % de pureza y 5,55 % de humedad). Asimismo, el atributo de color utilizando el abanico de Quezada (2007) posicionó a la variedad Azul en el nivel superior respecto a la variedad Mexicana.

También, considerando la caracterización fisicoquímica de los jugos (Tabla 11), donde la prueba t de Student confirmó que las variedades no son iguales en sus componentes

críticos, como la diferencia altamente significativa en Pol ($p\text{-valor} < 0,001$) asegura la superioridad de la variedad Azul Casa Grande en el rendimiento y la pureza final de la panela granulada.

En consecuencia, al haberse demostrado la superioridad fisicoquímica de la materia prima (Brix, Pol y pureza significativos con $p\text{-valor} < 0,05$) y la optimización de los indicadores de producción (Rendimiento y Calidad de Panela), se aporta evidencia científica y técnica suficiente para rechazar la hipótesis nula y por lo tanto, aceptar la hipótesis alterna de que existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso de obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar (Azul Casa Grande y Mexicana) del valle de Huaura – Sayán. Siendo la variedad Azul Casa Grande la que garantiza un proceso más eficiente y un producto final de mayor calidad técnica según las muestras evaluadas del valle de Huaura – Sayán.

4.2.2 Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jugos crudos

a) Hipótesis estadística

Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

Hipótesis alterna: Existen diferencias significativas en los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

b) Significancia

5 % equivalente a 0,05.

c) Pruebas de contrastación de hipótesis previas

Se aplicó la prueba de normalidad (Tabla 9), con objeto de verificar si los datos de pH, Brix, Pol, Pureza y Azúcares reductores, se distribuyen siguiendo una campana de Gauss.

Tabla 9

Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk

Parámetro	Variedad Azul Casa Grande		Variedad Mexicana	
	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
pH	0,928	0,482	1,000	1,000
Brix	1,000	1,000	1,000	1,000
Pol	0,964	0,637	1,000	1,000
Pureza	0,943	0,540	0,943	0,540
Azúcares reductores	0,938	0,520	0,996	0,878

Como todos los *p-valor* son superiores a 0,05 se acepta que todos poseen distribución normal. Asimismo, se aplicó la prueba de Homocedasticidad de Levene (Tabla 10), para evaluar la igualdad de varianzas entre los dos grupos independientes (Azul Casa Grande y Mexicana), donde también se encontró que existe igualdad de varianzas (*p-valor* > 0,05).

Tabla 10

Pruebas de Homocedasticidad de Levene

Parámetro	Estadístico	p-valor
pH	0,648	0,466
Brix	1,600	0,275
Pol	0,082	0,789
Pureza	3,953	0,118
Azúcares reductores	2,042	0,226

d) Prueba estadística

Tras cumplirse el supuesto de normalidad y a la vez la homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba t de Student de muestras independientes (Tabla 11).

Tabla 11

Prueba t de Student de muestras independientes

Parámetro	t	p-valor
pH	0,436	0,685
Brix	6,573	0,003
Pol	10,783	0,000*
Pureza	4,384	0,012
Azucares reductores	-0,447	0,678

Nota. * inferior a 0,001

e) Interpretación

De la Tabla 11, para el caso del pH y los Azucares reductores el *p-valor* es superior a 0,05, evidenciándose que no existen diferencias significativas entre los grupos. Por otro lado, para Brix, Pol y Pureza se encontró *p-valor* inferiores a 0,05, en consecuencia para estos parámetros sí existen diferencias significativas. Encontrándose para la variedad Azul Casa Grande un promedio de 20,00 % de Brix, 17,77 % de Pol y Pureza 88,84 %, frente al 18,80 %, 16,20 % y 86,17 % de la variedad Mexicana.

En ese sentido se acepta parcialmente la hipótesis alterna de que existen diferencias significativas para el Brix, Pol y pureza, mas no existe diferencias significativas en el pH y Azucares reductores, obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar (Azul Casa Grande y Mexicana) evaluadas del valle de Huaura – Sayán.

