



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR”

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR: ERICK AGUSTO QUIZHPE VALLE

DIRECTOR: ING. CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

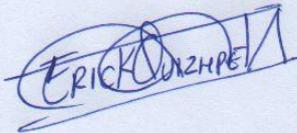
© 2023, Erick Agosto Quizhpe Valle

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

Yo, Erick Augusto Quizhpe Valle, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 20 de enero de 2023



Erick Augusto Quizhpe Valle
230016725-7

Ing. José Marcelo Ramos Flores PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FIRMA

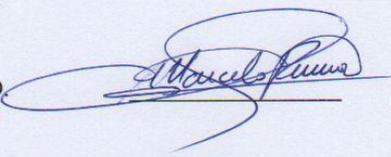
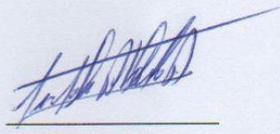
FECHA

Ing. Cristian Carrasco Santiana Espin MSc
DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN

Ing. Luis Fernando Alvarado Alvarado MSc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Trabajo Experimental, “**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR**”, realizado por el señor: **ERICK AGUSTO QUIZHPE VALLE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Marcelo Ramos Flores PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-01-20
Ing. Cristian German Santiana Espín MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-01-20
Ing. Luis Fernando Arboleda Álvarez MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2023-01-20

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi familia, en especial a mis padres, por ser las personas que me han forjado con buenos valores y me han apoyado en cada paso que he dado. También a la persona que formó parte importante de mi vida universitaria.

Erick

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias Pecuarias y a la Carrera de Industrias Pecuarias por ser la institución que me formó como profesional. A los ingenieros Cristian Santiana y Luis Arboleda por dirigirme con sus conocimientos en la elaboración de este trabajo.

Erick

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Caña de azúcar.....	4
2.1.1 Tipos de caña de azúcar.....	4
2.1.2 Características físicas.....	5
2.1.2.1 Color.....	5
2.1.2.2 Sabor.....	6
2.1.2.3 Textura.....	6
2.1.3 Características químicas.....	6
2.1.3.1 pH.....	7
2.1.3.2 Grados brix.....	8
2.1.3.3 Acidez.....	9
2.1.4 Taxonomía.....	9
2.1.5 Propiedades.....	10
2.2 Cultivo de caña de azúcar.....	11
2.2.1 Necesidades climáticas.....	11
2.2.2 Necesidades químicas.....	12

2.2.3	Proceso de siembra	12
2.2.4	Proceso de cosecha	13
2.3	Procesamiento de la caña de azúcar	14
2.3.1	Obtención de jugos.....	15
2.3.2	Fermentación.....	15
2.3.3	Parámetros bromatológicos.....	16
2.3.4	Métodos de conservación	16
2.3.4.1	Físico	16
2.3.4.2	Químico.....	16
2.3.4.3	Ácido Cítrico	17
2.4	Requisitos Físico Químico en Las Norma Técnica Ecuatoriana Inen Para Jugos De Frutas.....	17
2.4.1	Análisis sensorial.....	17

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	19
3.1	Localización y duración del experimento.....	19
3.2	Unidades experimentales	19
3.3	Materiales equipo e instalaciones.....	19
3.3.1	En la elaboración de jugo de caña de azúcar	19
3.4	Tratamientos y diseño experimental.....	20
2.1.	<i>Mediciones experimentales</i>	21
3.5	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	22
3.6	Procedimiento experimental.....	22
3.6.1	Elaboración de jugo de caña de azúcar	22
3.6.1.1	Recepción y selección de la materia prima.....	22
3.6.1.2	Lavado	23
3.6.1.3	Cortado y desfibrado	23
3.6.1.4	Molienda.....	23
3.6.1.5	Filtrado	23
3.6.1.6	Pasteurizado	23
3.6.1.7	Adición de conservante.....	23
3.6.1.8	Envasado y sellado	23
3.6.1.9	Almacenado	24
3.7	Metodología de evaluación	24
3.7.1	Análisis físico-químicos del jugo de caña	24

3.7.1.1	Sólidos Totales (° Brix).....	24
3.7.1.2	Potencial de Hidrógeno (pH).....	24
3.7.1.3	Acidez.....	24
3.7.2	Análisis microbiológicos del jugo de caña	24
3.7.3	Análisis sensoriales del jugo de caña	24
3.7.4	Análisis económico	25
3.7.4.1	Costos de producción	25
3.7.4.2	Beneficio/costo	25

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1	Parámetros fisicoquímicos del jugo de caña	26
4.1.1	pH.....	26
4.1.2	Grados Brix	29
4.1.3	Acidez.....	32
4.2	Parámetros microbiológicos del jugo de caña	34
4.2.1	Coliformes fecales	34
4.2.2	Coliformes totales.....	37
4.2.3	Mohos y levaduras	39
4.2.4	Aerobios mesófilos	42
4.3	Parámetros sensoriales del jugo de caña	44
4.3.1	Análisis sensorial.....	44
4.3.1.1	Olor	45
4.3.1.2	Color	45
4.3.1.3	Sabor	46
4.3.1.4	Apariencia	46
4.4	Análisis económico	46
4.4.1	Beneficio/costo	47
4.5	Diseñar un proceso industrial para la elaboración de jugo de caña de azúcar (<i>Saccharum Officinarum L</i>)	48
4.5.1	Metodología de obtención del jugo de caña de azúcar	48
4.5.1.1	Obtención de la caña de azúcar	48
4.5.1.2	Obtención del jugo de caña de azúcar	48
4.5.1.3	Pasteurización del jugo de caña de azúcar	48
4.5.2	Descripción del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar.....	48
4.5.2.1	Recepción y selección de la materia prima.....	48

4.5.2.2	Pelado y cortado	49
4.5.2.3	Prensado	49
4.5.2.4	Filtrado	49
4.5.2.5	Pasteurización	49
4.5.2.6	Adición de conservante	49
4.5.2.7	Envasado	49
4.5.2.8	Almacenamiento	49
4.5.3	Balance de masa del proceso industrial de jugo de caña de azúcar	50
4.5.4	Dimensionamiento de maquinaria y equipo para el proceso industrial del jugo de caña de azúcar.	51
4.5.5	Proceso industrial del jugo de caña de azúcar en diagrama PFD	52
4.5.6	Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante diagrama P&D.	52
4.6	Diagramas de gestión	52
4.6.1	Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante flujograma.	52
4.6.2	Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante diagrama de operaciones 53	
4.7	Equipos para utilizar en el proceso industrial para elaborar jugo de caña de azúcar.	54
4.7.1	Tolva	54
4.7.2	Peladora de caña de azúcar	54
4.7.2.1	Molino de caña de azúcar	55
4.7.2.2	Pasteurizador de jugos	56
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-4: pH en jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	26
Tabla 2-4: °Brix en jugo de caña en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico ...	29
Tabla 3-4: Acidez en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico.....	32
Tabla 4-4: Coliformes fecales en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico.....	34
Tabla 5-4: Coliformes totales en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	37
Tabla 6-4: Mohos y levaduras en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	39
Tabla 7-4: Aerobios mesófilos en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	42
Tabla 8-4: Análisis sensorial del jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	45
Tabla 9-4: Evaluación económica del jugo de caña elaborado con diferentes niveles de ácido cítrico	47
Tabla 10-4: Balance de masa del proceso industrial de jugo de caña de azúcar	50
Tabla 11-4: Dimensionamiento de Maquinaria y Equipo para el proceso industrial del jugo de caña de azúcar	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1-4: pH a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	27
Gráfico 2-4: pH a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	28
Gráfico 3-4: pH con diferentes niveles de ácido cítrico.....	29
Figura 1-4: Tolva	54
Figura 2-4: Peladora de caña.....	55
Figura 3-4: Molino de caña.....	55
Figura 4-4: Pasteurizadora	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Tabla 1-2:	Composición general de la caña de azúcar	7
Tabla 2-1:	Composición nutricional	16
Tabla 1-3:	Esquema del experimento	21
Tabla 2-3:	Esquema del ADEVA	22
Tabla 1-4:	pH en jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico	26
Tabla 2-4:	°Brix en jugo de caña en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico. .	29
Gráfico 4-4:	°Brix a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	30
Gráfico 5-4:	°Brix a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	31
Gráfico 6-4:	°Brix con diferentes niveles de ácido cítrico	31
Gráfico 7-4:	Acidez a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico.....	32
Gráfico 8-4:	Acidez a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico.....	33
Gráfico 9-4:	Acidez con diferentes niveles de ácido cítrico	34
Gráfico 10-4:	Coliformes fecales a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	35
Gráfico 11-4:	Coliformes fecales a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	36
Gráfico 12-4:	Coliformes fecales con diferentes niveles de ácido cítrico	36
Gráfico 13-4:	Coliformes totales a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	37
Gráfico 14-4:	Coliformes totales a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	38
Gráfico 15-4:	Coliformes totales con diferentes niveles de ácido cítrico	39
Gráfico 16-4:	Mohos y levaduras a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	40
Gráfico 17-4:	Mohos y levaduras a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	41
Gráfico 18-4:	Mohos y levaduras con diferentes niveles de ácido cítrico.....	41
Gráfico 19-4:	Aerobios mesófilos a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico	42
Gráfico 20-4:	Aerobios mesófilos a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico	43
Gráfico 21-4:	Aerobios mesófilos con diferentes niveles de ácido cítrico.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

ANEXO B: LAVADO, PELADO Y CORTADO

ANEXO C: PRENSADO

ANEXO D: FILTRADO

ANEXO E: PASTEURIZACIÓN

ANEXO F: ADICIÓN DE CONSERVANTE

ANEXO G: ENVASADO

ANEXO H: ALMACENAMIENTO

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue diseñar un proceso industrial para la elaboración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la parroquia Luz de América, para lo cual se utilizó 16 L de jugo de caña de azúcar, correspondiente a 16 unidades experimentales, cada una de ellas con un tamaño de 1 L, se evaluó el efecto de diferentes niveles de ácido cítrico (0,1%; 0,15%, 0,2%) como conservante, comparado a un tratamiento testigo sin ácido cítrico (0%), por lo que se contó con 4 tratamientos y cada uno con 4 repeticiones, mismas fueron analizadas mediante análisis de varianza, separación de medias según la prueba de Tukey. ($P \leq 0.05$), prueba de Kruskal-Wallis para las variables organolépticas. La caña de azúcar fue recolectada en la parroquia Luz de América, para ser transportada al laboratorio de la ESPOCH con el siguiente protocolo; la caña de azúcar poseía 19 grados Brix, en buen estado, con coloración verdosa o rojiza, con dimensiones del tallo de 2-3 m. de altura, 4-6 cm. de diámetro. Como resultados en el análisis de beneficio/costo, se determinó que al utilizar 0,1% de ácido cítrico en la elaboración de jugo de caña, se obtuvo un beneficio económico de \$1.639, es decir que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio de 0,639 centavos, así mismo el tratamiento con 0,1% tuvo mejor aceptación sensorial, se concluye que se obtiene 237,15 kg/día de jugo de caña aplicando el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico con un total de 425 envases de 330 ml, por lo que se recomienda utilizar el nivel de 0,1% de ácido cítrico, ya que el mismo mostro mayor aceptación y mejor producción.

Palabras clave: < JUGO DE CAÑA>, < DIAGRAMA DE PROCESOS>, < LUZ DE AMERICA (PARROQUIA)>, < DIAGRAMA DE BLOQUES>, < FLUJOGRAMA >.

0226-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The objective of this research was to design an industrial process of sugar cane juice (*Saccharum officinarum L.*) in the Luz de América parish. 16 L of sugar cane juice were used as a sample. They corresponded to 16 experimental units. The evaluation was based on the comparison of the effect of different levels of citric acid (0.1%; 0.15%, 0.2%) as a preservative with a control treatment without citric acid (0%). There were 4 treatments and each one with 4 replicates analyzed by analysis of variance, separation of means according to Tukey's test ($P \leq 0.05$), Kruskal-Wallis test for organoleptic variables. The sugar cane was collected in the Luz de America parish, to be transported to the ESPOCH laboratory with the following protocol; the sugar cane had 19 degrees Brix, in good condition, with greenish or reddish coloration, with stalk dimensions of 2-3 m. in height, 4-6 cm. in diameter. The results of the benefit/cost analysis determined that by using 0.1% citric acid in the production of sugar cane juice left a revenue of \$1,639 that is to say for that each dollar invested a benefit of 0.639 cents was obtained. Likewise, the treatment with 0.1 showed to be a better sensorial acceptance. It is concluded that 237.15 kg/day of cane juice is obtained by applying the treatment with 0.1% citric acid with a total of 425 containers of 330 ml. Therefore, it is recommended to use the level of 0.1% citric acid, since it showed greater acceptance and better production.

Keywords: <CANE JUICE>, <PROCESS DIAGRAM>, <LUZ DE AMERICA (PARROQUIA)>, <BLOCK DIAGRAM>, <FLUJOGRAM>.

0226-DBRA-UPT-2023

Dra. Gloria Isabel Escudero Orozco

CI. 0602698904

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una gramínea de clima tropical proveniente del sudeste asiático. Esta planta es utilizada principalmente en la industria alimentaria como materia prima para realizar una extensa variedad de productos, entre ellos, el más importante es el azúcar de mesa (Aguirre, 2010).

El cultivo y producción de la caña de azúcar constituyen un sector relevante en la economía de nuestro país, principalmente de algunas ciudades de la costa donde su principal ingreso es la producción de caña de azúcar; en nuestro país la producción de caña la realizan seis ingenios azucareros, siendo La Troncal, Valdez y San Carlos los principales productores, pues abarcan el 90% de la producción nacional (Carvajal & Ramírez, 2003).

Los principales parámetros que intervienen en el desarrollo de este tipo de planta son la temperatura, humedad y luminosidad, el jugo que posee niveles alimenticios bastante completos se encuentra en el tallo de la caña, entre los sólidos solubles de la caña sobresalen la sacarosa, glucosa y fructosa, pero también contiene otros nutrientes y micronutrientes como proteínas, hierro, calcio, fósforo, vitamina B1, vitamina B2 y vitamina C (Aguirre, 2010).

Sin embargo, debido a la presencia de azúcares que contiene este jugo, se hace susceptible a sufrir alteraciones físicas y químicas ocasionadas por levaduras. Este riesgo puede ser evitado aplicando tecnología, utilizando buenas prácticas de manufactura y empleando un proceso térmico, que podría eliminar las levaduras responsables de la formación de etanol a partir de azúcares. Las reacciones de origen bioquímico causan cambios lentos de apariencia, color, aroma, sabor, viscosidad y valor nutricional (Camacho, 2002).

Las diferentes técnicas de conservación buscan detener o retardar estos tipos de deterioro, sobre todo el provocado por los microorganismos, que fácilmente invaden a los jugos, las técnicas más comunes de conservación emplean calor, frío, aditivos y reductores de la actividad del agua (Camacho, 2002).

Entre las técnicas que emplean calor se hallan el escaldado, la pasteurización y la esterilización. Estas son crecientes en cuanto a intensidad de calor, es decir la esterilización emplea mayores temperaturas que la pasteurización y está más que el escaldado (Camacho, 2002).

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En el Ecuador el cultivo de caña de azúcar conforma un sector importante en la producción del país, centrándose en la costa, siendo en varias ciudades el principal sustento. El principal derivado es el azúcar de mesa (Carvajal & Ramírez, 2003).

En su tallo se concentra un jugo de alto valor alimenticio, conformado principalmente por agua y sólidos solubles. De los sólidos solubles se destacan la sacarosa, glucosa y fructosa, además nutrientes y micronutrientes como proteínas, hierro, calcio, fósforo, vitamina B1, vitamina B2 y vitamina C (Aguirre, 2010).

(Camacho, 2002) menciona que los microorganismos son los responsables de las reacciones de degradación que padecen los jugos. Conjuntamente, pero en menor proporción y más lentamente se encuentran las reacciones bioquímicas, las cuales se dan con ciertos compuestos que reaccionan con el oxígeno presente en el aire y ciertos compuestos provocados activamente por enzimas. Estas reacciones microbiológicas generan aceleradas reacciones como la fermentación, dando lugar a alteraciones sensoriales considerables. Las reacciones bioquímicas generan alteraciones lentas de apariencia, color, aroma, sabor, viscosidad y valor nutricional.

1.2 Planteamiento del problema

La industria de jugos sostiene una extensa variedad de productos, sin embargo, aún existen diferentes materias primas que no han sido procesadas a escala industrial; como es la caña de azúcar.

En la parroquia Luz de América se comercializa el jugo de caña de azúcar, el mismo que es extraído de forma artesanal, por lo cual es expuesto a condiciones de higiene deficientes. A esto se le adjunta las reacciones por microorganismos y bioquímicas que se producen en el jugo de caña; señalando principalmente a la fermentación. Por esta razón genera desconfianza a los consumidores, pese a esto su aceptación es alta por su agradable frescura y dulzura.

1.3 Justificación

El trabajo de titulación busca la innovación en esta considerable industria, proponiendo la producción industrial del jugo de caña de azúcar, aportando a la economía de este sector productivo y de del país, por ello se consideró el ácido cítrico para determinar el efecto conservante en el jugo de caña.

La finalidad del presente estudio es solucionar los problemas de conservación del jugo de caña de azúcar que es impedida por la fermentación alcohólica que presenta en el mismo, debido a la cantidad de azúcares presentes en el tallo del que se extrae este jugo.

Con el diseño del proceso industrial de elaboración y conservación de jugo de caña de azúcar se busca obtener un producto aplicando buenas prácticas de higiene, alargando su vida útil y que cumpla los parámetros especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 337:2008.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un proceso industrial para la elaboración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la parroquia Luz de América, Santo Domingo.

1.4.2 Objetivos específicos

Elaborar jugo de caña, utilizando distintos niveles de conservante (0.1, 0.15 y 0.2% de ácido cítrico) para determinar su vida útil.

Realizar los análisis fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 337:2008.

Diseñar el proceso industrial para determinar la viabilidad técnica y económica en la producción de jugo de caña.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caña de azúcar

El presente proyecto tiene como protagonista a la caña de azúcar, una planta de origen asiático, específicamente de Nueva Guinea, posee características muy particulares, dado que se da solamente en climas tropicales, su apariencia es un tallo similar a un tubo que por lo general crecen en grupos de hasta 12 tallos por raíz debido al macollaje. Esta planta requiere de muchos cuidados, por lo general térmicos para optimizar su desarrollo y aprovechar al máximo sus propiedades endulzantes (Yarecuador, 2021, párr. 2).

Uno de los principales derivados de la caña de azúcar es el azúcar de mesa. Desde la década de los 50 se empieza a potenciar la producción de este endulzante en países de América y del Medio Oriente debido a la alta demanda de este producto. Pese a que anteriormente no mantenía las condiciones sanitarias adecuadas para su producción ya se venía procesando y consumiendo en pequeñas proporciones, por lo que poco a poco se ha ido normalizando su elaboración hasta el producto final que se conoce hoy en día (Castro, Moreno, Villadiego, 2019, p. 22).

Con el paso de los años se fueron sumando los demás continentes a este proceso de producir azúcar, aunque en pequeñas cantidades y alrededor de 25 años después. Sin embargo, Asia ha predominado abarcando la mayor cantidad de mercado (Oramas, J, 2009, p.7)

Como se mencionó anteriormente, la caña de azúcar es una planta con propiedades altamente nutritivas y su característica de endulzante la hace aún más especial, razón por la cual el cultivo de esta planta ha estado en el ojo de varios países del mundo a la hora de generar ingresos económicos. Actualmente los mayores productores de caña de azúcar son los países de Latinoamérica y el Caribe, debido a su clima tropical que favorece la producción. Es así que la caña de azúcar se ha convertido en uno de los recursos económicos más explotados del mundo puesto que de esta se obtiene la mayor cantidad de azúcar (Marín, F. et al., 2022, p.7).

2.1.1 Tipos de caña de azúcar

El Ecuador es un país que consta de tres regiones, sierra, costa y oriente, estas dos últimas de clima cálido e húmedo, lo que ha permitido la creación de empresas azucareras y pequeños productores de caña de azúcar en esta zona del país, mismas que producen anualmente millones

de toneladas de caña para cubrir la demanda de azúcar por las familias ecuatorianas (el Viejo, 2019, p. 18).

Alrededor de 5 provincias de la región costa son las responsables de producir caña de azúcar, abarcando casi el 100% de la producción nacional, la mayor parte del territorio costero es dedicado a la siembra de esta planta además de arroz de cebada, cacao y verde que son los principales productos de exportación del país. Solo en el año 2016 se produjeron alrededor de 536 523 toneladas del famoso endulzante de mesa que representa un 8,81% de toda la cosecha de caña. Es decir, de millones de toneladas de caña, se obtiene solo unos cuantos miles de azúcar, sin embargo, es lo necesario para cubrir las necesidades del mercado (Zambrano, 2015, p. 12).

Para optimizar la cosecha de caña de azúcar existen métodos manuales y mecánicos, ambos son usados a la par, sin embargo, la cosecha manual ha superado los niveles de cultivo por parte de los pequeños agricultores, mientras que por el lado de las grandes azucareras predomina la forma mecanizada. De esta manera todos forman parte y colaboran de acuerdo a su capacidad en la producción de este importante recurso alimenticio, permitiendo equilibrar la economía entre grandes y pequeños productores del país (Tarazona, 2012, p. 41).

2.1.2 Características físicas

Todas las plantas poseen características físicas únicas que las diferencian de cada especie, en el caso de la caña de azúcar, su cuerpo toma una forma cilíndrica alargada llamada tallo mismo que está recubierto por fibra, dentro de este se encuentra un líquido conocido como el jugo de la caña. Cada parte de la planta tiene sus propiedades y funciones, la del tallo es mantener el jugo en las condiciones adecuadas, mientras que el jugo compuesto por agua y sacarosa es el que contiene todos los azúcares y nutrientes de la caña. Es importante que la planta se desarrolle en las condiciones de clima y tierra adecuadas, sobre todo un clima cálido, esto ayuda a que sus componentes se conserven en las cantidades correctas (Ecured.cu. 2018 p. 1).

2.1.2.1 Color

Al hablar del color del jugo de la caña, cabe recalcar que este se torna entre café y verde oscuro dependiendo de la edad que tenga, es decir, va variando su color durante su crecimiento, no tiene un color definido. Otra de las causas por las que el color del jugo varía, son las condiciones climáticas y sobre todo de la tierra donde está sembrada la planta, dado que es la que alimenta a la misma, dotándola de los nutrientes que necesita y por ende las características que esta tome (Duarte, Gonzáles, 2019, p. 32).

Otra característica interesante sobre el color del jugo de caña de azúcar es que éste cambia al momento de extraerlo y se vuelve totalmente oscuro debido a la reacción que genera este proceso en sus azúcares puesto que se modifican sus propiedades. Sin embargo, el sabor no cambia, pero si hay que tratarlo de inmediato (Solís-Fuentes *et al.*, 2010).

2.1.2.2 Sabor

El jugo de la caña de azúcar tiene un sabor similar al de la cerveza sin fermentar y una textura viscosa, debido a los diferentes azúcares que componen este jugo, pero al pasar por los distintos tratamientos desde su extracción hasta el producto final, es decir hasta que está listo para ser utilizado como materia prima, el efecto de sabor a malta desaparece por completo quedando un sabor totalmente dulce, se podría decir que es como probar miel (Fretes, 2011, p. 10).

2.1.2.3 Textura

La textura de la caña de azúcar presenta una consistencia viscosa y brillante, lo cual lo hace atractivo para el consumo, a la vez, permite mezclarlo fácilmente con otras sustancias y aditivos con los que se forman las diferentes bebidas que se derivan de este. Su textura no cambia con la manipulación, cosa que si ocurre con su color (Cobeña, Loor, 2016, p. 10).

2.1.3 Características químicas

Para cosechar una caña de azúcar en óptimas condiciones, es importante conocer que la parte principal de esta es su tallo, debido a que de este se derivan todos los productos elaborados a partir de la caña, como es principalmente el azúcar y el alcohol. Por lo tanto, es necesario tratarla con las medidas necesarias desde su plantación hasta su cultivo para que sus componentes se desarrollen y crezcan en buen estado. De esta forma, se podrán aprovechar al máximo sus beneficios al momento de su cosecha y posterior tratamiento. (Larrahondo, 1995 citado por Aguirre, 2010).

La sacarosa, más conocida como azúcar de la caña es la que abarca alrededor del 90% de la composición de su jugo, mismo que está compuesto por agua, una variedad de azúcares, nutrientes y vitaminas, pero en menor porcentaje que su endulzante principal. A estos les siguen un grupo de sales que en conjunto forman el jugo de caña de azúcar. Por esta razón es importante que la planta se desarrolle bajo condiciones que permitan que todos estos componentes mantengan sus propiedades y cantidades adecuadas (Zossi *et al.*, 2010).

La parte más importante de la caña de azúcar es su tallo, esto debido a que es en este que la planta fabrica y deposita el jugo. El tallo está constituido completamente de fibra, la fibra ayuda a mantener el jugo en perfecto estado dado que esta no se disuelve, por lo tanto, sus componentes con las del jugo no se mezclan. El jugo de la caña está compuesto por azúcares de los cuales la sacarosa resalta por ocupar el mayor porcentaje del mismo (Zossi et al., 2010).

Para determinar la pureza del jugo de la caña, es necesario identificar la cantidad de sacarosa que se encuentra en el mismo, a la vez, todos los azúcares que componen el jugo. La unión de todos estos componentes forma el Brix, que, junto a la sacarosa, ayudan a que el jugo mantenga su consistencia presentando una pureza única (Villarreal, 2006, p. 5).

Una vez que se identifica el porcentaje de sacarosa contenido en el jugo, se define el Pol, así mismo, la suma de todas las cantidades de los sólidos solubles se conoce como No Pol o No sacarosa ya que al ser también un soluble pero que ocupa la mayor parte del jugo, no se le agrupa con el resto de azúcares. Esto se debe a que todos estos componentes se miden por su peso en una cantidad de jugo, a esta medida se le conoce como polarimetría de la que se derivan las diferentes categorías de Pol y No Pol (Aguirre, Poveda, 2020, p. 2).

Existe un método para verificar la calidad del jugo de caña, y es medirlo mediante la escala de grados Brix que indica la pureza de este en porcentajes.

Tabla 1-2: Composición general de la caña de azúcar

CAÑA TRITURADA	CAÑA
Agua	73-76
Solidos	24-37
Solidos Solubles	10-16
Fibra seca	11-16

Fuente: James C.P Chen 1991 citado en Campués y Tarupí 2011

2.1.3.1 pH

Uno de los medidores de acidez más utilizados a nivel químico-científico es el pH, gracias a este se puede conocer el nivel de acidez de una solución e identificarla como acida, neutra o básica. El pH se lo mide dentro de un rango que va desde el 0 al 14, se puede decir que mientras más alto es el pH, menor es la acidez y viceversa. Pero si la solución se encuentra en el nivel 7, significa que su pH es neutro (Goyenola, 2007).

Analizado ya el pH del jugo de caña de azúcar, se determina que este es neutro mientras la planta aun no es cosechada, pero ocurre que al momento de extraer el jugo, su acidez aumenta provocando que el mismo jugo modifique sus propiedades creando una panela que le ayude a mantener el sabor, por esta razón es importante ir controlando paso a paso el pH de la planta porque también se da el caso de que al momento de retirar el jugo, su pH sea elevado, provocando que su color cambie a una tonalidad más oscura (MOCOA, 2002).

Como se mencionó anteriormente, el pH es un medidor de acidez, que por el significado de sus siglas indica el potencial de hidrogeno que tiene una solución. Mediante este, se puede conocer en qué escala del 0 al 14 se encuentra una solución, gracias al pH es posible conocer también el porcentaje de basicidad de una disolución debido a que este se relaciona con el pOH que significa potencial de hidróxido. Al analizarlos juntos en una solución se sabe cuan ácida o básica es la misma (Avalos; Ponte, 2019, p. 10).

Se conoce que dependiendo de la cantidad de pH de la solución se la puede identificar como ácida, neutra o básica, es importante saber cuándo corresponde cada caso mediante la utilización de la escala del pH que va del 0 al 14, otro beneficio de conocer el grado de pH, de una solución o materia es que facilita la identificación de un suelo calificándolo como adecuado para el cultivo en este caso de la caña de azúcar, misma que requiere que su suelo tenga un pH de entre 5,5 y 7,5 entre otros requerimientos. De esta manera la caña de desarrollará adecuadamente y se garantiza su sabor, olor y color en las mejores condiciones (MAG, 2003).

2.1.3.2 *Grados brix*

La sacarosa es un sólido que se encuentra en el azúcar. Para medir que porcentaje de sacarosa existe en una cantidad de azúcar puro, se utiliza el grado BRIX, éste es una medida que indica que cantidad de un sólido se encuentra diluido en una solución, normalmente el Brix representa todos los azúcares, aparte de la sacarosa, que componen el jugo, estos azúcares conforman un porcentaje de jugo que al combinarse con la sacarosa crean la panela de la caña, esto se puede medir a partir de los 8 meses de vida de la planta porque a esta edad todos sus compuestos están desarrollados y ya se puede identificar la calidad del jugo (Edison et al., 2011).

Como se mencionó anteriormente, el Brix representa a la unión de todos los azuceres o sólidos solubles contenidos en el jugo de caña. La denominación Brix corresponde a su creador, el alemán Adolf Brix, quien se encargó de realizar los estudios necesarios para lograr perfeccionar la escala

anterior conocida como Balling. Pese a su antigüedad, aun es usada por la industria cervecera (Solis; Pedreschi; Villar, 2017, p. 14).

Al ser un medidor de azúcar es muy utilizado en el sector industrial de los alimentos, sobre todo en las bebidas y aderezos por su dulzura. Esta medida representa a la sacarosa contenida en una solución, indica que, por cada 100 gramos de solución, existe 1 grado Brix o lo que es lo mismo, 1 gramo de sacarosa (Pérez; Ablan, 2009, p. 4)

El azúcar de mesa, químicamente llamado sacarosa, es un carbohidrato compuesto por azúcares como la fructosa y la glucosa, mismas que se encuentran comúnmente en todas las frutas y parte de las verduras. Si analizamos el grado Brix del azúcar, este es del cien por ciento, es decir, si una uva tiene 10 Brix, la misma cantidad tendrá de azúcar por cada 100 gramos de fruta analizada (Alberca, 2019, p. 20).

Un punto importante en cuanto al nivel de azúcar de las frutas es que mientras más maduras se encuentra, más cantidad de sacarosa contiene, por lo que conocer el nivel exacto de azúcar al momento de la cosecha, ayuda a obtener frutas frescas. Así mismo saber el estado de la fruta es indispensable a la hora de venderla puesto que debe cumplir normas de calidad en cuando a los grados Brix establecidos (Checa, 2010, p. 56).

2.1.3.3 Acidez

Toda solución contiene una parte ácida, para conocer qué cantidad de acidez tiene una solución, se utiliza la escala del pH que indica el porcentaje de hidrogeno que se encuentra en la misma. El pH se mide entre un rango del 0 a 14. Si verificamos en una solución el nivel de pH y este es menor a 7, se puede decir que la solución es ácida (Cuellar, 2017, p. 4).

Luego de evaluar mediante el pH cuan ácido es el jugo de la caña de azúcar, se puede identificar dos tipos de acidez, estos son total y volátil, los cuales indican cuando el jugo está listo para ser extraído, si la acidez es total será necesario pasar el jugo por un tratamiento para regular la acidez. La finalidad de este proceso es conocer la calidad del jugo y a partir de aquí aplicar los tratamientos necesarios para cada fin industrial del jugo (Silva et al., 2011).

2.1.4 Taxonomía

Según Ecured.cu (2018 p. 1), la caña de azúcar pertenece a la siguiente escala taxonómica:

Nombre Científico:	Saccharumofficinarum L.
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliatae
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae (Gramíneas)
Tribu:	Andropogoneae
Género:	Saccharum
Especie:	Saccharum Officinarum

2.1.5 Propiedades

Para la elaboración de todos los productos alimenticios que tenemos hoy en día, se ha experimentado con varios productos sin elaborar conocidos como materia prima, entre ellos está la caña de azúcar, que como su nombre lo dice, ha servido de base para la fabricación del azúcar que consumimos. Actualmente se están realizando estudios y tratamientos con la caña de azúcar para poder crear más productos derivados de esta, incluso sustitutos de jugos que ocasionen menos impacto en el medio ambiente (Salazar, 2018).

Luego de utilizar todas estas materias primas, cada una de ellas genera desechos, en el caso de la caña de azúcar, luego de extraer por completo su jugo para sus diferentes fines, quedan sus residuos que se conocen como cachaza, esta y otros más sirven como abono o fertilizante para posteriores cultivos o a su vez como alimento de los animales del campo, debido a su alto contenido de nutrientes (Ecured.cu. 2018 p. 1).

Otro beneficio que tiene el jugo de caña de azúcar es que luego de destilarse y pasar por varios procesos para la obtención del azúcar, queda un residuo como miel el cual es usado para la elaboración de productos como el alcohol y la panela, para cada uno el tratamiento es diferente, pero el resultado es bastante benéfico ya que ayuda a cubrir otras necesidades a más de su uso como azúcar, resultando ser un recurso importante en la producción de estos derivados (Instituto de investigaciones del azúcar, 2014 p. 42).

La panela como se conoce comúnmente es un derivado de los residuos de la caña de azúcar, actualmente se le da diversos usos en el sector gastronómico, por ejemplo, sirve para endulzar el agua, preparar bebidas alcohólicas y si se la derrite a baño María, se pueden hacer decoraciones en pasteles o incluirla en la preparación del mismo. Muchos son los beneficios de este saborizante,

debido a que últimamente se lo usa en muchas recetas, por lo que puede llegar a reemplazar a la misma azúcar (Ecured.cu. 2018 p. 1)

2.2 Cultivo de caña de azúcar

Riegos: Para sembrar la caña de azúcar, es importante contar con un suelo fértil y sobre todo adecuadamente hidratado según los requerimientos científicos, la correcta hidratación hace que la planta se desarrolle mejor durante todo su período de crecimiento. El riego debe realizarse en tiempos y cantidades específicos para no humedecer demasiado el cultivo y provocar la pérdida de este, a causa del agua estancada en pequeños charcos o que la misma planta lo absorba en exceso. Establecer fechas y horarios de riego es de mucha ayuda para saber cuándo es el momento de cosechar, por lo general un mes después de haber suspendido o disminuido la hidratación (Espinoza, 2015, p. 18)

Suelo: Pese a tener exigencias en cuanto al clima y sistemas hídricos, la caña de azúcar no presenta mayor problema por el suelo en el que será sembrada, sin embargo, necesita que este sea suave, es decir una tierra no muy concisa sino más bien algo ligero que le permita crecer con facilidad. Eso no quiere decir que no pueda desarrollarse en otros suelos, lo puede hacer solo que su rendimiento será inferior (Córdova, 2018, p. 16).

En conclusión, lo que necesita la planta de caña de azúcar para crecer y ofrecer sus productos en las mejores condiciones es un medio ambiente seco y fresco, lo que incluye, clima, suelo, luz y agua adecuados. Todo esto impartido durante todo el ciclo de vida de la planta y de ser posible contar con un sistema que permita mantener constantes estos requerimientos, es decir que resguarde la planta de los cambios climáticos que se vayan presentando (Dolores; Aldana, 2011, p. 15).

2.2.1 Necesidades climáticas

Temperatura: La temperatura juega un papel importante en la vida de la planta, debido a que necesita de un grado en específico desde su plantación hasta su germinación y resultado final. Mientras es plantada lo ideal es impartirle una temperatura de entre 14 y 16 °C, por ningún motivo debe llegar a una temperatura inferior, mucho menos a 0°C. Ya luego se le puede brindar mayor temperatura no mayor a los 38°C para completar su germinación (Pérez; Ablan, 2009, p. 4).

Humedad relativa: Es importante controlar la humedad relativa de las plantas puesto que influye mucho en el desarrollo de las mismas, especialmente en la caña de azúcar, esta planta tiene la

característica de desarrollarse solo a temperaturas específicas por lo que la humedad juega un papel importante en su crecimiento. La humedad relativa es una combinación de vapor de agua y aire, mientras esta sea alta, la planta crecerá en buenas condiciones, pero si es baja, acelerará su maduración y no se desarrollará del todo (Córdova, 2018, p. 16).

Radiación solar: Todas las plantas en general cumplen un proceso llamado fotosíntesis que consiste en recibir luz solar, almacenarla y ocuparla para la formación de azúcares, mientras más luz reciban, mejor será su producción de azúcar. En el caso de la planta de caña de azúcar, al igual que las demás plantas, requiere de bastante iluminación o luz solar para que sus componentes se desarrollen de mejor manera. Es importante abastecer de este recurso natural el mayor tiempo posible para que la planta asimile o pueda mantenerse en buen estado durante los cambios climáticos y a la vez optimizar su crecimiento (MOCOA, 2002).

2.2.2 Necesidades químicas

Para la producción de jugo de caña de azúcar es necesario cubrir algunos requerimientos químicos, sin importar el tipo de producto, los requisitos son los mismos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, establece que, de acuerdo con los estudios realizados, existe un nivel mínimo del 75,0% para azúcares totales, es decir, de sacarosa, así como también un nivel aproximado del 11,0% para azúcares reductores, pues para favorecer la granulometría y reducir los cambios reológicos, es necesario contar con un nivel máximo de azúcares reductores (Oramas, J, 2009, p.7).

2.2.3 Proceso de siembra

Existen varios tipos de siembra, es importante conocer cuál es la más adecuada para la semilla que se desea plantar porque no todas requieren de la misma distancia y profundidad. Actualmente se cuenta con maquinaria que facilita estos procesos, sin embargo, en muchos casos aún se conservan las técnicas manuales. Para el cultivo de la caña de azúcar, la mejor opción es la técnica de chorro continuo, se realiza de forma manual y es la más adecuada debido a que ayuda a que la semilla se ubique de forma estratégica garantizando la distancia correcta entre semillas de tal forma que su crecimiento no se vea afectado (Solis; Pedreschi; Villar, 2017, p. 14).

Como ya se mencionó anteriormente, no todas las plantas requieren de las mismas condiciones para germinar, en especial, la profundidad, es una condición diferente para cada planta, por ejemplo, mientras que el maíz necesita de 2cm, las papas requieren de 10cm y en el caso de la caña de azúcar, la profundidad adecuada es de hasta 5cm, esto debido a que a mayor profundidad

una semilla que no lo requiere puede secarse y no llegar a germinar. A veces hay amenazas externas que no permiten que la semilla pueda estar a la distancia requerida, una de ellas son los pájaros que se comen las semillas no tan profundas, para evitar esto obligatoriamente se tiene que poner la semilla a una mayor distancia de la superficie y para mantenerla viva hay que dotarla de una hidratación adecuada (Solís; Pedreschi; Villar, 2017, p. 14).

2.2.4 *Proceso de cosecha*

Para cosechar la caña de azúcar se requiere de mucho tiempo y más si se lo realiza manualmente, para lo cual existen dos opciones, puede ser cosecharla tal cual está, es decir en verde, o primero quemar la planta y luego recogerla. Ambas opciones son válidas, la diferencia es que con la quema el proceso se realiza más rápido debido a que al exponer la planta al calor, se libra de las posibles plagas que pueda tener. Caso contrario ocurre con la cosecha en verde a causa de que, a más de recoger la planta, se tiene que identificar plagas o impurezas que contenga la misma y limpiarla (MAG, 2003).