4.2.3 Comparación del rendimiento porcentual de panela por variedad de caña

a) Hipótesis estadística

Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada, como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

Hipótesis alterna: Existen diferencias significativas en el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada, como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

b) Interpretación

Según la Tabla 11, el análisis estadístico mediante la prueba t de Student para muestras independientes reveló que existen diferencias significativas en los niveles de Brix (*p-valor* 0,003), Pol (*p-valor* < 0,001) y pureza (*p-valor* 0,012), entre ambas variedades, evidenciando que la variedad Azul Casa Grande demostró una superioridad técnica con un promedio de 20,00 % de Brix y 17,77 % de Pol, frente al 18,80 % y 16,20 % de la variedad Mexicana, respectivamente. Esta superioridad química viene a reflejarse en el Balance de Materia (Tabla 7), donde la variedad Azul Casa Grande alcanzó un rendimiento porcentual de panela/caña de 7,11 %, superando el 6,36 % obtenido por la variedad Mexicana. Asimismo, la eficiencia de conversión de jugo crudo a panela fue de 19,00 % para la Azul contra un 17,70 % para la Mexicana.

Por consiguiente, dado que el *p-valor* en la comparación de los componentes críticos del jugo de caña (Brix y Pol) es inferior 0,05, se aporta evidencia estadística suficiente de rechazo de la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, de que existen diferencias significativas en el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada, debido a que las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre dos variedades de caña de azúcar (Azul Casa Grande y Mexicana) del valle de Huaura – Sayán. Encontrando de las muestras evaluadas, a la variedad Azul Casa Grande como la más eficiente en comparación con la variedad Mexicana, al poseer una mayor concentración de sólidos.

4.2.4 Comparación de la calidad física de la panela granulada por variedad de caña

a) Hipótesis estadística

Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

Hipótesis alterna: Existen diferencias significativas en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.

b) Interpretación

De acuerdo a la Tabla 8, la calidad física evaluada de panela orgánica granulada, muestra variaciones importantes según la variedad procesada:

- En humedad, la panela obtenida de la variedad Azul Casa Grande presentó un promedio de humedad de 4,97 % (máximo 5,16 %), y la variedad Mexicana 5,55% en promedio (máximo de 5,75 %). Lo que indica que la variedad Azul ofrece una mayor estabilidad del producto.
- En densidad Aparente, la variedad Azul Casa Grande mostró en promedio de 0,675 g/ml, mientras que la Mexicana 0,723 g/ml en promedio, diferencias que sugiere variaciones en la granulometría y el empaquetamiento de los cristales.
- En cuanto a la Pureza de la Panela, existe una diferencia marcada, donde la variedad Azul Casa Grande alcanzó un 82,80 %, frente al 80,43 % de la variedad Mexicana. Consecuencia directa de la calidad del jugo crudo, donde la Azul Casa Grande posee significativamente más Pol y Pureza inicial y que por tanto el producto final conserva esa superioridad.
- Respecto al color de la panela, utilizando el abanico de Quezada (2007), la variedad Azul Casa Grande obtuvo una calificación de N° 1, descrita como una tonalidad crema-clara superior. La variedad Mexicana obtuvo una calificación de N° 2. Donde el color más claro en la variedad Azul es un indicador de calidad comercial alta, atribuido a la menor presencia de impurezas y compuestos fenólicos en su jugo original.

De lo analizado, se observa que la variedad Azul Casa Grande supera a la variedad Mexicana en todos los parámetros de calidad física evaluados. Esta superioridad es una consecuencia directa de las diferencias significativas encontradas en la caracterización