Como todo proceso tiene su parte positiva y su parte negativa, la técnica de quema pasa de ser una opción de cultivo óptimo a una amenaza para el medio ambiente, debido a que el humo que genera contamina el aire. Otra negativa que encontramos en esta práctica de recolección es que, al exponer el campo de cultivo al calor, hace que la tierra pierda sus propiedades fértiles dejándola parcialmente hábil para una nueva siembra (MAG, 2003).

Tomando en cuenta todas las ventajas y desventajas que genera la cosecha mediante quema, se ha optado por considerar la recolección de caña en verde, de esta manera evitar los impactos medioambientales. Esta técnica se lleva a cabo en más tiempo ya sea que se la realice de forma manual o mediante el uso de maquinaria, puesto que como se explicó anteriormente, hay que eliminar las impurezas o plagas de forma individual y buscar la manera de que los residuos de la cosecha luego de ser procesada puedan ser útiles de una u otra manera, es decir, reciclar los desechos. Por lo tanto, las técnicas de corte y recolección deben ser adecuadas (MAG, 2003).

Para aplicar la técnica de cosecha en verde, se requiere de mucha habilidad, sobre todo al realizar los cortes, pues de esto depende la conservación en buen estado de los residuos. Existe un tipo de corte llamado convencional, ya que es el que normalmente se aplica, consiste en cortar el tallo tal cual está con toda su envoltura, desde la base y listo. Por otro lado, está el corte limpio, como su nombre lo dice, consiste en cortar el tallo, pero a diferencia del anterior, aquí no se conservan las hojas, es decir se corta únicamente el tallo, dejando todo lo demás plantado.

Gracias a la constante innovación en la tecnología, se ha logrado crear maquinaria capaz de cumplir con este proceso de forma más rápida y eficiente, se trata de cosechadoras que hacen todo el trabajo reduciendo los tiempos de cosecha. Están diseñadas para cortar, despuntar y partir los tallos, de tal forma que queden listos para su movilización. Esta maquinaria también tiene la capacidad de dejar el tallo completamente libre de impurezas; en conclusión, es una opción muy rentable para el sector agrícola, sobre todo para optimizar la producción de la caña de azúcar.

2.3 Procesamiento de la caña de azúcar

Para procesar la caña de azúcar y extraer su jugo existen varios métodos, cada país o región usa técnicas de acuerdo con sus costumbres o si hablamos del sector industrial, hay maquinaria adecuada para el proceso. En América Latina, la opción de extracción más usada es la de compresión que consiste en pasar la caña a través de rodillos mecanizados que la aplastan o trituran reduciéndola por completo a una forma aplanada. Para conocer el porcentaje de extracción se requiere de una fórmula en la que intervienen las masas obtenidas tanto de jugo como de caña molida. Con esta información se puede evidenciar y llevar un historial de producción y optimizarlo (Zambrano, 2015, p. 12).

El porcentaje de extracción de jugo de caña también tiene que ver con la potencia de la maquinaria utilizada, cabe recalcar que esta no debe ser forzada para que la calidad del jugo permanezca en perfectas condiciones, debido a que cualquier esfuerzo extra puede generar cambios de temperatura en los rodillos (recalentamiento) e influir en el sabor del jugo. Por lo tanto, hay que llevar un control de la cantidad de cañas que se pueden moler por hora o dependiendo el tiempo máximo que procese la máquina (Zambrano, 2015, p. 12).

Sin embargo, pese a la rentabilidad que genera la extracción del jugo de caña de azúcar, no se invierte lo necesario en la producción de este, debido a falta de conocimiento del tema, por lo tanto, es necesario incentivar y educar a la sociedad para interesarse en este proceso, sobre todo a las autoridades para que se destinen los recursos necesarios que permitan fomentar el cultivo de la caña de azúcar y aprovechar sus beneficios (Zambrano, 2015, p. 12).

Todo el proceso de compresión para extraer el jugo de la caña es un algoritmo de pasos a seguir, que va desde el corte del tallo hasta la extracción del jugo, mediante la deformación de la caña en la maquinaria destinada, misma que gracias al apoyo gubernamental e inversión por parte de las grandes empresas, se puede mejorar tanto en eficiencia como en calidad. Permitiendo aumentar la producción y creación de todos los derivados del jugo de la caña de azúcar. (Díaz, 2012)

2.3.1 Obtención de jugos

Para obtener jugo de la caña de azúcar, esta debe pasar por un proceso de compresión totalmente mecanizado. Actualmente el uso de maquinaria para la extracción es muy usual debido a la cantidad de jugo que se extrae en pocos periodos de tiempo. El proceso consiste en que la caña ingresa a través de un molino que contiene rodillos que van triturando la caña, mientras esta es aplastada, ingresa agua a través de los rodillos que ayuda a que la caña se ablande permitiendo que la extracción sea optima y a la vez se conserve en buen estado el residuo que esta deja (SEITA, 2020)

El residuo de la caña de azúcar es totalmente reciclable debido a las propiedades de la misma. Es posible crear sustitutos como abono, alimento de animales o incluso papel. Sin duda la caña de azúcar resulta ser un producto multipropósito, muy útil a la hora de cuidar el medio ambiente y reducir la explotación de otros recursos que generan un impacto medioambiental negativo (SEITA, 2020)

2.3.2 Fermentación

Para realizar una fermentación la condición principal es que haya ausencia total de oxígeno, este proceso es llevado a cabo por bacterias y levaduras. Este tratamiento se aplica al jugo de caña de azúcar debido a que contiene carbohidratos, es decir azúcares y lo que hace la fermentación es transformar el azúcar en alcohol. La fermentación del jugo hace que este se prepare para procesarlo como bebida alcohólica, principalmente vino, cerveza y ron (SEITA, 2020).

La caña de azúcar contiene la mayor cantidad de azúcares, es por eso que puede pasar por un proceso de fermentación al igual que otras sustancias como la miel o el suero de la leche. Sin embargo, dependiendo el uso que se le quiera dar al jugo, se puede evitar este proceso aplicando un tratamiento que elimine a las levaduras (Puerta, 2010).

Si lo que se desea es utilizar el jugo para fines alimenticios como elaborar azúcar de mesa o panela, se debe controlar el crecimiento de levaduras para evitar que estas fermenten el jugo. El único proceso para eliminar las bacterias es exponer el jugo a altas temperaturas mediante el uso de maquinaria adecuada (Aguirre, 2010).

Como se mencionó anteriormente, el jugo de caña de azúcar se destina para muchos fines, entre ellos la producción de alcohol etílico mediante la fermentación. Este proceso hace que el jugo dulce de la caña adquiera un porcentaje de alcohol aproximado de grado 6. Debido a esto la

industria de bebidas alcohólicas también se ha interesado en la producción del jugo de caña, aumentando su cultivo para este fin (Aguirre, 2010).

2.3.3 *Parámetros bromatológicos*

Tabla 2-1: Composición nutricional

Composición Nutricional		
	Bagazo de caña de azúcar	Paja de trigo
Materia Seca	95.5	96.4
Materia orgánica	94.1	85.1
Proteína	2.63	3.72
Fibra neutro detergente	86.2	76.4
Fibra acido detergente	62.9	45.2
Lignina	19.9	10.3

Fuente: Mercedes González & Nuria García 2020

2.3.4 *Métodos de conservación*

2.3.4.1 *Físico*

Para conservar el jugo de caña de azúcar es necesario aplicar métodos tanto físicos como químicos, es este caso, la mejor opción es exponer el jugo a una temperatura lo suficientemente alta que sea capaz de eliminar todas las bacterias que se encuentren en el mismo. A este proceso se lo conoce como pasteurización, su temperatura puede llegar hasta los 140°, por lo que difícilmente permanecen levaduras (Durán, 2000).

En caso de que permanezcan bacterias, lo ideal es que, una vez terminado el proceso de pasteurización, someter el jugo a una temperatura inversa, es decir, lo más baja posible, para que las bacterias restantes sean eliminadas (Durán, 2000).

2.3.4.2 *Químico*

Otro método indispensable a la hora de conservar un alimento, en este caso el jugo de caña es aplicar conservadores químicos. Estos conservadores son sustancias que, al agregarle al jugo, permiten que este permanezca en buen estado por más tiempo. Cabe recalcar que estas sustancias no generan ninguna variación en la composición del alimento, más bien lo mantiene libre de bacterias durante el tiempo prudente de conservación (Aguilar, 2012).

2.3.4.3 *Ácido Cítrico*

El ácido cítrico es un elemento que se encuentra naturalmente en las frutas ácidas y en algunas verduras como el apio. Forma parte de una gran gama de ácidos orgánicos, sin embargo, el ácido cítrico es débil, debido a su bajo nivel de pH que se encuentra en un nivel 5 aproximadamente (Chemical Safety Facts, 2020).

2.4 **Requisitos Físico Químico en Las Norma Técnica Ecuatoriana Inen Para Jugos De Frutas**

- Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2337) para jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales estipula que los grados brix de las bebidas serán proporcionales al aporte de fruta, con exclusión del azúcar añadido (INEN & 2337, Republic of Ecuador, 2008).
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2337 la cual indica que la acidez máxima para jugos es de 0.50 (INEN & 2337, Republic of Ecuador, 2008).
- Para el pH la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2337:2008, especifica que será inferior a 4.5 (INEN & 2337, Republic of Ecuador, 2008).

2.4.1 *Análisis sensorial*

En el entorno industrial, es decir, donde se elaboran y fabrican todo tipo de productos o alimentos, es importante contar con un sistema de control de calidad que ayude a verificar que los productos terminados, cumplan con los requerimientos y fines para el cual fueron elaborados, así mismo, que su composición o materiales se encuentren en perfecto estado.

En el caso de los alimentos se cumple lo mismo, pero el análisis de control es sensorial, así se verifica la calidad del alimento y de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede mantener o mejorar tanto su composición como su presentación y sacarlo a la venta (Hernandez, 2005).

Dedicarle la importancia que requiere este punto, es muy útil a la hora de presentar el producto al mercado, ya que mediante una pre muestra del alimento, se puede conocer cuál es la aceptación por parte del público objetivo y conocer lo que piensan acerca del producto, sobre todo estar

prestos a aceptar las sugerencias para mejorar. Luego de este paso, ofrecer lo que realmente busca el cliente y tener la plena certeza de que va a funcionar (Hernandez, 2005).

Es importante tener en cuenta que muchas veces el análisis sensorial no genera los resultados esperados, no porque el alimento esté mal, sino que muchas veces depende de los gustos y preferencias del consumidor, Así mismo si tocamos el tema del marketing, un producto se vuelve atractivo desde su presentación, es decir la primera impresión que el cliente tiene de este es lo que le incita a probar y en la mayoría de los casos termina aceptando el producto, esto debido a que este análisis involucra los cinco sentidos, por lo tanto juega completamente con la psicología de la persona. Por eso es de vital importancia pensar en qué es lo que se quiere proyectar tanto con el contenido como con la envoltura de este (Hernandez, 2005).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Localización y duración del experimento.

La investigación se realizó en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, en el Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½, a una altitud de 2740 msnm, 78° 4' de longitud oeste y 1° 38' de latitud sur.

La investigación tuvo una duración de 120 días, en cual se elaboró un jugo de caña de azúcar con diferentes niveles de ácido cítrico.

3.2 Unidades experimentales

Para el desarrollo del trabajo experimental se utilizó 16 L de jugo de caña de azúcar, correspondiente a 16 unidades experimentales, distribuidas en 16 unidades experimentales, cada una de ella con un tamaño de 1 L.

3.3 Materiales equipo e instalaciones

Para el desarrollo de la investigación los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron fueron:

3.3.1 *En la elaboración de jugo de caña de azúcar*

Materiales

- Botellas de vidrio oscuras.
- Ollas grandes.
- Fósforos.
- Cuchillos

- Equipos

- Molino de caña de azúcar
- Cocina.

- Termómetro
- Balanza.
- Mesas
- Mandil

- Insumos

- Caña de azúcar
- Ácido cítrico

- Indumentaria
- Mascarilla
- Cofia
- Botas
- Guantes

- Equipos de laboratorio y materiales
- Equipos y materiales para pruebas físico químicas
- Refractómetro
- PH metro digital
- Solución de Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio
- Vasos de precipitación

- Equipos y materiales para pruebas microbiológicas
- Balanza analítica
- Autoclave
- Estufa
- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Probeta
- Placas Petrifilm
- Agitador magnético
- Cuenta colonias

3.4 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó el efecto de diferentes niveles de ácido cítrico (0,1%; 0,15%, 0,2%) como conservante, comparado a un tratamiento testigo sin ácido cítrico (0%), por lo que se contó con 4 tratamiento y cada uno con 4 repeticiones, como se detalla en el en la tabla 3-1.

Tabla 1-3: Esquema del experimento

Niveles de conservante (ácido cítrico) (%)	Código	Número de repeticiones	TUE*	Total L/Tratamiento
0	T0	4	1	4
0,1	T1	4	1	4
0,15	T2	4	1	4
0,2	T3	4	1	4
TOTAL, L de jugo de caña de azúcar				16

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) y que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Media general

T_i = Efecto de los tratamientos (niveles de ácido cítrico).

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

2.1. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales que se consideraron fueron:

Fisicoquímicas

- pH
- Acidez titulable (%)
- Sólidos solubles (°Brix)

Microbiológicas

- Coliformes totales (UFC/ml)
- Coliformes fecales (UFC/ml)
- Aerobios mesófilos (UFC/ml)
- Mohos y Levaduras (UFC/ml)

Sensoriales (Prueba de escala hedónica)

- Olor
- Sabor
- Apariencia
 - Color

Económico

- Indicadores económicos de costo de producción (dólares/L)
- Beneficio/costo (B/C).

3.5 Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Los resultados que se obtuvieron fueron analizados mediante las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza para las diferencias de las medias. (ADEVA)
- Separación de medias según la prueba de Tukey. ($P \leq 0.05$)
- Prueba de Kruskal-Wallis para las variables organolépticas

Tabla 2-3: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamientos	3
Error experimental	12

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

3.6 Procedimiento experimental

3.6.1 Elaboración de jugo de caña de azúcar

3.6.1.1 Recepción y selección de la materia prima

La caña de azúcar fue recolectada en la parroquia Luz de América, para ser transportada al laboratorio de procesamiento de alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. La caña de azúcar presenta un estado de madurez óptimo, el cual oscila los 19° Brix, se receipta la caña con impurezas adquiridas en su recolección tales como: hojas, raíces, palos y tierra. (Ramos, 2013)

Posteriormente se procedió a inspeccionar el estado de cada una de las frutas, verificando y controlando mediante un análisis organoléptico que la caña de azúcar se encuentre en buen estado y finalmente se realizó una clasificación.

Una coloración verdosa o rojiza en la caña no es aceptada debido a que indica inmadurez (menor contenido de sacarosa) o que se ha iniciado el proceso de fermentación, con lo cual la carga de microorganismos (levaduras) aumenta, respectivamente. (Aguirre, 2010)

Dimensiones del tallo de la caña: 2-3 m. de altura, 4-6 cm. de diámetro.

Color Característico: Amarillo

3.6.1.2 *Lavado*

Se usó una solución clorada para el lavado de la caña de azúcar.

La concentración fue la adecuada para evitar contaminación por microorganismos patógenos y posibles efectos cancerígenos en el consumidor. (Aguirre, 2010)

- Se procedió a lavar la caña restregando el tallo con la solución clorada para desinfectar el mismo.
- Se aplicó agua potable para eliminar el desinfectante posteriormente se escurre.

3.6.1.3 *Cortado y desfibrado*

Se realiza un corte y desfibrado al tallo de la caña para favorecer la extracción del jugo.

3.6.1.4 *Molienda*

La caña de azúcar se lleva a un molino (trapiche) en el cual se procede a la extracción del jugo, debido a la presión ejercida por el molino en el tallo.

3.6.1.5 *Filtrado*

El jugo de caña es tamizado con una malla para retener bagazo arrastrado por las masas. (Ramos, 2013)

3.6.1.6 *Pasteurizado*

La pasteurización se llevó a cabo a una temperatura de 80 - 85° C por un Tiempo de 15 minutos, con el objetivo de lograr una barrera térmica para eliminación de microorganismos. (Aguirre, 2010)

3.6.1.7 *Adición de conservante*

Se añadió el conservante (ácido cítrico), el mismo que debe estar en los límites permitidos.

3.6.1.8 *Envasado y sellado*

Se procede a realizar la esterilización de los envases, inmediatamente se procedió a envasar el jugo de caña, posteriormente se realizó el sellado tomando las debidas precauciones asegurando

que no haya espacios sin sellar con la finalidad de no alterar su vida útil y características organolépticas.

3.6.1.9 Almacenado

El producto final se procedió a almacenar a una temperatura de refrigeración de 2 a 8°C para su conservación. (Simbaña, 2013)

3.7 Metodología de evaluación

3.7.1 Análisis físico-químicos del jugo de caña

Para medir los parámetros fisicoquímicos del jugo de caña se procedió de acuerdo con el siguiente procedimiento:

3.7.1.1 Sólidos Totales (° Brix).

Para efectuar una medición se agrega al prisma una pequeña cantidad de la muestra homogenizada, utilizando una pipeta, luego se observa y se anota la medición del porcentaje de azúcares.

3.7.1.2 Potencial de Hidrógeno (pH).

Se determinó por potenciometría, se colocó 75 g de cada una de las tres muestras bien homogenizadas en un vaso de precipitado de 10 cm³ y se leyó directamente con el potenciómetro.

3.7.1.3 Acidez.

La acidez titulable se determina mediante una titulación ácido-base que permite cuantificar la concentración del ácido presente en el alimento.

3.7.2 Análisis microbiológicos del jugo de caña

Los parámetros microbiológicos del jugo de caña de azúcar se realizaron de acuerdo con los métodos de ensayo establecidos en la tabla de requisitos microbiológicos para los productos pasteurizados de la norma INEN NTE 2337: 2008 para determinar: Coliformes totales, Coliformes fecales, Aerobios mesófilos, Mohos y levaduras

3.7.3 Análisis sensoriales del jugo de caña

Para determinar el grado de aceptación del jugo de caña, se utilizó un método afectivo, aplicando la prueba escalar hedónica verbal. Se seleccionó un panel de 80 catadores no entrenados, de ambos sexos y una edad promedio de 15 a 50 años de acuerdo con la siguiente normativa: Norma (UNE EN ISO 11136:2017): Análisis sensorial. Pruebas hedónicas.

3.7.4 *Análisis económico*

3.7.4.1 *Costos de producción*

Los costos de producción se determinaron: Obteniendo el valor de los egresos totales, siguiendo por el costo de producción el cual se determinó dividiendo el total egresos para la cantidad de jugo obtenida. Se determinó un precio de venta, el cual ayudo a determinar el total de ingresos, ya que el mismo se dividió para la cantidad de jugo obtenida.

3.7.4.2 *Beneficio/costo*

El análisis económico del beneficio/costo se determinó mediante la división de los ingresos y los egresos totales.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta a la interpretación de datos obtenidos de los análisis para evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del jugo de la caña de azúcar, se trabajó con los tratamientos: T0 como tratamiento testigo con 0% de ácido cítrico, T1 con 0,1% de ácido cítrico, T2 con 0,15% de ácido cítrico, y el T3 que correspondió 0,2% de ácido cítrico medidos en diferentes periodos de vida útil, 0,7; 14, y 21 días, los parámetros evaluados fueron: Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Mohos y Levaduras, pH, Aerobios Mesófilos, Acidez, y Brix.

4.1 Parámetros fisicoquímicos del jugo de caña

4.1.1 pH

Los resultados del pH del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: pH en jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Periodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	5,78 a	4,70 b	4,63 bc	4,45 c	0,0087	1,91	0,0001
7 días	5,58 a	4,25 b	3,70 c	3,50 c	0,0131	2,69	0,0001
14 días	5,80 a	4,10 b	3,78 c	3,38 d	0,0179	3,14	0,0001
21 días	5,73 a	4,08 b	3,60 c	3,48 c	0,0269	3,89	0,0001

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

Para el día cero los niveles de ácido cítrico utilizados afectaron estadísticamente ($P < 0,01$) al pH del jugo de caña, por cuanto el pH de 5,78 del grupo control se reduce a 4,45 cuando se utiliza hasta 0,2% de ácido cítrico, por lo que mediante el gráfico 4-1 se puede establecer que a medida que se implementan los niveles de ácido cítrico el pH del jugo de caña se reduce. García (2020) reporta resultados similares cuando evaluó el jugo de caña pasteurizado, obteniendo un pH promedio de 5,37 en el jugo de caña.

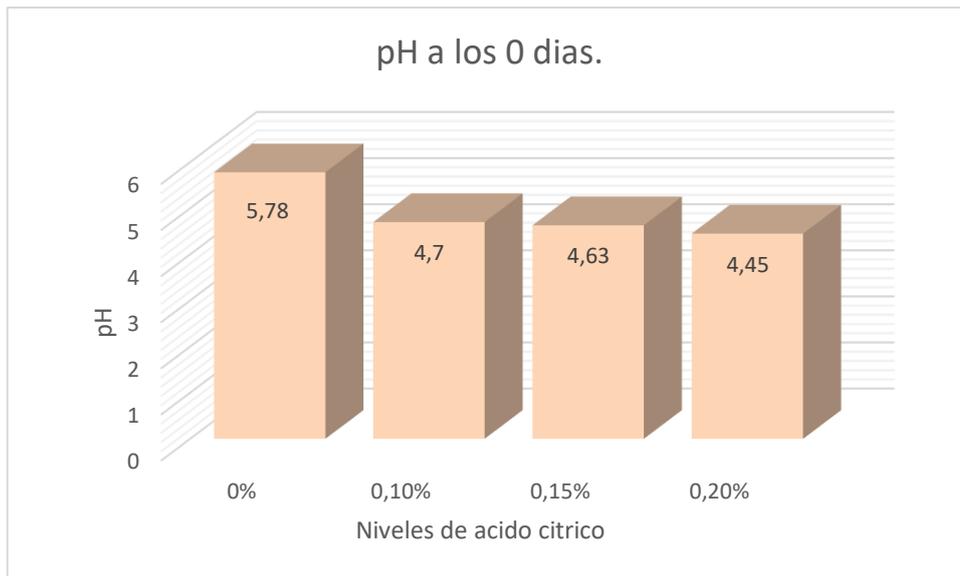


Gráfico 1-4: pH a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

A los siete días el pH del jugo de caña presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) por efecto de los niveles de ácido cítrico, en el grupo control se registra un pH de 5,58, reduciéndose a un pH de 3,50 cuando se utiliza hasta 0,2% de ácido cítrico.

A los 14 días se mantiene la misma tendencia de los periodos anteriores, donde los resultados del pH del jugo de caña reportan diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de los niveles de ácido cítrico, obteniendo un pH de 5,80 perteneciente al grupo control, reduciéndose a un pH de 3,38 cuando se utiliza hasta 0,2% de ácido cítrico.

Finalmente, los resultados para el pH del jugo de caña a los 21 días reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de los niveles de ácido cítrico, el pH de 5,73 del grupo control se reduce a 3,48 cuando se utiliza hasta 0,2% de ácido cítrico, por lo que mediante el gráfico 3-2 se puede establecer que a medida que se implementan los niveles de ácido cítrico el pH del jugo de caña se reduce.

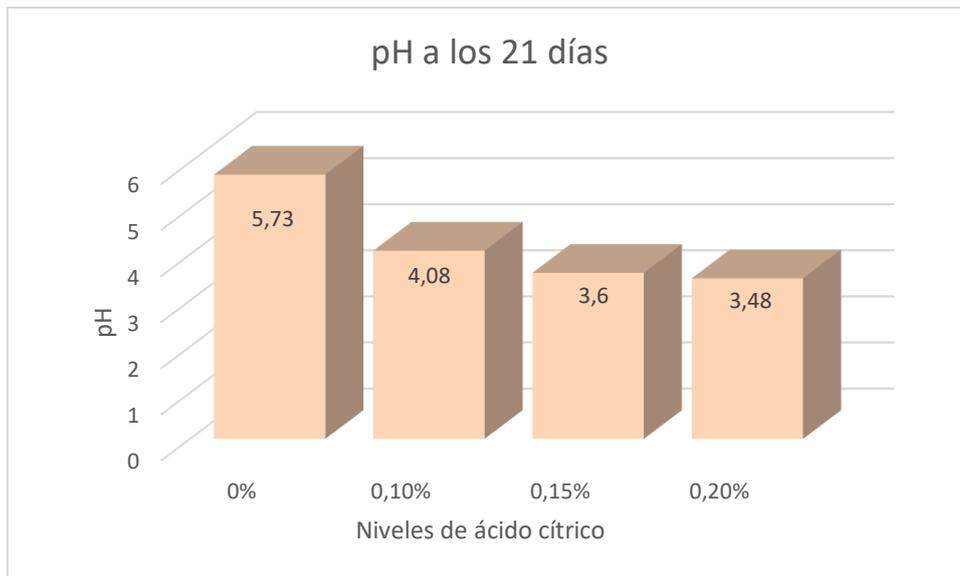


Gráfico 2-4: pH a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

En los periodos de vida útil el pH del jugo de caña de azúcar reportó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), debido al efecto de los niveles de ácido cítrico, el menor y mayor valor de los niveles de ácido cítrico fueron el 0,2 y 0% respectivamente; el mismo que influye en el pH del jugo de caña de azúcar, mientras se aplique más cantidad de ácido cítrico menor será el pH del jugo de caña de azúcar.

Todos los valores registrados en la presente investigación tienen similitud con investigaciones anteriores donde se mide el pH del jugo de caña; Chauhan et al., (2002) en estudios de preservación de jugo de caña encontraron valores de pH de 5,08; mientras que Solis en (2010) durante la obtención de jarabes fructosados a partir de jugo de caña de azúcar presentó valores de pH de 4,22; por lo que podemos determinar que añadir ácido cítrico como conservante natural del jugo de caña no altera en este parámetro.

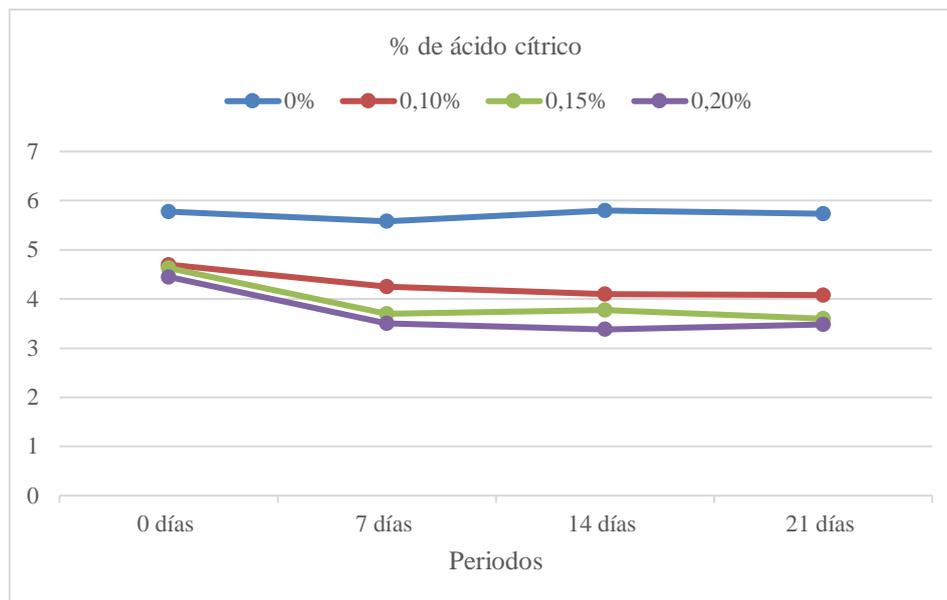


Gráfico 3-4: pH con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.1.2 Grados Brix

En la tabla 4-2 se determinan los resultados de °Brix del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil:

Tabla 2-4: °Brix en jugo de caña en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Periodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	21,60 a	21,35 a	21,03 a	20,58 a	0,5971	3,66	0,3155
7 días	21,33 a	19,70 b	18,63 c	17,98 d	0,0602	1,26	0,0001
14 días	21,28 a	19,05 b	18,20 bc	17,30 c	0,2831	2,81	0,0001
21 días	21,58 a	18,45 b	17,75 bc	17,05 c	0,1381	1,99	0,0001

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

Los °Brix del jugo de caña a los cero días reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de los niveles de ácido cítrico, teniendo 20,58 °Brix cuando se aplica 0,2% de ácido cítrico, aumentando a 21,60 °Brix perteneciente al grupo control. Por lo que mediante el gráfico 4-4 podemos determinar que a medida que se implementa el ácido cítrico tiende a disminuir levemente los °Brix. Corroborando lo descrito por Cobeña et al., (2016) quien en su estudio de caracterización físico-química del jugo de caña de azúcar, reporta un valor de 21,89 °Brix.

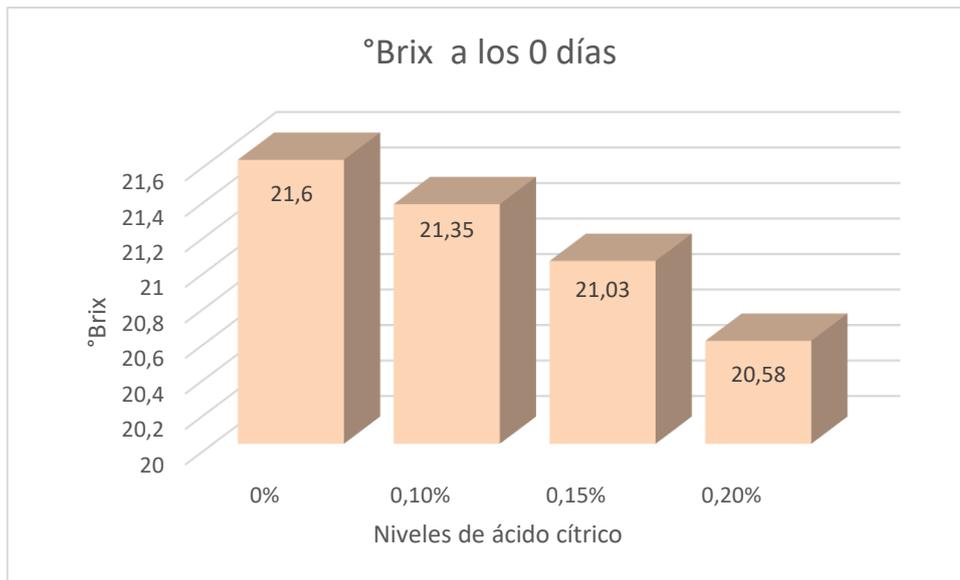


Gráfico 4-4: °Brix a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

A los siete días los valores de °Brix del jugo de caña reportaron que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), se mantuvo la misma tendencia que en el periodo anterior, el efecto de los niveles de ácido cítrico tiende a disminuir los °Brix teniendo 17,98 °Brix cuando se aplica 0,2% de ácido cítrico, comparación al tratamiento con 0% de ácido cítrico con un valor 21,33 °Brix.

En el día 14 los °Brix del jugo de caña reportan que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), el tratamiento con menor valor corresponde al 0,2% de ácido cítrico con 17,30 °Brix; el mayor valor fue para el tratamiento con 0% de ácido cítrico con 21,28 °Brix.

Finalmente, los valores a los 21 días los °Brix del jugo de caña reportan que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), el tratamiento con menor valor corresponde al 0,2% de ácido cítrico con 17,05 °Brix; el mayor valor fue para el tratamiento con 0% de ácido cítrico con 21,58 °Brix. Mediante el grafico 4-5 podemos establecer que se mantuvo la misma tendencia en los °Brix reportados en los periodos de vida útil del jugo de caña de azúcar, ya que los tratamientos con mayor y menor valor de fueron 0 y 0,2% respectivamente; esto debido al efecto del ácido cítrico, el cual funciona como regulador del pH, influyendo ligeramente en la disminución de los °Brix del jugo de caña de azúcar.

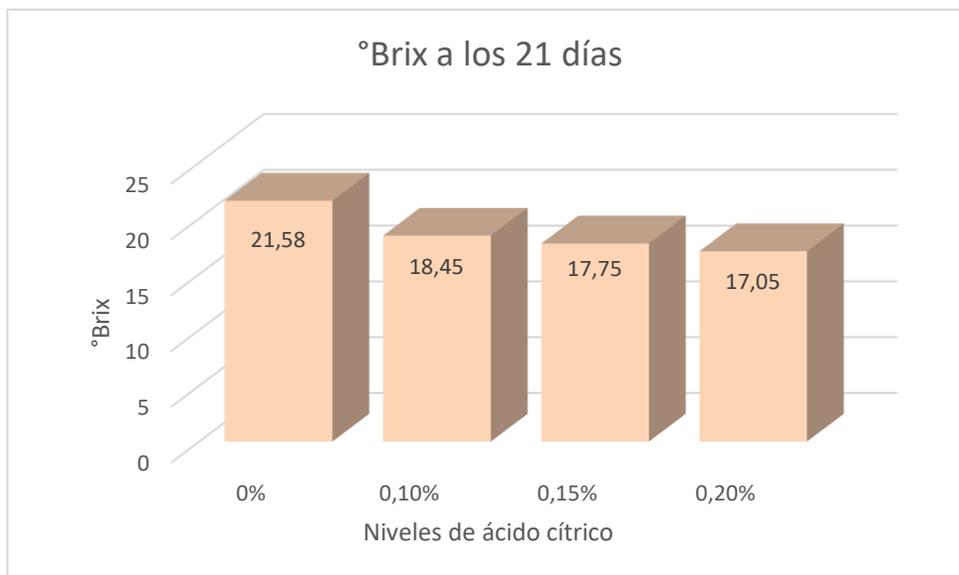


Gráfico 5-4: °Brix a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

En la presente investigación los valores promedios de los °Brix del jugo de caña de cada uno de los tratamientos, se encuentran dentro de los rangos aceptables, según Osorio (2007), citado por Benítez y Guagalango (2011), que argumenta que la concentración de los sólidos solubles en el jugo de la planta madura de caña de azúcar que ingresa a fábrica puede variar en épocas de lluvia entre (17–19) ° Brix y en épocas secas de (19 – 22) ° Brix, además Ramírez et al., (2014) indica que los grados Brix de los jugos normalmente deben fluctuar entre 16 y 24.

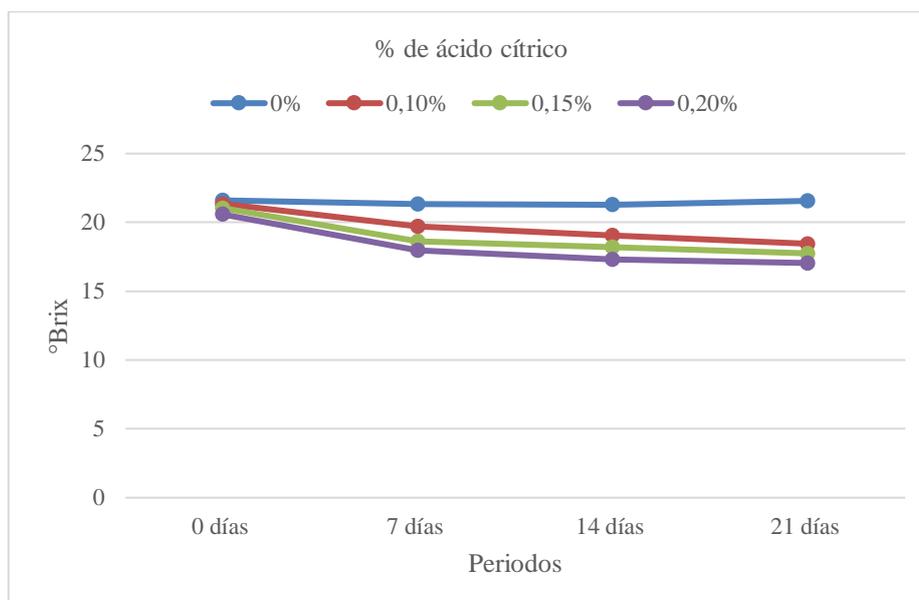


Gráfico 6-4: °Brix con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.1.3 Acidez

La descripción de los resultados de Acidez del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Acidez en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Periodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	0,12 b	0,12 b	0,19 a	0,19 a	0,00	0,00	0,000
7 días	0,12c	0,12c	0,19 b	0,22 a	0,00	0,00	0,000
14 días	0,12 d	0,16 c	0,22 b	0,26 a	0,00	0,00	0,000
21 días	0,16 d	0,22 c	0,28 b	0,32 a	0,00	0,00	0,000

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

El análisis de varianza de la acidez del jugo de caña a los cero días reportó que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), el efecto de los niveles de ácido cítrico tiende a aumentar la acidez, teniendo 0,19 cuando se aplica 0,2% de ácido cítrico, disminuyendo a 0,12 perteneciente al grupo control. Corroborando lo descrito por Cobeña (2016), quien en su estudio de caracterización físico-química del jugo de caña de azúcar, menciona que la acidez aumenta cuando el pH tiende a disminuir.

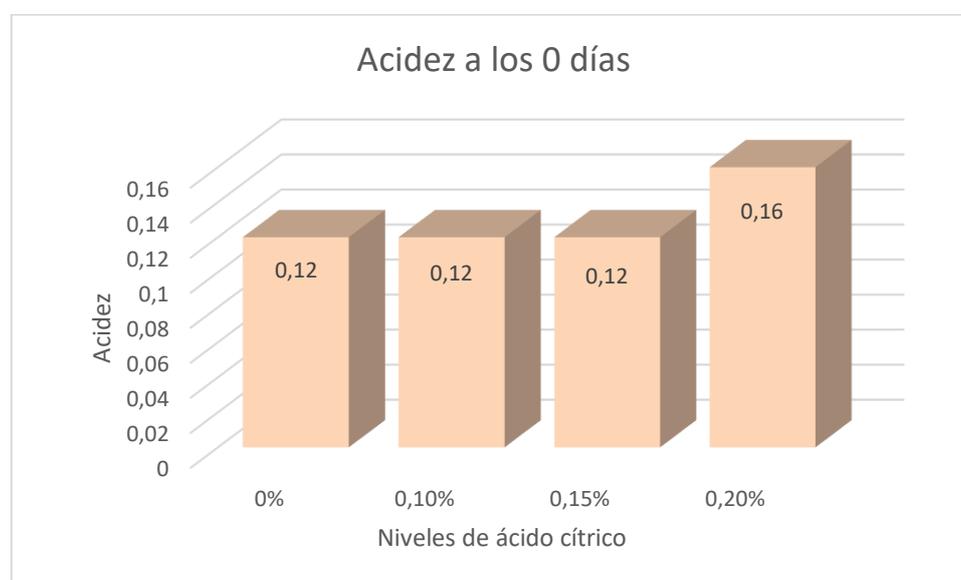


Gráfico 7-4: Acidez a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

A los siete días en la acidez del jugo de caña reportan diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), teniendo como menor valor el tratamiento del grupo control, con 0,12, aumentando a 0,22 cuando se utiliza 0,2% de ácido cítrico.

En el día 14 para la acidez del jugo caña se observa la misma tendencia de los casos anteriores, existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), el tratamiento con menor valor corresponde al tratamiento con 0% de ácido cítrico con 0,12; el mayor valor fue para el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico con 0,26.