fisicoquímica de los jugos (Brix *p*-valor 0,003 y Pol *p*-valor <0,001). Por lo tanto, dado que la materia prima de la variedad Azul Casa Grande garantiza un producto final con menor humedad, mayor pureza y mejor coloración, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de que existen diferencias significativas en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar (Azul Casa Grande y Mexicana) del valle de Huaura – Sayán. Encontrando de las muestras evaluadas, a la variedad Azul Casa Grande como la más apta para la obtención de alta calidad de panela.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Respecto a la calidad y eficiencia del proceso de obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán en 2025, se encontró para las muestras evaluadas que existen diferencias significativas entre las variedades Azul Casa Grande y Mexicana, donde la variedad Azul Casa Grande es la que garantiza un proceso más eficiente (rendimiento de 7,11 %) y un producto final de mayor calidad técnica (menor humedad y mayor pureza). Resultados semejantes en cuanto a la variabilidad por cultivar fueron reportados por Cóndor (2016), quien al evaluar variedades en Lambayeque determinó que la composición del jugo y el rendimiento final dependen intrínsecamente de la variedad, identificando diferencias en el Pol y Brix que condicionan la aptitud panelera; así mismo, se coincide con lo expuesto por Flórez-Martínez et al. (2023), quienes afirman que los compuestos bioactivos desempeñan un papel clave y que la mejora de la calidad comprende la conservación de propiedades que mejoran el color y sabor mediante tecnologías de eficiencia. Por el contrario, se difiere a lo expuesto por Cóndor (2016) en cuanto a la jerarquía de las variedades, ya que en su estudio identificó a la variedad criolla como la más óptima por presentar un mayor contenido de Pol y reportó para la variedad azul un Pol de solo 13,03 %, cifra significativamente inferior a lo encontrado, diferencias que se deben probablemente, a las condiciones edafoclimáticas del valle de Huaura – Sayán respecto a Lambayeque.

En la comparación de los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) entre las dos variedades de caña de azúcar, se encontró en las muestras evaluadas que existen diferencias significativas para el Brix (*p-valor* 0,003), Pol (*p-valor* <0,001) y pureza (*p-valor* 0,012), mas no existen diferencias significativas en el pH y Azúcares reductores, en los jugos obtenidos sin imbibición entre las variedades Azul Casa Grande y Mexicana del valle de Huaura – Sayán en 2025. Resultados semejantes fueron reportados por Cadenillas y Villanueva (2021), quienes al caracterizar jugo de caña para la obtención de panela en Lambayeque, reportaron valores de Brix (19,0 °Brix), Pol (15,58 %) y pureza (82,0 %), que guardan una estrecha similitud con el perfil de la variedad Mexicana de este estudio, reforzando la validez de los rangos fisicoquímicos para variedades cultivadas en la costa peruana. Asimismo, Choto (2019) reportó para jugo crudo niveles de 15,00 °Brix y pH de 5,00, valores que, aunque menores, coinciden en la naturaleza ácida y la carga de sólidos necesaria para el procesamiento panelero. Por el contrario, se difiere de lo expuesto por Córdor (2016), quien reportó para la variedad Azul de Casa Grande una media de 16,3 en °Brix y 13,03 % en Pol , resultados que son drásticamente inferiores a los obtenidos en esta investigación, diferencias que pueden deberse a la ubicación geográfica y al manejo del cultivo.

Al realizar la comparación del rendimiento porcentual de la panela orgánica granulada, en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña entre las dos variedades de caña de azúcar en 2025, se encontró en las muestras evaluadas que la variedad Azul Casa Grande alcanzó un rendimiento de 7,11 %, superando significativamente al 6,36 % obtenido por la variedad Mexicana, y que a su vez, la eficiencia de conversión de jugo crudo a panela fue superior en la Azul (19,00 %) frente a la Mexicana (17,70 %). Resultados similares reportó Córdor (2016), quien evaluó rendimientos en Lambayeque y determinó que las diferencias en la concentración de Pol y sólidos totales impactan directamente en la

cantidad de panela obtenida, con variaciones según el cultivar procesado; de igual manera, con Lopez (2025) quien reportó rendimientos de panela granulada de 9,88 % en San Martín; aunque es superior al presente estudio, coincide en que el rendimiento es un indicador crítico de la gestión técnica y la competitividad del proceso. Por el contrario, se difiere de lo expuesto por Cóndor (2016) respecto a la variedad Azul Casa Grande, ya que en su estudio obtuvo rendimientos y niveles de Pol menores para este cultivar, que en nuestro caso se obtuvo en promedio sólidos solubles de 20,00 % Brix. Al analizar el balance de materia, se observó que el rendimiento de extracción de jugo en las muestras evaluadas fue menor a los estándares industriales, diferencia que se atribuye a que el procesamiento se realizó a nivel de laboratorio, utilizando una configuración de molienda con una presión de compresión inferior a la habitual en los trapiches comerciales, y que sumada a la ausencia de imbibición, permitió obtener un jugo crudo más concentrado y representativo de las características fisicoquímicas intrínsecas de cada variedad.