Finalmente, los valores a los 21 días la acidez del jugo de caña reporta diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), el tratamiento con menor valor corresponde al 0% de ácido cítrico con 0,16; el mayor valor fue para el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico con 0,32. En todos los periodos de la vida útil del jugo de caña de azúcar se reportó la misma tendencia, ya que los tratamientos con menor y mayor valor de acidez fueron 0 y 0,2% respectivamente; esto debido al efecto del ácido cítrico, el cual funciona como regulador del pH, el cual está directamente relacionado con la acidez, mientras el pH disminuye por la adición de ácido cítrico la acidez aumenta.

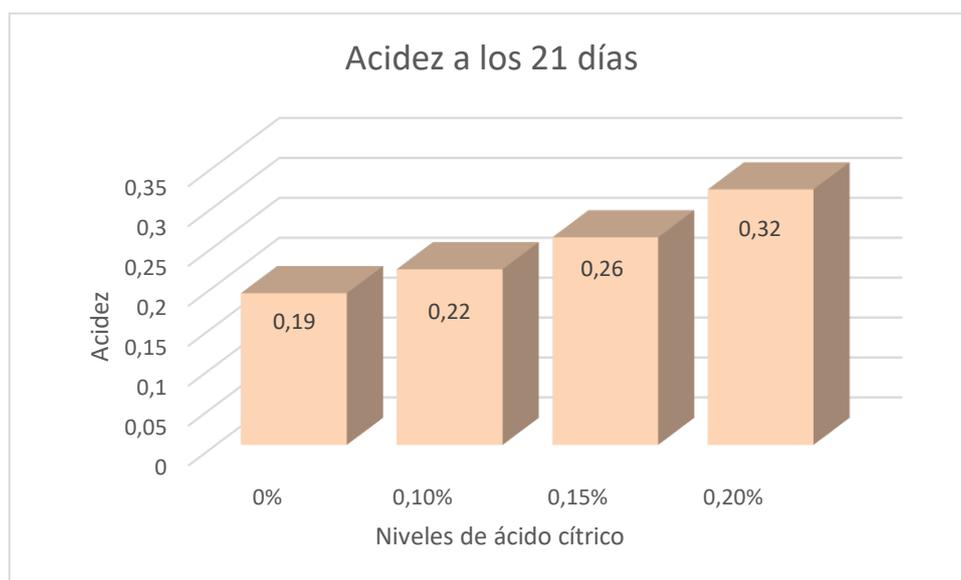


Gráfico 8-4: Acidez a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023

Zossi et al., (2010), indica que los ácidos orgánicos en el jugo constituyen una parte variable, pero significativa, del total de no azúcares solubles de la caña, y a ellos se debe la mayor proporción de la acidez titulable del jugo, la mayoría está presente en concentraciones relativamente bajas, como productos normales del metabolismo.

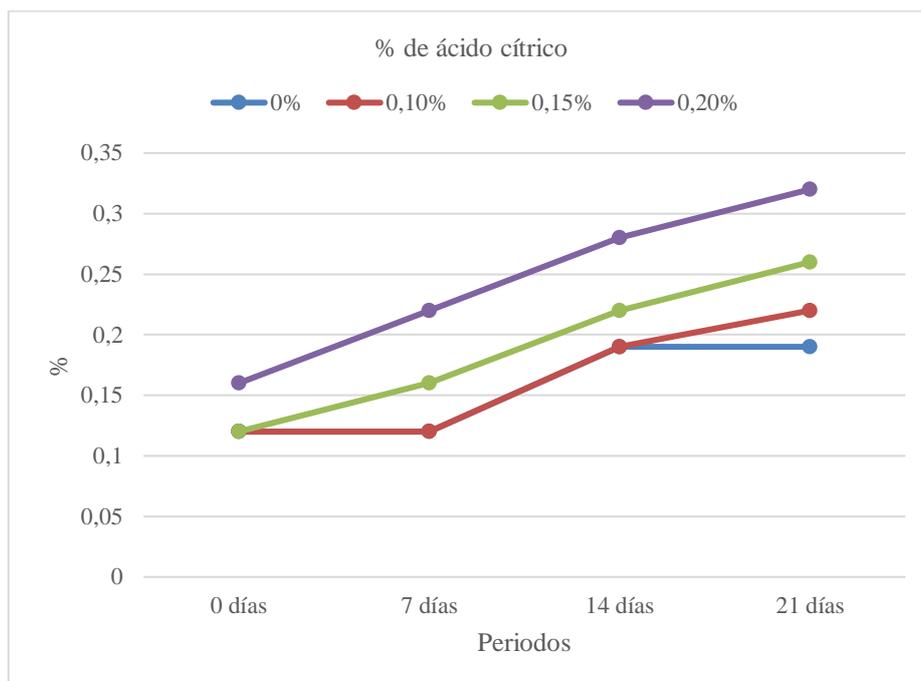


Gráfico 9-4: Acidez con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.2 Parámetros microbiológicos del jugo de caña

4.2.1 Coliformes fecales

En la tabla 4-4 se detallan los resultados de coliformes fecales del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil:

Tabla 4-4: Coliformes fecales en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Períodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	1,50 a	1,33 a	1,50 a	2,00 a	0,3095	36,00	0,6331
7 días	1,00 a	2,00 a	1,50 a	1,50 a	0,1875	27,35	0,1318
14 días	1,33 c	1,00 c	0,00 a	0,00 b	0,2222	39,28	0,4950
21 días	1,00 c	1,67 c	0,00 b	0,00 a	0,1667	30,62	0,1161

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

Los resultados obtenidos a los cero días para unidades de coliformes fecales en el jugo de caña reportan que no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$), encontrando en el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico el menor valor, con 1,33 UFC/ml; y cuando se utiliza 0,2% de ácido cítrico se

encontró el mayor valor con 2,00 UFC/ml. Por lo que mediante el grafico 4-10 observamos que todos los valores se encuentran por debajo del límite permitido en la NTE INEN 2 337:2008 que establece que el nivel de aceptación es de <3 UFC/ml.

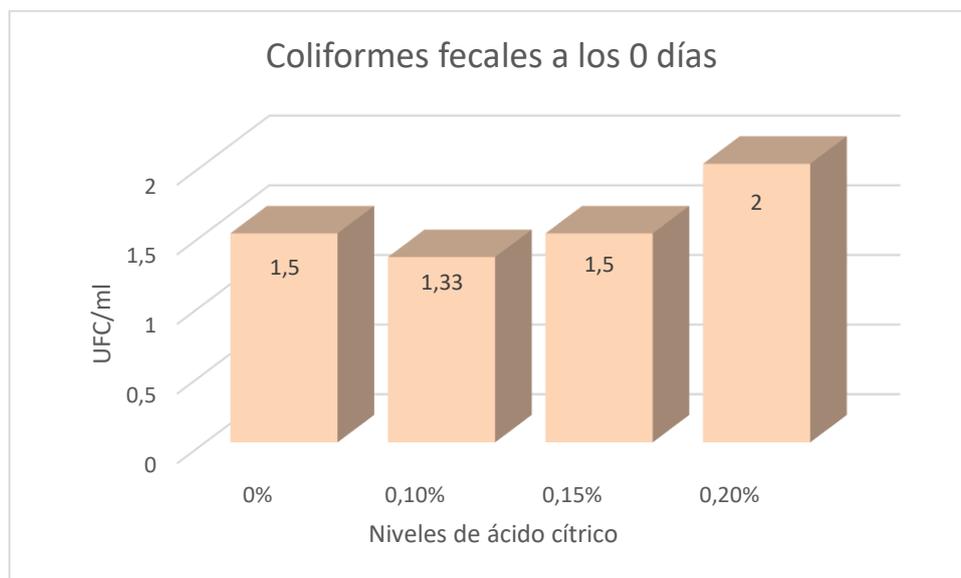


Gráfico 10-4: Coliformes fecales a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

A los siete días en los coliformes fecales en jugo de caña se observa el mismo patrón, no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), teniendo 1,00 UFC/ml en el tratamiento con 0% de ácido cítrico; mientras que el mayor valor se reportó cuando se utiliza 0,1% de ácido cítrico con 2,00 UFC/ml.

En cuanto a los resultados a los 14 días para coliformes fecales en el jugo de caña se reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), los tratamientos con 0 y 0,1% de ácido cítrico reportaron valores de 1,33 UFC/ml y 1,00 UFC/ml respectivamente, mientras que los tratamientos con 0,15 y 0,2% de ácido cítrico no reportaron UFC/ml.

A los 21 días se reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$) siendo el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico el que demostró menor valor con 1,00 UFC/ml, en comparación al tratamiento con 0% que proyectó un valor de 1,67UFC/ml, los tratamientos con 0,15 y 0,2% no reportaron valores como se establece en el grafico 4-11. La ausencia de coliformes fecales en los tratamientos con 0,15 y 0,2% de ácido cítrico, se debe a la acción bactericida del ácido cítrico, corroborando lo descrito por Aguirre et al., (2016), quien en su estudio del jugo de caña de azúcar envasado en vidrio menciona que entre los usos del ácido cítrico esta regular el pH, proporcionar un efecto antifúngico y bactericida y aportar un sabor ácido a las bebidas.

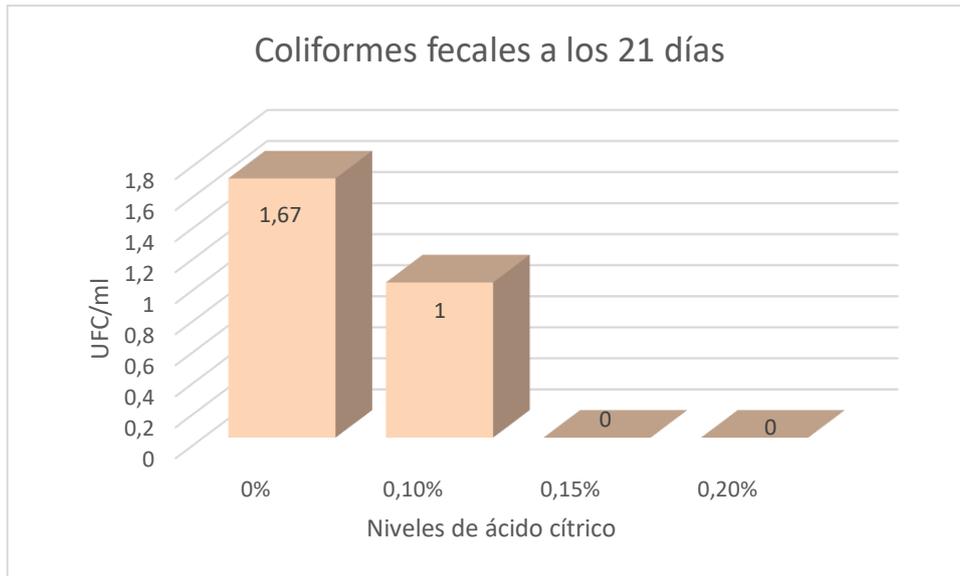


Gráfico 11-4: Coliformes fecales a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

Todos estos valores se encuentran por debajo del límite permitido por la norma NTE INEN 2 337: 2008 (<3UFC/ml), es decir es un producto apto para el consumo, López (2013), en su estudio de obtención y caracterización del jugo de caña de azúcar y su viabilidad económica, concluye que es importante que el rango del pH debe estar entre 3,40 a 5,34 para evitar el crecimiento de diversos microorganismos que puedan causar enfermedades, debido a este rango del pH ningún valor supero el límite permitido por la norma, además se demuestra la asepsia que se mantuvo durante todo el proceso de extracción y conservación del jugo de caña.

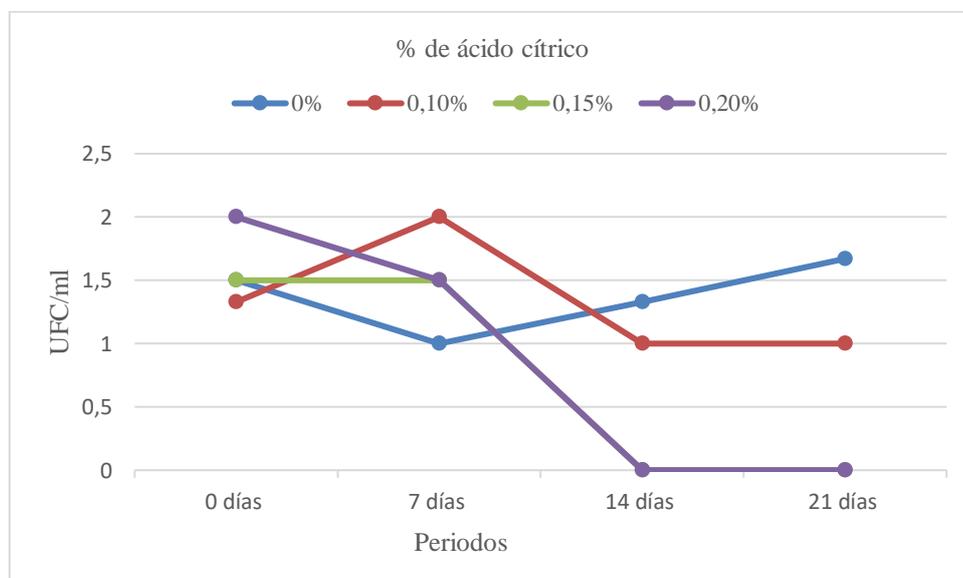


Gráfico 12-4: Coliformes fecales con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.2.2 Coliformes totales

Los resultados obtenidos en Coliformes totales del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5-4: Coliformes totales en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Períodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	1,50 a	1,67 a	1,67 a	2,00 a	0,2917	32,40	0,7696
7 días	1,75 a	1,75 a	1,00 a	1,00 a	0,1875	28,87	0,1189
14 días	1,50 a	1,50 a	1,50 a	1,00 a	0,5000	49,50	0,9279
21 días	1,33 b	1,50 b	0,00 a	2,00 b	0,3333	38,49	0,6339

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

El análisis de varianza para unidades de coliformes totales a los cero días en el jugo de caña, reporta que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), registrando 1,50 UFC/ml perteneciente al tratamiento control, aumentando ligeramente a 2,00 UFC/ml cuando se utiliza 0,2% de ácido cítrico, como se demuestra en el grafico 4-13.

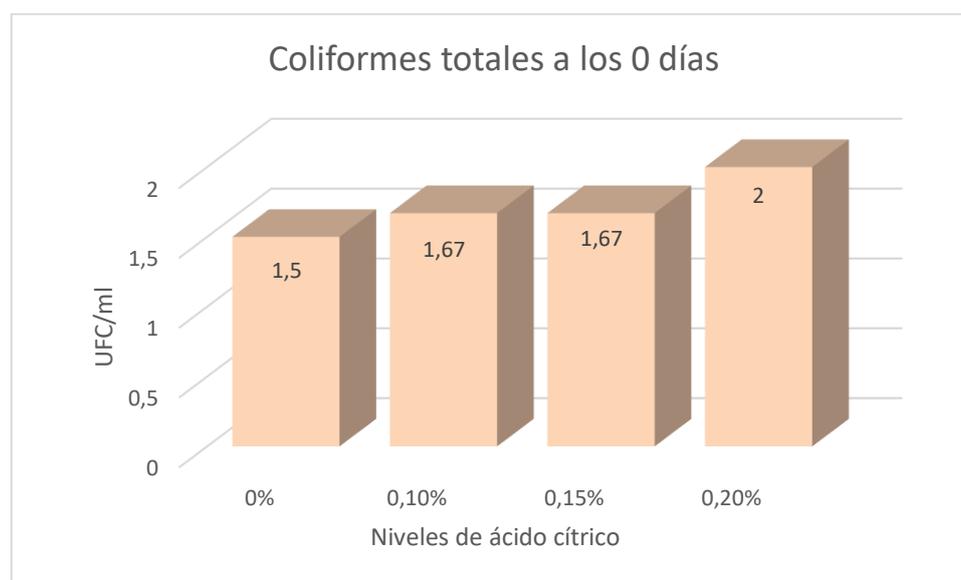


Gráfico 13-4: Coliformes totales a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

A los siete días los coliformes totales en el jugo de caña presentan que, no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), reportando 1,75 UFC/ml para los tratamientos con 0 y 0,1% de ácido cítrico;

mientras que para los tratamientos con 0,15 y 0,2% de ácido cítrico se reportó un valor de 1,00 UFC/ml.

Los valores al día 14 para los coliformes totales en el jugo de caña siguen reportando que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), encontrando el mayor valor en el tratamiento con 0%, 0,1 y 0,15% de ácido cítrico con 1,50 UFC/ml; reduciéndose a un valor de 1,00 UFC/ml cuando se utiliza 0,2% de ácido cítrico.

A los 21 días para los coliformes fecales en el jugo de caña se encontraron que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), siendo el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico que demostró el menor valor con 1,33 UFC/ml, en comparación a los tratamientos con 0,1 y 0,2% de ácido cítrico que proyectaron valores de 1,50 y 2,00 UFC/ml respectivamente, el tratamiento con 0,15% de ácido cítrico no reporto valores, como se demuestra en el grafico 4-14.

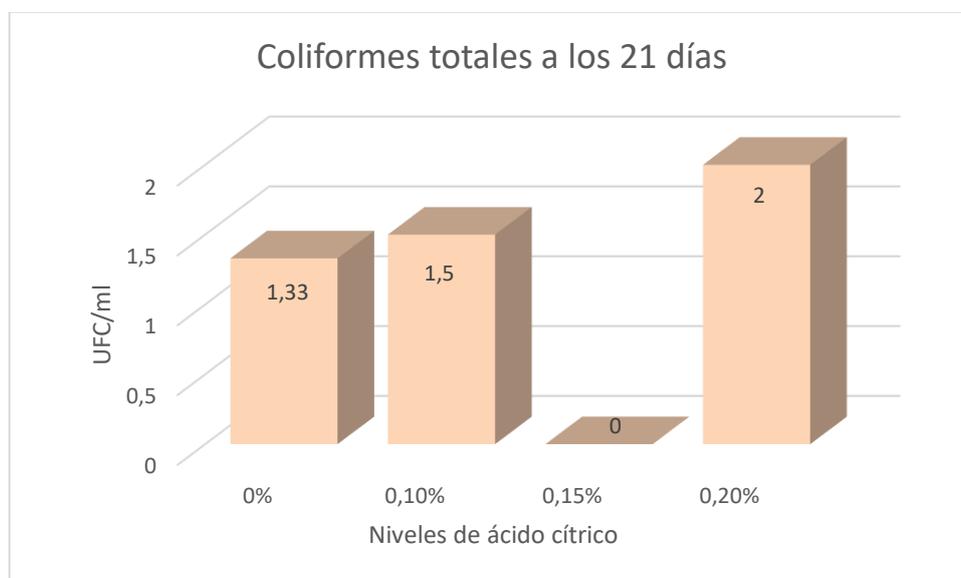


Gráfico 14-4: Coliformes totales a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023

La norma NTE INEN 2 337:2008 para este parámetro indica que el valor máximo debe ser <3 UFC/ml, en este parámetro todos los tratamientos y repeticiones se encuentran muy por debajo de este límite, haciendo un producto seguro para el consumo; y demostrando además que el procedimiento se realizó con buenas prácticas de manufactura.

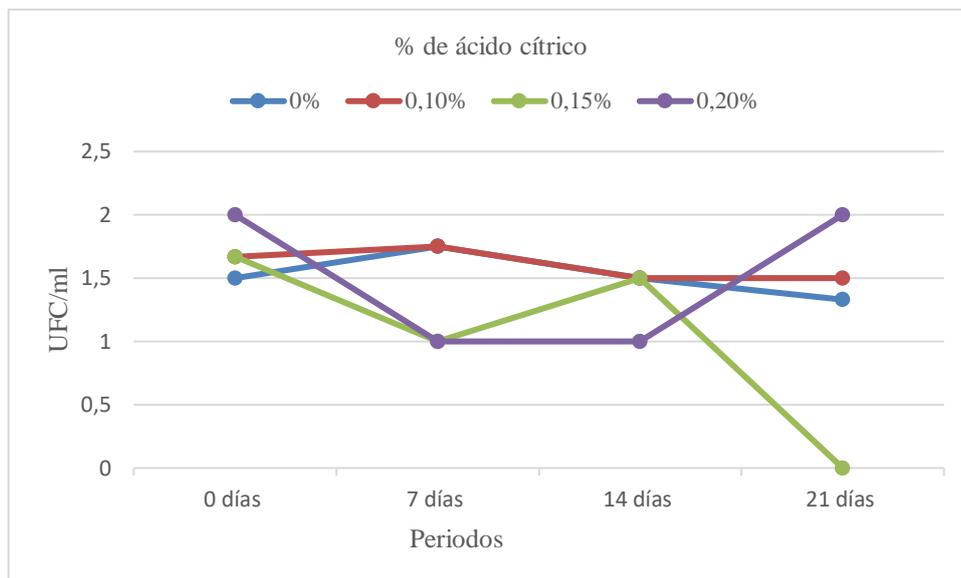


Gráfico 15-4: Coliformes totales con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.2.3 Mohos y levaduras

En la tabla 4-6 se especifican los resultados obtenidos en Mohos y Levaduras del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil:

Tabla 6-4: Mohos y levaduras en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Períodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	2,75 a	2,50 a	2,00 a	1,75 a	0,5417	32,71	0,2553
7 días	5,25 a	4,75 a	4,75 a	4,00 a	1,5208	36,31	0,5707
14 días	7,00 a	6,75 ab	5,50 ab	4,75 b	1,0417	17,01	0,0277
21 días	7,50 a	7,00 a	6,50 a	6,00 a	0,8333	13,52	0,1678

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023

Los valores obtenidos a los cero días para mohos y levaduras en el jugo de caña de azúcar con diferentes niveles de ácido cítrico reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$), el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico registro un valor de 1,75 UFC/ml; aumentando hasta 2,75 UFC/ml perteneciente al grupo control. El grafico 4-16 establece la tendencia a disminuir el crecimiento de mohos y levaduras por efecto de los niveles de ácido cítrico aplicados en el jugo de caña de azúcar.

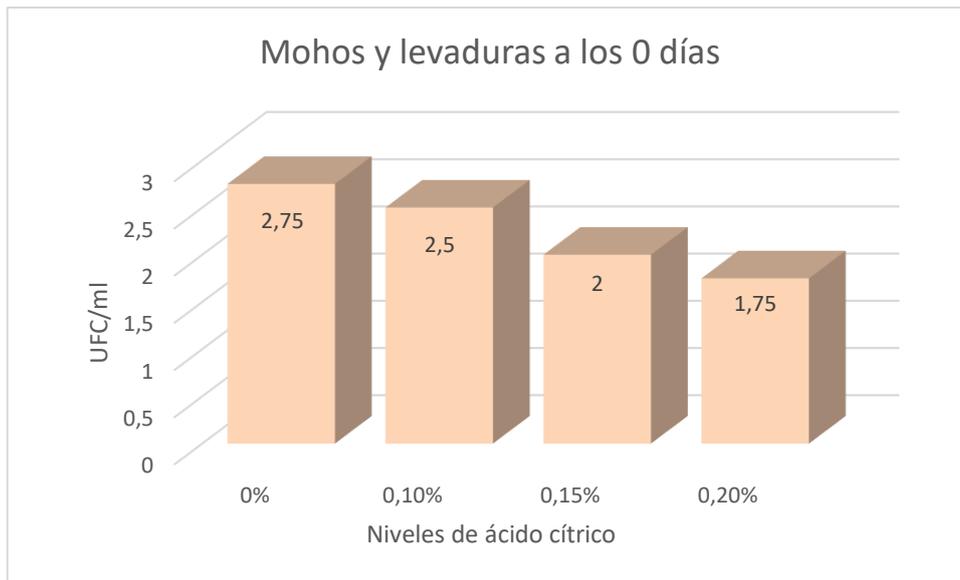


Gráfico 16-4: Mohos y levaduras a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023

Para el día siete los mohos y levaduras en el jugo de caña reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por cuanto el menor valor para los mohos y levaduras fue de 4,00 UFC/ml perteneciente al tratamiento con 0,2% de ácido cítrico, aumentando a 5,25 UFC/ml del grupo control.

Para el día 14 los mohos y levaduras en el jugo de caña presentan que existen diferencias significativas ($P < 0,05$), siendo el menor valor el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico con 4,75 UFC/ml y el valor más alto en el tratamiento testigo con 0% de ácido cítrico con 7,00 UFC/ml.

Finalmente, los resultados a los 21 días mantuvieron la misma tendencia, es decir mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico registro un valor de 6,00 UFC/ml; aumentando a 7,50 UFC/ml perteneciente al tratamiento con 0% de ácido cítrico.

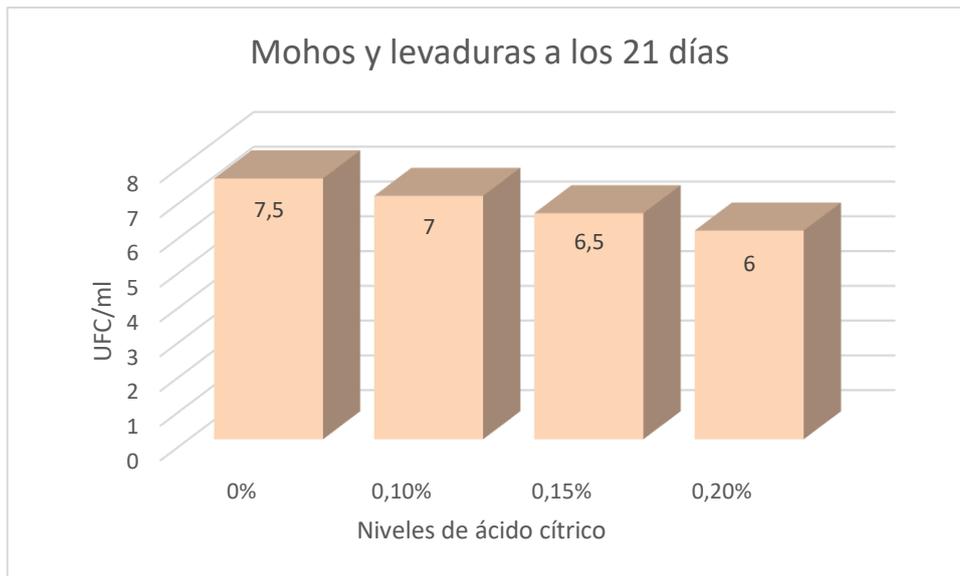


Gráfico 17-4: Mohos y levaduras a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

Aguirre (2011), en su estudio de jugo de caña de azúcar envasado en vidrio, menciona que el ácido cítrico se agrega a las bebidas para regular el pH, el mismo que proporciona un efecto antifúngico y bactericida. Por ende, el ácido cítrico es un inhibidor para el crecimiento de mohos y levaduras. Los valores reportados para mohos y levaduras también están por debajo de lo recomendado por la Norma INEN 2337:2008; donde indica que los valores deben estar por debajo de 10 UFC/ml.

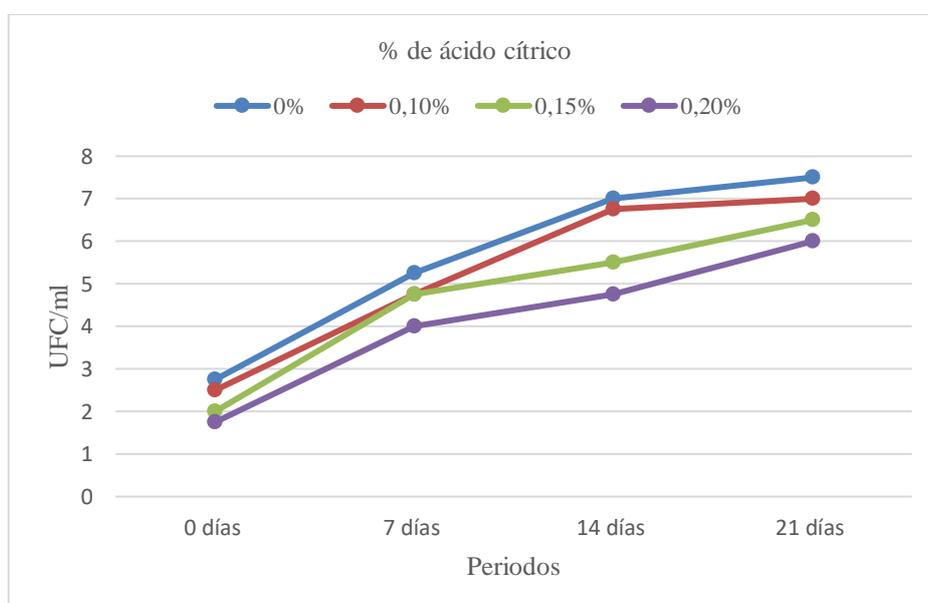


Gráfico 18-4: Mohos y levaduras con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.2.4 Aerobios mesófilos

Los resultados de aerobios mesófilos del jugo de caña evaluado en diferentes periodos en determinación de su vida útil se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7-4: Aerobios mesófilos en el jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Periodos	Niveles de ácido cítrico				E.E	C.V(%)	Prob.
	0 %	0,1 %	0,15 %	0,2 %			
0 días	4,00 a	3,00 a	2,75 a	2,25 a	1,1250	35,36	0,1793
7 días	3,75 a	2,75 a	2,25 a	2,50 a	0,9375	34,43	0,1929
14 días	4,00 a	2,50 a	2,50 a	2,25 a	0,7292	30,36	0,0491
21 días	4,00 a	2,75 ab	2,75 ab	2,00 b	0,6250	27,50	0,0263

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

A los cero días en el análisis del parámetro aerobios mesófilos en el jugo de caña, reporta que no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$); el valor más bajo reportado es el del tratamiento con 0,2% de ácido cítrico con 2,25 UFC/ml, aumentando a 4,00 UFC/ml perteneciente al tratamiento con 0% de ácido cítrico. En el grafico 4-19 podemos establecer que a medida que se implementa el ácido cítrico disminuyen levemente las UFC/ml en el jugo de caña de azúcar.

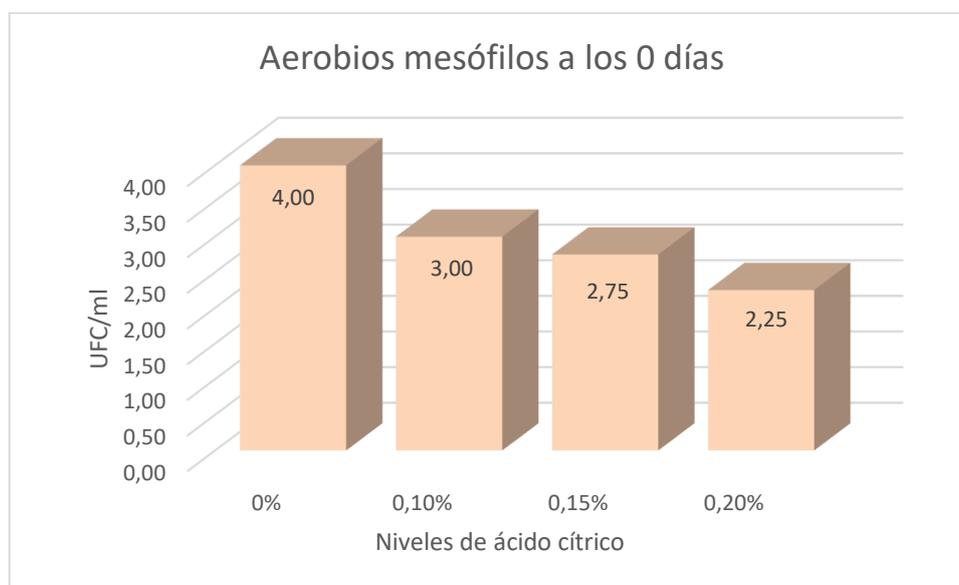


Gráfico 19-4: Aerobios mesófilos a los 0 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023

A los siete días los aerobios mesófilos en el jugo de caña reportaron que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), teniendo el menor valor para el tratamiento con 0,15% de ácido cítrico con 2,25 UFC/ml, aumentando a 3,75 UFC/ml perteneciente al tratamiento con 0% de ácido cítrico. Al día 14 los aerobios mesófilos en el jugo de caña reportaron que existen diferencias significativas ($P<0,05$), el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con 0% de ácido cítrico con 4,00 UFC/ml, disminuyendo a 2,25 UFC/ml cuando se utiliza 0,2% de ácido cítrico.

A los 21 días los aerobios mesófilos en el jugo de caña presentaron que no existen diferencias estadísticas ($P>0,05$), el tratamiento con 0,2% de ácido cítrico reportó el menor valor con 2,00 UFC/ml; mientras que el mayor valor reportó el tratamiento con 0% de ácido cítrico con 4,00 UFC/ml.

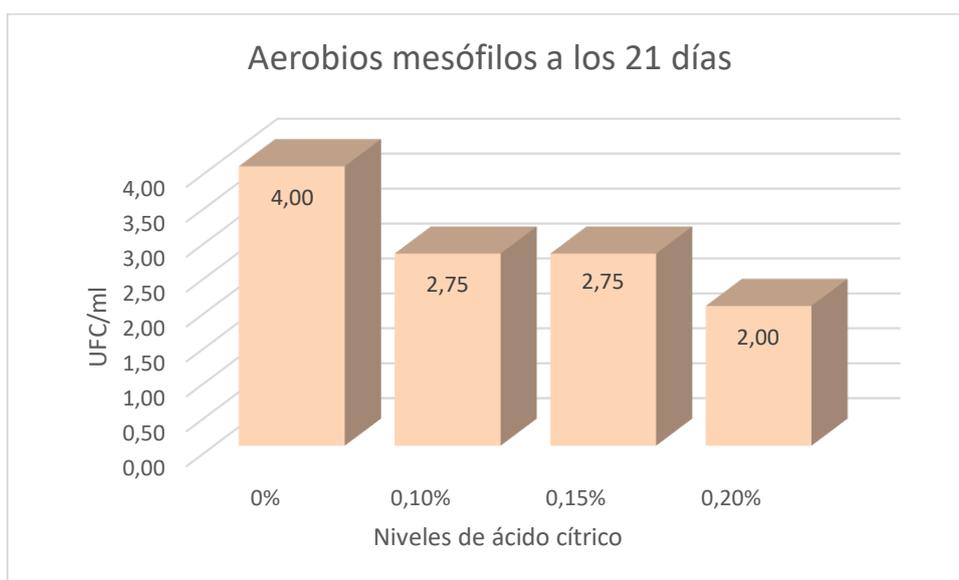


Gráfico 20-4: Aerobios mesófilos a los 21 días con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023

Los valores se encuentran bajo el límite permitido según los requerimientos de la NTE INEN 2 337:208, la determina que estos valores deben estar por debajo de 10 UFC/ml, para que sea considerado apto para el consumo humano, se debe a la estabilidad del pH en un entorno ácido, evitando así la proliferación de estos agentes microbianos.

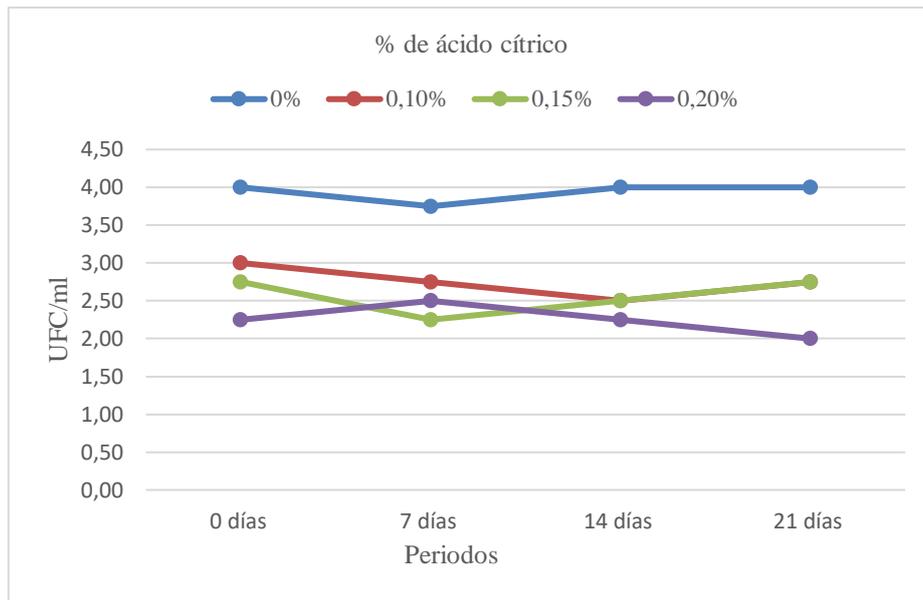


Gráfico 21-4: Aerobios mesófilos con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Quizhpe, Erick. 2023.

4.3 Parámetros sensoriales del jugo de caña

4.3.1 Análisis sensorial.

Los resultados del análisis sensorial del jugo de caña de azúcar elaborado con diferentes niveles de ácido cítrico se reportan en la tabla 4-8, donde se muestran los parámetros analizados:

Tabla 8-4: Análisis sensorial del jugo de caña con diferentes niveles de ácido cítrico

Parámetros	Niveles de ácido cítrico				H	Prob.
	0%	0,1%	0,15%	0,2%		
Olor	3,00	4,00	3,00	3,00	25,33	0,0001
Calificación	No me gusta, ni me disgusta	Me gusta moderadamente	No me gusta, ni me disgusta	No me gusta, ni me disgusta		
Color	4,00	3,00	3,00	2,00	18,61	0,0002
Calificación	Me gusta moderadamente	No me gusta, ni me disgusta	No me gusta, ni me disgusta	Me disgusta moderadamente		
Sabor	4,00	4,00	3,00	3,00	4,39	0,1945
Calificación	Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente	No me gusta, ni me disgusta	No me gusta, ni me disgusta		
Apariencia	3,00	4,00	3,00	3,00	24,14	0,0001
Calificación	No me gusta, ni me disgusta	Me gusta moderadamente	No me gusta, ni me disgusta	No me gusta, ni me disgusta		

Fuente: INFOSTAT, 2023

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

4.3.1.1 Olor

Los resultados para el olor presentan diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos, por efecto de los niveles de ácido cítrico en el jugo de caña, teniendo así el mayor puntaje para el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico con 4 puntos sobre 5 de referencia, mientras que los tratamientos con 0, 0,15 y 0,2% presentaron una puntuación de 3 puntos, por lo cual se deduce que el olor ligeramente ácido fue de mayor agrado para los catadores.

4.3.1.2 Color

El parámetro color presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos, los catadores tuvieron preferencia por el tratamiento con 0% de ácido cítrico con un puntaje de 4 sobre 5 puntos de referencia, mientras que los tratamientos con 0,1 y 0,15% obtuvieron el mismo puntaje 3 puntos, el menor puntaje fue de 2 puntos correspondiente al tratamiento con 0% de ácido cítrico. En este parámetro se puede determinar que los catadores tuvieron preferencia por el tratamiento testigo debido a que los demás tratamientos tuvieron

un ligero cambio de color debido al ácido cítrico, por lo cual los catadores prefirieron el color natural del jugo de caña.

4.3.1.3 Sabor

En el parámetro sabor por efecto de los diferentes niveles de ácido cítrico no existen diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre los tratamientos, los catadores mostraron preferencia por los tratamientos con 0 y 0,1% de ácido cítrico, ambos con un puntaje de 4 puntos sobre 5 de referencia. Los tratamientos con 0,15 y 0,2% de ácido cítrico tuvieron un puntaje de 3 puntos, determinando que la aceptación del tratamiento con 0% de ácido cítrico se debe a la ausencia de un sabor ácido en el producto, mientras que para el tratamiento con 0,1% se puede concluir que su sabor ligeramente ácido también fue de agrado para los catadores, ya que ambos tuvieron el calificativo de “me gusta moderadamente”.