Respecto a la comparación de los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán. Se halló en las muestras evaluadas, que la variedad Azul Casa Grande supera a la Mexicana en todos los parámetros, obteniendo una panela con menor humedad (4,97 %), mayor pureza (82,80 %) y un color N° 1 (crema-clara) según la escala de Quezada. Si bien estos valores de humedad superan el 2 % sugerido por Quezada (2007) para panela comercial de alta calidad, ello es esperable en un proceso artesanal de laboratorio sin secado complementario, y no afecta la validez de la comparación entre variedades. Resultados semejantes fueron reportados por Garófalo y Villón (2019), quienes en Ecuador determinaron que es posible obtener panela con humedad entre 1,51 % y 2,75 % mediante el control estricto del pH y la temperatura, confirmando que la calidad física depende de la

estandarización de los parámetros de control; asimismo, con Ramos (2020) al concluir que el color inicial del jugo es el factor que influye significativamente en el color final de la panela granulada, lo cual coincide con la pureza superior observado en la Azul Casa Grande. Por el contrario, se difiere con Cadenillas y Villanueva (2021) en cuanto a la humedad, ya que ellos lograron niveles de 3,4 % utilizando evaporación al vacío, una tecnología superior al nivel de laboratorio convencional. No obstante, los valores de humedad obtenidos en este estudio para la Azul Casa Grande se mantienen competitivos frente a lo reportado por Lopez (2025), quien señala que en métodos tradicionales el rendimiento y la calidad suelen situarse por debajo de los estándares debido a infraestructuras rústicas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se determinó en las muestras evaluadas, que existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso de obtención de panela orgánica granulada entre las variedades Azul Casa Grande y Mexicana, procedentes del valle de Huaura – Sayán. La variedad Azul Casa Grande demostró una superioridad integral en el rendimiento, validando la importancia de la selección de la variedad en las muestras analizadas para la optimización de la cadena productiva.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de los jugos crudos de las muestras evaluadas reveló diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles (Brix), sacarosa aparente (Pol) y pureza a favor de la variedad Azul Casa Grande. No obstante, en los indicadores de pH y azúcares reductores no se hallaron diferencias estadísticas significativas, lo que indica que las muestras de ambas variedades compartieron un estado sanitario y de madurez similar al momento del estudio.

El rendimiento porcentual de panela orgánica granulada obtenido de las muestras evaluadas favorece a la variedad Azul Casa Grande como la más productiva. Esta diferencia está vinculada directamente a la mayor concentración de Brix y Pol detectada en el jugo inicial de las muestras de esta variedad, permitiendo un aprovechamiento más eficiente de la materia prima procesada.

Los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada obtenida a partir de las muestras evaluadas favorecen a la variedad Azul Casa Grande por su menor contenido de humedad, mayor pureza y mejor coloración respecto a la variedad Mexicana. Se confirma para el grupo de muestras analizadas, que las características fisicoquímicas superiores del jugo crudo se transfieren de manera efectiva al producto terminado.

6.2 Recomendaciones

Considerar los parámetros de calidad fisicoquímica y los indicadores de color (valores inferiores a 1 bajo la escala ACAP) obtenidos en la presente investigación sobre la panela orgánica en el valle de Huaura-Sayán como una línea base técnica, para la ejecución de pruebas experimentales que integren el uso de flocculantes de origen vegetal (como mucílago naturales) durante la etapa de clarificación termofísica, con la finalidad de optimizar la cinética de remoción de impurezas y potenciar las propiedades organolépticas del producto final, garantizando en todo momento el cumplimiento de los estándares de inocuidad y la certificación de naturalidad demandada por los mercados orgánicos internacionales.

Implementar un sistema de control riguroso de la temperatura durante la etapa de cocción y concentración, mediante el uso de sensores digitales y sistemas de calentamiento por vapor a baja presión. Esto tiene como finalidad prevenir la formación de acrilamidas y compuestos de Maillard, garantizando así la seguridad alimentaria y preservando las características sensoriales óptimas del producto.

Realizar estudios complementarios de optimización en la etapa de molienda, mediante el uso de molinos presurizados y la evaluación de sistemas de imbibición controlada. Este procedimiento busca incrementar el porcentaje de extracción de jugo crudo

para maximizar el rendimiento de panela por tonelada de caña, superando las limitaciones de los sistemas de molienda manuales o de baja presión.

Evaluar el uso de agentes clarificantes naturales procedentes de la biodiversidad del valle de Huaura-Sayán, aplicándolos mediante protocolos de floculación que no alteren el pH del jugo. El objetivo es acelerar la separación de impurezas y evitar el incremento de la coloración oscura en la panela final, manteniendo los tonos crema-claros demandados por el mercado.

Desarrollar investigaciones sobre la aplicación de sistemas de evaporación al vacío, sustituyendo la concentración a cielo abierto por tecnologías de presión reducida. Esto permitirá disminuir la temperatura de ebullición y el tiempo de residencia del jarabe, con el fin de reducir el consumo energético, evitar la degradación térmica de los azúcares y mejorar la calidad global de la panela granulada.

Optimizar los procesos de limpieza de la materia prima y del sobrenadante, instalando sistemas de lavado mecánico para la caña y limpiadores automáticos de cachaza durante la clarificación. Con ello se pretende eliminar la presencia de sedimentos térreos y partículas en suspensión que saturan el proceso, asegurando la inocuidad y la pureza del producto terminado.

Estandarizar las operaciones de batido y secado final bajo condiciones de temperatura y humedad ambiental controlada, utilizando empaques de alta barrera inmediatamente después del enfriamiento. Estas medidas buscan estabilizar la humedad final de la panela y prevenir su rehidratación por higroscopía, asegurando así la fluidez del grano y una mayor vida útil en anaquel.

Ampliar el alcance de futuras investigaciones a todas las variedades de caña cultivadas en la región, incrementando el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo durante las diferentes estaciones del año. Esta expansión permitirá reducir la variabilidad de los datos, logrando una generalización estadística que consolide a la variedad Azul Casa Grande, o nuevas variedades de caña, como referentes de alta calidad técnica y comercial en el valle de Huaura-Sayán.

Realizar un estudio de caracterización del bagazo resultante de ambas variedades, mediante análisis de fibra, humedad residual y poder calorífico superior. Esto permitirá evaluar el potencial del subproducto como biomasa para la generación de energía térmica en el mismo proceso de producción, promoviendo un modelo de economía circular en la planta panelera.

Desarrollar un análisis de estabilidad y vida útil de la panela granulada almacenada a diferentes condiciones ambientales, utilizando pruebas de envejecimiento acelerado y control de parámetros microbiológicos. El objetivo es determinar el tiempo de anaquel y las condiciones óptimas de transporte que aseguren que el producto llegue al consumidor final sin alteraciones en su textura o inocuidad.

Evaluar el impacto de la clarificación mediante el uso de mallas de filtración micrométrica o sistemas de decantación continua, integrándolos antes de la etapa de evaporación. Con este procedimiento se busca reducir al mínimo la presencia de micropartículas y sólidos insolubles, para que se logre una panela con una pureza técnica superior y un brillo característico que incremente su valor comercial.

Diseñar un manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y procedimientos operacionales estandarizados (POES) específicos para el procesamiento de cada variedad

que se encuentre en el Valle de Huaura – Sayán, detallando cada etapa desde la recepción de la caña hasta el envasado. Esto servirá para que los productores locales puedan replicar los resultados de laboratorio a una escala mayor, garantizando la homogeneidad de la calidad en cada lote de producción.

Investigar el perfil de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la panela obtenida de la variedad Azul Casa Grande, empleando métodos de espectrofotometría y análisis de polifenoles totales. Esta recomendación tiene como fin identificar propiedades nutricionales diferenciadas que permitan posicionar el producto en nichos de mercado de alimentos funcionales aumentando su competitividad internacional.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flórez-Martínez, D. H., Contreras-Pedraza, C. A., Escobar-Parra, S., & Rodríguez-Cortina, J. (2023). Key Drivers for Non-Centrifugal Sugar Cane Research, Technological Development, and Market Linkage: A Technological Roadmap Approach for Colombia. *Sugar Tech*, 25(2), 373–385. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01200-9>
- Anaya-Velasco, A. (2017). Modelo de Salud y Seguridad en el Trabajo con Gestión Integral para la Sustentabilidad de las organizaciones (SSeTGIS). *Ciencia & Trabajo*, 19(59), 95-104. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000200095>
- Ayala, M. A. (2019). *Implementación de una mejora para la optimización de proceso de cambios de fabricación de productos higiénicos, en líneas productiva*. [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. Repositorio Institucional Universidad Andrés Bello. <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/24550>
- BIOESTADISTICO. (2016, 20 de agosto). 09. Ejecuta tu Recolección de Datos | Cómo Empezar Una Tesis (9/10) [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=HdshPYkVdDI&t=33s>
- Cadenillas, M. V., & Villanueva, S. M. (2021). *Optimización del proceso de concentración del jugo de caña por evaporación al vacío y del secado del jugo concentrado para obtener azúcar en polvo (panela)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10026>