4.3.1.4 Apariencia

En el parámetro apariencia presenta diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos, teniendo el mayor puntaje para el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico con 4 puntos sobre 5 de referencia, mientras que los tratamientos con 0, 0,15 y 0,2% tuvieron 3 puntos. Concluyendo que los catadores tuvieron preferencia por el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico, debido al ligero cambio de color que tuvo el producto aplicando el ácido cítrico, alterando ligeramente su apariencia.

4.4 Análisis económico

El análisis económico del jugo de caña elaborado con diferentes niveles de ácido cítrico se presenta en la tabla 4-9, donde se establece el beneficio/costo de la producción de este producto:

Tabla 9-4: Evaluación económica del jugo de caña elaborado con diferentes niveles de ácido cítrico

Detalle		Niveles de ácido cítrico			
		0%	0,1%	0,15%	0,2%
Jugo de caña de azúcar	L	4	4	4	4
Ácido cítrico	g	0	4	6	8
EGRESOS	P/U				
Jugo de caña	0,07 (L)	0,28	0,28	0,28	0,28
Ácido cítrico	0,01 (ctvs.)	0,00	0,04	0,06	0,08
Envase(330ml)	0,58 (ctvs.)	6,96	6,96	6,96	6,96
TOTAL EGRESOS		7,24	7,28	7,30	7,32
Cantidad obtenida	L	3,96	3,96	3,96	3,96
COSTO DE PRODUCCION	\$	0,60	0,606	0,608	0,61
PRECIO DE VENTA	\$	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTAL INGRESO	\$	12,00	12,00	12,00	12,00
B/C		1.657	1.648	1.643	1.639

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

2.1.1. Costo de producción

El costo de producción por envase de 330 ml de jugo de caña de azúcar con diferentes niveles de ácido cítrico, se determinó que a medida que aumentan los niveles de ácido cítrico, el costo de producción aumenta mínimamente, el costo inicial fue de \$0,60, aumentando a \$0,606 cuando se emplea 0,1% de ácido cítrico, con el 0,15% su costo fue de \$0,608 y al emplear 0,2% su costo fue de \$0,61 esto debido al económico costo del ácido cítrico, lo cual es factible debido a las pequeñas dosis que se utilizan.

4.4.1 Beneficio/costo

En el análisis de beneficio/costo, se determinó que al utilizar 0,2% de ácido cítrico en la elaboración de jugo de caña de azúcar considerando los egresos y los ingresos, se obtuvo un beneficio económico de \$1.639, es decir que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio de 0,639 centavos. Sin embargo, el tratamiento con 0,1% de ácido cítrico tuvo un beneficio económico de \$1.648, es decir que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio de 0,648 centavos, concluyendo que el producto si genera utilidades, siendo así un producto rentable, considerando también los beneficios de un producto apto para el consumo humano corroborado por los resultados microbiológicos realizados al jugo de caña de azúcar.

4.5 Diseñar un proceso industrial para la elaboración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L*)

4.5.1 Metodología de obtención del jugo de caña de azúcar

4.5.1.1 Obtención de la caña de azúcar

La obtención de la caña de azúcar se dio en la parroquia Luz de América de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, la misma que fue cosechada en dicho lugar, seleccionando los troncos en estado de madurez, con una medida promedio de 2,9 metros de largo.

4.5.1.2 Obtención del jugo de caña de azúcar

La obtención del jugo de caña de azúcar se llevó a cabo en un sitio de expendio del jugo en la ciudad de Riobamba, donde se contaba con un trapiche para la extracción del jugo. La limpieza del trapiche y materiales usados en este proceso fueron previamente limpiados y desinfectados con amonio cuaternario; con el objetivo de evitar contaminación de diferentes microorganismos que puedan influir en el proceso de fermentación del jugo.

4.5.1.3 Pasteurización del jugo de caña de azúcar

Obtenido el jugo se lo trasladó inmediatamente al laboratorio de Ciencias Biológicas de la facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en donde se realizó la pasteurización de 80 a 85 grados centígrados por 15 minutos. Una vez terminado el proceso térmico se añadió los diferentes niveles de ácido cítrico y se procedió a envasar el jugo en envases de vidrio ámbar de 330 ml.

4.5.2 Descripción del proceso de obtención de jugo de caña de azúcar

4.5.2.1 Recepción y selección de la materia prima

La caña de azúcar se cosechó en la Parroquia Luz de América. Entre las características físicas se tomaron en cuenta el estado de madurez y que esté libre de enfermedades.

2.1.1.1. Lavado

Se lavaron las cañas de azúcar con una solución clorada para eliminar las diferentes impurezas presentes.

4.5.2.2 Pelado y cortado

Se retiró la corteza con el fin de evitar contaminación presente en la misma, luego se cortó la caña en dos para facilitar la extracción del jugo.

4.5.2.3 Prensado

Se pasa la caña de azúcar por el trapiche varias veces hasta obtener la mayor cantidad de su jugo. Este proceso se repite hasta obtener los litros deseados.

4.5.2.4 Filtrado

Se filtró el jugo con la ayuda de un cedazo y una tela para filtrar. Eliminando impurezas presentes en el jugo.

4.5.2.5 Pasteurización

Este proceso térmico se llevó a una temperatura de 80 a 85 °C por un tiempo de 15 minutos.

4.5.2.6 Adición de conservante

A 75°C se añadió el ácido cítrico como conservante en diferentes niveles.

4.5.2.7 Envasado

Se envasó el jugo en envases de vidrio ámbar de 330 ml. Los envases fueron previamente esterilizados en la autoclave.

4.5.2.8 Almacenamiento

El jugo envasado se mantuvo a una temperatura de 2 a 8 °C durante un lapso de 21 días.

4.5.3 Balance de masa del proceso industrial de jugo de caña de azúcar

El balance de masa se define como la sucesión de cálculos que posibilita registrar la cuenta de las sustancias que participan en el proceso de transformación de materia prima. En resumen, se define como la contabilidad que permite registrar los elementos de un proceso. En la tabla 4-10 se detalla el balance de masa del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

Tabla 10-4: Balance de masa del proceso industrial de jugo de caña de azúcar

Sustancias	F1 (Kg/día)	F2	F3	F4	F5 (Kg/día)	F6	F7 (Kg/día)	F8 (Kg/día)	F8 (L/día)	F9 (L/día)	F10 (L/día)	F11 (L/día)	F12 (Envases)
Caña	237,15	237,15	225,29										
Cascara				11,86									
Bagazo						76,60							
Impurezas													
Jugo					148,69		0,15	148,54	140,14	140,14		140,28	
Conservante											0,14		
Jugo envasado													425
Total	237,15	237,15	225,29	11,86	148,69	76,60	0,15	148,54	140,14	140,14	0,14	140,28	425

Realizado por: Quizhpe, E. 2023

4.5.4 Dimensionamiento de maquinaria y equipo para el proceso industrial del jugo de caña de azúcar.

Este dimensionamiento ayuda a identificar la capacidad requerida de la maquinaria y equipo de acuerdo con la cantidad de materia prima a procesar, para así definir la capacidad de compra. En la siguiente tabla se describe el dimensionamiento de maquinaria y equipo para el proceso industrial de jugo de caña de azúcar:

Tabla 11-4: Dimensionamiento de Maquinaria y Equipo para el proceso industrial del jugo de caña de azúcar

Código	MyE	Capacidad (kg/día)	Capacidad (kg/h)	Capacidad Real (kg/h)	Capacidad de Compra (kg/h)
TR-101	Peladoras	237,15	29,64	37,05	250
TR-102	Prensa	225,29	28,16	35,20	240
F-101	Filtradora	148,69	18,59	23,23	160
RM-201	Mezcladora	140,28	17,53	21,92	150
E-101-102	Pasteurizadora	140,14	17,52	21,90	150
TK-101	Tanque de M.P	237,15	29,64	37,05	250
TK-102	Tanque de M.P desechada	11,86	1,48	1,85	20
BC-101	Banda transportadora	237,15	29,64	37,05	240
VA-101	válvula	112,25	14,03	17,54	120
P-101	Bomba de agua	112,25	14,03	17,54	120
TK-103	Tanque de agua	112,25	14,03	17,54	140
VA-102	válvula	112,25	14,03	17,54	140
TK-104	Tanque de agua con impurezas	112,25	14,03	17,54	140
LV-101	Máquina de lavado de M.P	237,15	29,64	37,05	250
BC-102	Banda transportadora	237,15	29,64	37,05	250
V-101	Tanque de residuo	11,86	1,48	1,85	30
BC-103	Banda transportadora	237,15	29,64	37,05	250
V-102	Tanque de residuo	76,60	9,58	11,97	100
BC-104	Banda transportadora	148,69	18,59	23,23	170
V-103	Tanque de residuo	0,15	0,02	0,02	2
VA-103	válvula	148,54	18,57	23,21	170
P-102	Bomba de agua	148,54	18,57	23,21	170
VA-104	válvula	148,54	18,57	23,21	170
TK-201	Tanque de jugo pasteurizado	148,69	18,59	23,23	200
VA-201	válvula	140,14	17,52	21,90	160
VA-202	válvula	140,14	17,52	21,90	160
TK-202	Tanque de conservante	0,14	0,02	0,02	5
R-301	Envasadora	140,28	17,54	21,92	200
BC-301	Banda transportadora	140,28	17,54	21,92	200
TK-301	Almacenamiento P.T	425,00	53,13	66,41	600

Realizado por: Quizhpe, E. 2023.

Proceso industrial del jugo de caña de azúcar en diagrama de bloques

En la producción industrial es muy usual el uso de un diagrama de bloques debido a que es una representación simple de un proceso. En este diagrama los bloques figuran una operación o una etapa completa del proceso. En el anexo J se adjunta el diagrama de bloques del proceso industrial del jugo de caña de azúcar.

4.5.5 *Proceso industrial del jugo de caña de azúcar en diagrama PFD*

El diagrama de flujo de proceso o DFP (PFD/process flow diagram) se utiliza en la ingeniería química y de procesos. Este diagrama muestra el flujo de materiales químicos y el equipo involucrado en el proceso. En otras palabras, un diagrama de flujo de proceso define las relaciones entre los principales componentes del sistema. Generalmente, un PFD sólo contiene el equipo principal sin más detalles. En el anexo K se adjunta el diagrama PFD del proceso industrial del jugo de caña de azúcar.

4.5.6 *Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante diagrama P&D.*

El diagrama P&ID o piping and instrumentation diagram/drawing en inglés, representa el flujo de proceso en las tuberías, al igual que los equipos instalados y el instrumental. En el anexo L se adjunta el diagrama P&ID del proceso industrial del jugo de caña de azúcar.

4.6 Diagramas de gestión

4.6.1 *Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante flujograma.*

Esta herramienta se usa para la representación de la secuencia de las actividades a realizar en un proceso, mediante símbolos. La función principal del diagrama de flujo es mantener un orden que permita que la productividad de los trabajadores sea óptima, puesto que mediante la interpretación del flujograma se puede realizar los cambios y mejoras necesarias para que el trabajo fluya de mejor manera. En el anexo M se adjunta el flujograma del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

4.6.2 Proceso industrial del jugo de caña de azúcar mediante diagrama de operaciones

Como ya mencionamos, los diagramas representan gráficamente como se lleva a cabo las etapas de un proceso, en este caso tenemos al diagrama de operaciones que no es otra cosa que una representación de las operaciones y todos los materiales que ingresan en el proceso. En el anexo N se adjunta el diagrama de operaciones del proceso industrial del jugo de caña de azúcar.

4.7 Equipos para utilizar en el proceso industrial para elaborar jugo de caña de azúcar.

4.7.1 Tolva

Es un contenedor similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales, sustancias, granulares o pulverizados. Tiene forma cónica, la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por una compuerta inferior. Es muy utilizadas en agricultura, en construcción, farmacéutica y otras actividades industriales. Una tolva puede estar fabricada de diferentes materiales según sea el objetivo de su uso. Así como el producto a almacenar.



Figura 1-4. Tolva

Fuente: Proint Soluciones avanzadas

4.7.2 Peladora de caña de azúcar

La maquinaria que se usa para pelar la caña de azúcar se compone de 9 cuchillas y el tiempo aproximado que lleva realizar esta labor es de apenas 10 segundos, la utilización de esta maquinaria brinda un proceso rápido y con niveles de higiene adecuado, se debe considerar que el tiempo y el proceso no se altera si la caña presenta condiciones diferentes a la forma de caña a caña, es decir que sea recta o curva, delgada o gruesa el proceso será el mismo.



Figura 2-4. Peladora de caña

Fuente: AliExpres

4.7.2.1 *Molino de caña de azúcar*

El trapiche es un molino con el cual se obtiene el jugo de la caña, con el cual generalmente se fabrica panela o se obtiene azúcar. Antiguamente se utilizaba la tracción animal, aunque hoy en día se utilizan motores eléctricos o a gasolina. Los trapiches en los ingenios azucareros están conformados por una serie de molinos compuestos por tres rodillos surcados que prensan la caña de azúcar previamente desmenuzada y extraen su jugo.



Figura 3-4. Molino de caña

Fuente: ToroTrac

4.7.2.2 *Pasteurizador de jugos*

Para que la vida útil de un jugo sea prolongado en su vida útil es necesario utilizar procesos físico químicos para eliminar microorganismos existentes en los alimentos, es por eso la necesidad de utilizar equipo apropiados para desarrollar estos procesos como la pasteurización ya que estos permiten además conseguir estabilidad biológica del alimento, ya que el calor puede tener efectos negativos sobre las características organolépticas es necesario que los equipos cuenten con materiales de nivel alimenticio.



Figura 4-4. Pasteurizadora

Fuente: Amazon.com

CONCLUSIONES

Se diseñó un proceso industrial para la elaboración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la parroquia Luz de América, Santo Domingo, en base a los diagramas bloques, PFD, P&D, flujograma y operaciones. Además, se realizó un balance de masa y dimensionamiento de maquinaria y equipos en base a la producción de caña de azúcar de la parroquia.

Se elaboró jugo de caña, utilizando distintos niveles de conservante (0.1, 0.15 y 0.2% de ácido cítrico) y se determinó que la vida útil es de 21 días con todos los niveles de ácido cítrico siempre y cuando se realice el proceso de pasteurización y se lo mantenga en refrigeración, es decir de 2 a 8 grados centígrados. Sin embargo, el tratamiento con mayor preferencia según el análisis sensorial fue el de 0.1% de ácido cítrico.

En las características fisicoquímicas los resultados de los 0 a los 21 días se encontraron dentro de los rangos establecidos en la norma INEN NTE 2 337:2008, en el tratamiento con 0.1% de ácido cítrico se obtuvo un valor de 0.12 a 0.22% para acidez; en Brix de 21.35 a 18.45 y de pH un valor de 4.70 a 4.08.

Los niveles de microorganismos también se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma INEN NTE 2 337:2008 durante los 0 a 21 días teniendo 1.33 a 1.67 UFC/ml en Coliformes fecales, 1.67 a 1.50 UFC/ml para Coliformes totales, de 3.00 a 2.75 UFC/ml en Aerobios mesófilos, para mohos y levaduras un valor de 2.50 a 7.00 UFC/ml.

RECOMENDACIONES

Utilizar el nivel de 0,1% de ácido cítrico, ya que el mismo mostro mayor aceptación y el bajo costo del ácido cítrico no influye significativamente en los costos de producción.

Realizar estudios similares con mayor tiempo de exposición a la fermentación y con diferentes grados de temperatura de conservación.

Utilizar el diagrama de flujo y de bloques puesto que es de fácil comprensión para las personas que obtienen el jugo de caña artesanalmente.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, J. *Métodos de conservación de alimentos.*
http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf 2012.

AGUIRRE, M. Jugo de caña De azúcar envasado en vidrio. *Programa de Especialización Tecnológica En Alimentos, Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 1, 101.
[https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13596/1/Jugo de Caña de azúcar envasado en vidrio.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13596/1/Jugo_de_Caña_de_azúcar_ envasado_en_vidrio.pdf) [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13596/1/Jugo de Caña de azúcar envasado en vidrio.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13596/1/Jugo_de_Caña_de_azúcar_ envasado_en_vidrio.pdf) .2010.

BAJAÑA, Y. “TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE PASTEURIZACION EN LA CONSERVACION DEL JUGO DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum). SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS.” *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/341/1/T-UTEQ-0011.pdf> Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos 2014.

BENÍTEZ, J., & GUALANGO, R. *Evaluación de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM.* En *Tesis. Ing. Agroindustrial* (pág. pag 25). Ibarra: UTN 2011.

CAMPUES, J., & TARUPI, J. *Obtención De Alcohol a Partir De Jugo De Caña Cachaza Y Melaza Mediante La incorporación De Dos Niveles De Fermento.*
Universidad técnica Del Norte, 1–73.
http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/746/1/03_AGI_284_TESIS.pdf 2015.

CAMACHO, G. *Procesamiento y conservación de frutas* . Obtenido de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p8.htm> 2002.

CARVAJAL, J., & RAMÍREZ, J. *Análisis estadístico del cultivo y producción de la caña de azúcar.* Obtenido de ESPOL:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2094/1/4071.pdf> 2003.

CONABIO. *Catálogo taxonómico de especies de México.* Mexico: In Capital Nat. 2009.

ESPINOZA, V. *Utilización del jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) como medio de cultivo para la producción de Saccharomyces boulardii L.* Universidad Técnica De Machala, 70. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3185/2/CD0000-28-TRABAJO COMPLETO-pdf> 2015.

EDISON, S., CASTILLO, F., MOLINA, J., BENITEZ, I., SANTACRUZ, A., & CASTILLO, R. *Selección de progenitores, varianzas genéticas y heredabilidad para acumulación temprana de sacarosa en caña de azúcar.* Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 34, núm. 2. Pag 114 2011.

FIALLOS, F. Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (Ustilago scitaminea Sydow), Roya (Puccinia melanocephala Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus) en la zona del Cantón El Triunfo. *ESPOL*, 20-21. 2008.

GADPRLA. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Luz de América 2030.* 1–192. <https://luzdeamerica.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/PDOT-Luzde-América-2030.pdf> 2019.

GONZALEZ, J. *Estudio comparativo de pH y acidez total bajo normativa INEN 2337 en tres marcas de néctar de naranja.* 27–35. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14108/1/E-10694_GONZALEZ_HERRERA_JOSELYN_MARIBEL.pdf 2019.

HERNÁNDEZ, V., & DECLoux, M. . Obtenido de <http://azul.bnct.ipn.mx> 2007.

INEN 2337. NTE INEN 2 337:2008. Jugos, pulpas, concentrados, Nectares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2337.pdf 2008.

KHORDOR, D., RINCÓN, A., & OSORIO, M. *Comparación de los métodos de titulación potenciométrica y conductimétrica para la determinación del TAN y TBN en aceites lubricantes Comparison of the conductometric and potentiometric titration methods for the determination of TAN and TBN in lubricants.* Obtenido de <http://link.springer.com/10.1007/s00216-017-0318-6> 2015.

LARRAHONDO, J. *CENICANA*. Obtenido de <http://www.cenicana.org> 2010.

MAG. Cultivo de la caña. *Aspectos Técnicos Sobre Cuarentena y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.*, 178. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf> Naturland, A. (2000). *Agricultura Orgánica en el Tropicó y Subtropicó*. 2003.

RAMOS, Y. “*EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE MUCILAGOS: BALSALINANO (*Heliconia sanderi*) Y CADILLO (*Triumfetta mollis*) PARA MEJORAR EL DESARROLLO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAN DE AZÚCAR EN BLOQUE, LAGO GRIJO.*” http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19114/1/6555_1.pdf 2013.

PUERTA, G. *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café*. Obtenido de <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf> 2010.