- Chen, J. C. (1997). *Manual de azúcar de caña: para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados* (11ª ed.). Limusa S.A.
- Choto, M. Á. (2019). *Influencia del agente coagulante (cal) en la clarificación del jugo de caña crudo de la industria panelera “El Valle”*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio Institucional Universidad Estatal Amazónica.
<https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/877>
- Cóndor, E. R. (2016). Estudio comparativo de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), azul, mexicana y criolla, para la producción de panela granulada orgánica. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(2), 145-154.
<https://doi.org/10.26495/icti.v3i2.442>
- García, C. M., Quirós, V. A., & Rosales, L. E. (2022). Los residuos generados en la producción de la industria azucarera en los últimos 25 años. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(6), 1979-1991.
<https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15041>
- Garófalo, M. de los Á., & Villón, P. F. (2019). *Mejoramiento del proceso de producción de panela orgánica en unidades paneleras de la provincia de Cotopaxi*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral]. Repositorio Institucional Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/48454>
- Ministerio de la Producción. (2022, 9 de setiembre). *Piura: INACAL promueve la aplicación de buenas prácticas de manufactura para la panela granulada*. Gob.pe.
<https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/648686-piura-inacal-promueve-la-aplicacion-de-buenas-practicas-de-manufactura-para-la-panela-granulada>
- González-Rivera, V., Albán-Galárraga, M. J., González-Rivera, J., & Hidalgo-Guerrero, I. (2024). Estudio energético del proceso de obtención de panela en dos variedades de

Saccharum officinarum L.(caña de azúcar) en la Amazonía Ecuatoriana.

TecnoLógicas, 28(62), e3197. <https://doi.org/10.22430/22565337.3197>

Google. (s.f.). *Ubicación del valle de Huaura-Sayán*. [Mapa]. Google Maps. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://www.google.com/maps/place/Huaura+15138/@-11.1055887,-77.5322979,52071m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x9107208bdf63ea61:0x51495d4641b6dbe0!8m2!3d-11.0674409!4d-77.5981579!16s%2Fm%2F043qw2p?entry=ttu>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Jaramillo, D. M., & Sánchez, M. N. (2022). *Plan de mejora en el proceso de elaboración de panela granulada para reducir los costos de la empresa Caes, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112576>

Llanos, N. E., & Mazón, R. E. (2012). *Comercialización de la Panela Granulada y su Incidencia en el Desarrollo Socioeconómico del Cantón Caluma*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal De Bolívar]. Repositorio Institucional Universidad Estatal De Bolívar. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/72>

Lopez, R. (2025). *Análisis del proceso de producción y comercialización de panela y chancaca de la empresa Los paneleros de Rumicallpa del distrito Shanao*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/a334c563-d9f1-4f0d-96bb-1f81c3448dcd>

Quezada, W. F. (2007). *Guía Técnica de Agroindustria Panelera*. Editorial Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/934?locale=es>

- Quino, B. E. (2025). *Evaluación de métodos actuales para obtención de datos de calidad de panela granulada y diseño de visualizaciones para soporte de toma de decisiones en la planta de envasado de la Cooperativa Agraria Norandino*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucion Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/a07f0a42-cb4b-4d73-a48f-6060ecbafbd4>
- Ramos, M. A. (2020). *Influencia de los parámetros operacionales de las etapas de concentración y cristalización en el color de la panela granulada*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio Institucional Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/900>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2015). *Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Az_car.pdf
- SINCIE. (2021, 23 de enero). *01. Tipos, Niveles y Diseños en Investigación | PODCAST* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=0ftt84ppXWE>
- Vara, A. A. (2015). *7 pasos para elaborar una tesis* (1a ed.). Editorial Macro.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Obtención de panela orgánica a partir de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del valle de Huaura – Sayán

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Subdimensiones	Escala	Metodología
¿Qué diferencias de calidad y eficiencia del proceso, se presenta en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?	Comparar la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	Existen diferencias significativas en la calidad y eficiencia del proceso, en la obtención de panela orgánica granulada a nivel de laboratorio, a partir de dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	V1 1. Variedad de Caña de Azúcar	1.1 Genotipo local	1.1.1 Variedad Azul Casa Grande 1.1.2 Variedad Mexicana	Nominal Nominal	<u>Tipo de investigación</u> Experimental Prospectivo Transversal Analítico Aplicado <u>Nivel de investigación</u> Explicativo <u>Diseño de investigación</u> Diseño experimental comparativo con dos grupos independientes (G1: Azul Casa Grande, G2: Mexicana) con tres repeticiones <u>Población</u> caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) en estado de madurez (agostada), próxima a ser cosechada en el valle de Huaura y Sayán durante el periodo 2025 <u>Muestra</u> 6 unidades experimentales, correspondientes a 3 repeticiones por cada una de las 2 variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) del valle de Huaura – Sayán evaluadas en 2025. <u>Técnicas e Instrumentos</u> Observación - Polarímetro: - Refractómetro óptico manual - Equipo de análisis volumétrico (Lane-Eynon): - Potenciómetro (pH-metro) - Termómetro Infrarrojo con puntero laser - Termómetro de alcohol hasta 150 °C - Paleta de colores (ACAP) - Probeta graduada. - Balanza de precisión. - Balanza analítica. <u>Estadística</u> - Significancia 5 % - Prueba t de Student muestras independientes.
<u>Específicos</u> ¿Cómo se comparan los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?	<u>Específicos</u> Comparar los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	<u>Específicos</u> Existen diferencias significativas en los indicadores de calidad de jugo de caña cruda (pH, Brix, Pol, pureza y azúcares reductores) obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio entre dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	V2 2. Obtención de panela orgánica	2.1 Caracterización del Jugo Crudo	2.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH) 2.1.2 Sólidos solubles (°Brix) 2.1.3 Contenido de Sacarosa (Pol %) 2.1.4 Coeficiente de Pureza (%) 2.1.5 Azúcares Reductores (%)	Intervalo Razón Razón Razón Razón	caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) en estado de madurez (agostada), próxima a ser cosechada en el valle de Huaura y Sayán durante el periodo 2025. 6 unidades experimentales, correspondientes a 3 repeticiones por cada una de las 2 variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) del valle de Huaura – Sayán evaluadas en 2025. Observación - Polarímetro: - Refractómetro óptico manual - Equipo de análisis volumétrico (Lane-Eynon): - Potenciómetro (pH-metro) - Termómetro Infrarrojo con puntero laser - Termómetro de alcohol hasta 150 °C - Paleta de colores (ACAP) - Probeta graduada. - Balanza de precisión. - Balanza analítica. Estadística - Significancia 5 % - Prueba t de Student muestras independientes.
<u>Específicos</u> ¿Qué diferencias en el rendimiento porcentual de la panela orgánica granulada se presentan como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?	<u>Específicos</u> Comparar el rendimiento porcentual de la panela orgánica granulada, en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	<u>Específicos</u> Existen diferencias significativas en el rendimiento porcentual de panela orgánica granulada, como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.		2.2 Balance de Materia y rendimiento	2.2.1 Rendimiento de Extracción (Jugo % Caña) 2.2.2 Residuo de Molienda (Bagazo % Caña) 2.2.3 Tasa de Evaporación (Agua eliminada %) 2.2.4 Rendimiento nivel laboratorio (Panela % Caña) 2.2.5 Eficiencia de Recuperación de Sólidos (%)	Razón Razón Razón Razón Razón	
<u>Específicos</u> ¿Qué diferencias en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) se presentan como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán?	<u>Específicos</u> Comparar los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) en función de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.	<u>Específicos</u> Existen diferencias significativas en los atributos de calidad física de la panela orgánica granulada (humedad, densidad aparente, pureza y color) como consecuencia de las características fisicoquímicas del jugo de caña obtenido sin imbibición a nivel de laboratorio, entre las dos variedades de caña de azúcar del valle de Huaura – Sayán.		2.3 Calidad física de la Panela	2.3.1 Contenido de Humedad (%) 2.3.2 Densidad Aparente (g/ml) 2.3.3 Pureza de la Panela (%) 2.3.4 Índice Colorimétrico (Escala Quezada)	Razón Razón Razón Ordinal	