RODRIGUEZ, L. *Establecimiento de un procedimiento para la conservación del jugo de caña de azúcar*. Obtenido de <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/4976/1/130125.pdf> 2005.

SIMBAÑA, K. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de Jugo natural de caña de azúcar en la ciudad de Quito. *Tesis*, 1–100. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf> 2013.

TORRES, J., LÓPEZ, A., & DOMIGUEZ, M. Polímero de Glicerol y ácido cítrico. *DYNA*. 2015.

URIBE, J., & CORTÉS, M. Caña, azúcar y aguardiente de charanda. Patrimonio Agroindustrial. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 2008.

VILLA, J. *Salud y Buenos Alimentos*. Obtenido de <http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Tallos&s3=Ca%F1a+de+Az%FAcar> 2014

ANEXOS

ANEXO A: RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA



ANEXO B: LAVADO, PELADO Y CORTADO



ANEXO C: PRENSADO



ANEXO D: FILTRADO



ANEXO E: PASTEURIZACIÓN



ANEXO F: ADICIÓN DE CONSERVANTE



ANEXO G: ENVASADO**ANEXO H: ALMACENAMIENTO****ANEXO I: MODELO DE ENCUESTA DE ANALISIS SENSORIAL**

Análisis sensorial por método afectivo con escala hedónica para el jugo de caña de azúcar con diferentes niveles de ácido cítrico

Género: Hombre _____ **Mujer** _____ **Edad** _____

Instrucción:

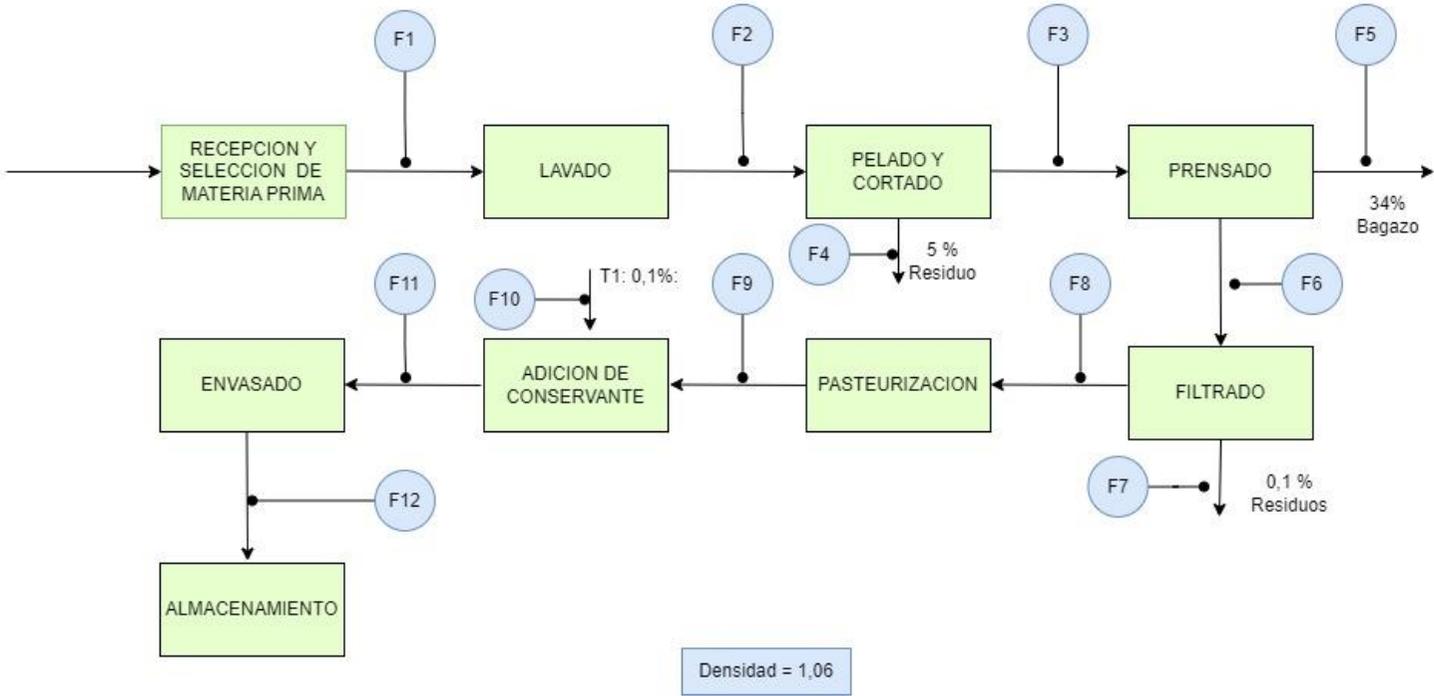
Una vez degustada la muestra se procede a llenar el cuadrante de la parte derecha, en la cual se califica los atributos de la muestra y el puntaje se designará según el nivel de agrado guiándose en la escala de preferencia de la parte izquierda.

PUNTAJE	NIVEL DE AGRADO	ATRIBUTO	A0	A1	A2	A3
5	Me gusta mucho	Olor				
4	Me gusta moderadamente	Sabor				
3	No me gusta ni me disgusta	Apariencia				
2	Me disgusta moderadamente	Aceptabilidad (color)				
1	Me disgusta mucho					

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO J: Diagrama de bloques del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

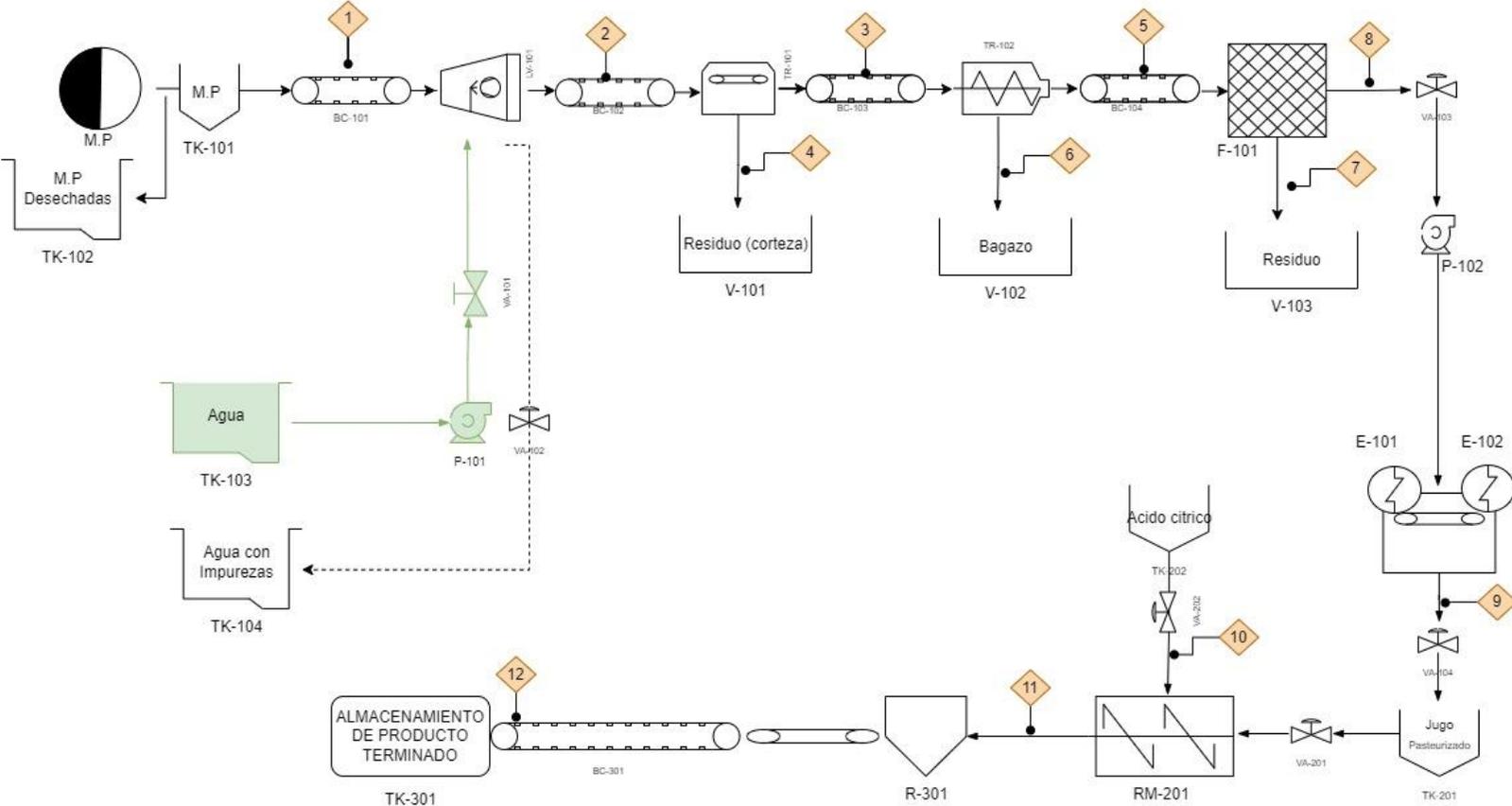
DIAGRAMA DE BLOQUES



Realizado por: Quizhpe, E. 2023

ANEXO K: Diagrama PFD del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

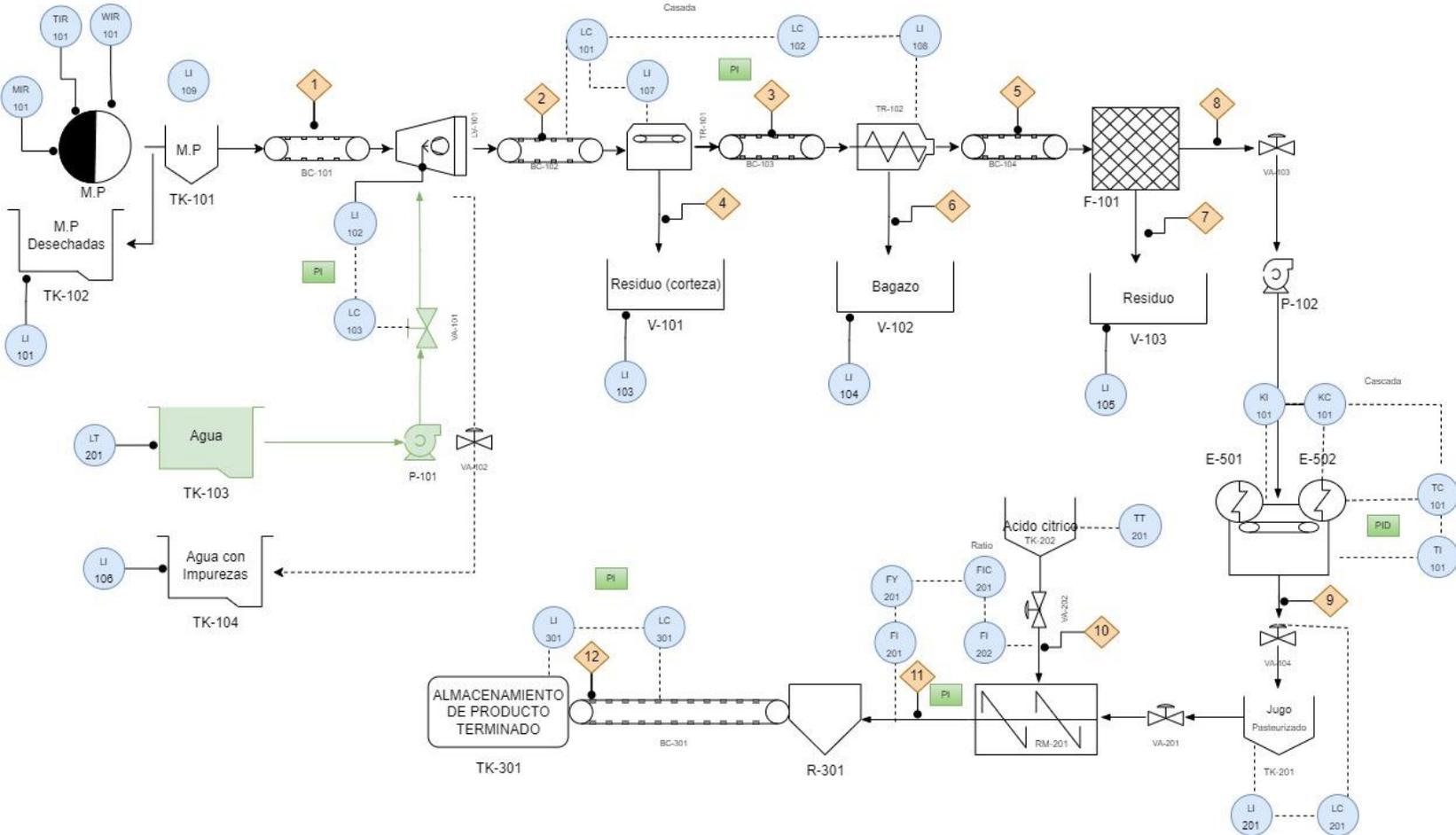
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS



Realizado por: Quizhpe, E. 2023

ANEXO L: Diagrama P&ID del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

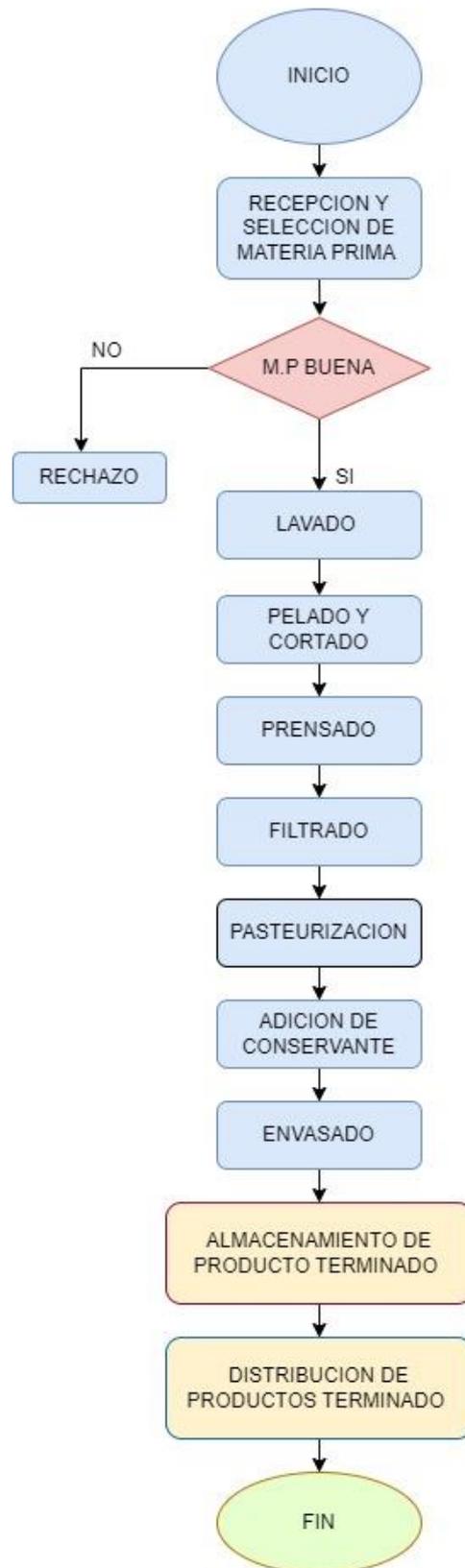
DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTOS (P&ID)



Realizado por: Quizhpe, E. 2023

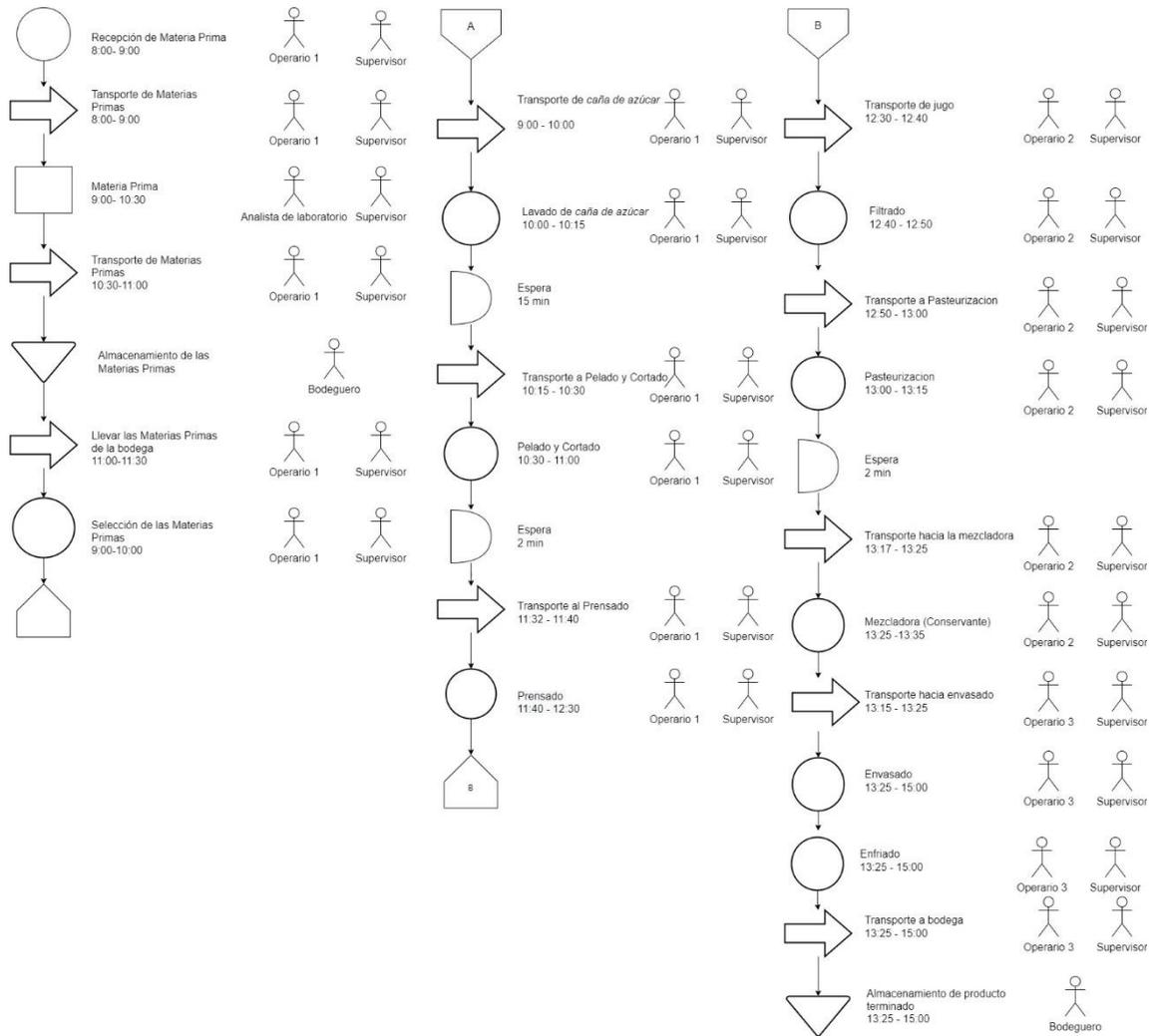
ANEXO M: Flujograma del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.

FLUJOGRAMA DE PROCESOS



Realizado por: Quizhpe, E. 2023

ANEXO N: Diagrama de operaciones del proceso industrial de jugo de caña de azúcar.



Realizado por: Quizhpe, E. 2023



epoch

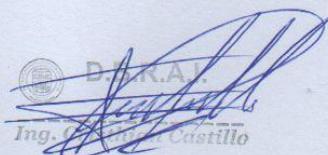
Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 25 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Erick Agosto Quizhpe Valle
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Ingeniería en Industrias Pecuarias
Título a optar: Ingeniero en Industrias Pecuarias
f. responsable: Ing. Crithian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Crithian Fernando Castillo



0226-DBRA-UTP-2023