Anexo 2. Molino y extracción del jugo de caña



Anexo 3. Pesado del bagazo obtenido tras la molienda de caña de azúcar



Anexo 4. Pesado de jugo obtenido tras la molienda de caña de azúcar



Anexo 5. Preparación de la unidad de calentamiento del jugo de caña



Anexo 6. Separación de impurezas (Descachazado) del jugo tras el calentamiento



Anexo 7. Limpieza final de impurezas del jugo tras el calentamiento



Anexo 8. Prueba de ajuste para el control de temperatura



Anexo 9. Concentración y punteo del jugo del proceso de obtención de panela



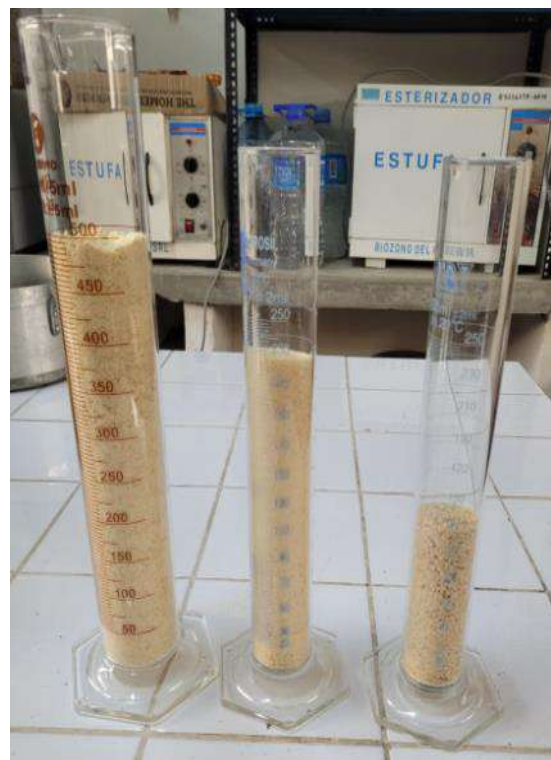
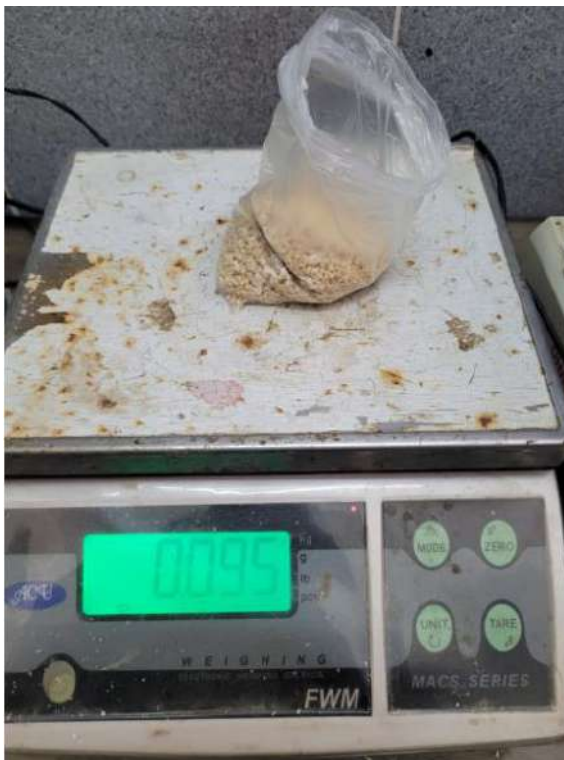
Anexo 10. Batido del proceso de obtención de panela



Anexo 11. Cristalización y enfriado natural de la panela



Anexo 12. Pesado de la panela granulada



Anexo 13. Pesado de impurezas en el proceso de obtención de panela



Anexo 14. Determinación de la humedad de la muestra

