

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

Percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido-lácticas.

AUTOR:

Aguirre Ordoñez Anthony

**Trabajo de integración curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero Agroindustrial**

TUTOR

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph.D

Guayaquil, Ecuador

15 de febrero 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Aguirre Ordoñez Anthony**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**.

TUTOR

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Paola Pincay Figueroa, M. Sc.

Guayaquil, a los 15 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Aguirre Ordoñez Anthony**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, **Percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido lácticas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

Aguirre Ordoñez Anthony



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Aguirre Ordoñez Anthony

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Trabajo de Integración Curricular, Percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido lácticas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

Aguirre Ordoñez Anthony



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido láctica**, presentado por el estudiante **Aguirre Ordoñez Anthony**, de la carrera de **Agroindustria**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	Aguirre Ordoñez Anthony.pdf (D158176627)
Presentado	2023-02-08 11:47 (-05:00)
Presentado por	anthony.aguirre@cu.ucsg.edu.ec
Recibido	noelia.caicedo.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje	Aguirre Ordoñez carrera Agroindustria Mostrar el mensaje completo 0% de estas 41 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2023

Certifican,

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, que me dio la fortaleza y sabiduría en cada momento, me extendió su mano para poder obtener un logro más.

También agradecer a mi familia, que estuvieron para mí, apoyándome y dándome fuerzas y alegrías.

Agradecido con los docentes y autoridades de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, ya que gracias a ellos tuve la oportunidad de conocer a grandes personas que llevaré en mi corazón; a mi tutor Dr. Jesús Ramón Meléndez Rangel que estuvo guiándome, apoyándome en esta investigación académica y me hizo entender de forma integral los retos de la vida profesional y los de la vida diaria, ha sido más que un tutor un amigo.

Agradecido con mis amigos Nino y Valeria por ser unos grandes seres humanos y amigos conmigo.

Aguirre Ordoñez Anthony

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a todas las personas que me apoyaron en todo momento que estuvieron para mi cuando más los necesitaba y no permitieron que me rindiera, a mis padres Fulton Iván Aguirre Espinosa y Lorena Auxiliadora Ordoñez Cedeño, siempre me apoyaron hasta el final.

A mis compañeros por su amor, compañerismo, consejos y estar a mi lado incondicionalmente en momentos buenos y malos.

Aguirre Ordoñez Anthony



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

TUTOR

Ing. Paola Pincay Figueroa, M. Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.

COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

CALIFICACIÓN

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Objetivos	4
1.1.1	Objetivo general.	4
1.1.2	Objetivos específicos.	4
1.2	Hipótesis.	4
1.2.1	Hipótesis General.	4
2	MARCO TEÓRICO	6
2.1	Producción de café.	6
2.2	Historia del café.	6
2.3	Tipos de café	7
2.3.1	Café arábico.	7
2.3.2	Café robusta.	8
2.3.3	Combinaciones de café.	8
2.4	Características físicas del café	8
2.5	Características químicas del café	9
2.6	Procesos tecnológicos de producción	10
2.6.1	Plantación.	10
2.6.2	Cosecha.	11
2.6.3	Selección.	12
2.6.4	Despulpado.	12
2.6.5	Tueste.	13
2.6.6	Pesado.	14

2.7	Características organolépticas del café.....	14
2.8	Defectos de taza	15
2.9	Levaduras.....	15
2.9.1	Generalidades.....	15
2.9.2	Taxonomía de <i>S. bayanus</i>	16
2.9.3	Características de <i>S. bayanus</i>	17
2.10	Bacterias ácido lácticas	18
2.10.1	Generalidades.....	18
2.10.2	Características.....	19
2.10.3	Funciones.....	20
2.10.4	Bacterias ácido lácticas en la industria alimentaria.....	21
2.11	Métodos de fermentación utilizados en la industria del café	23
2.12	Factores que afectan la fermentación del café.....	27
2.13	Sistemas de fermentación del café	28
2.13.1	Fermentaciones sólidas.....	28
2.13.2	Fermentaciones sumergidas.....	28
2.14	Método de fermentación con levadura	29
2.15	Métodos de fermentación con ácido lácticas bacterias (BAL)	33
2.16	Características físicas, químicas y microbiológicas del café	34
2.16.1	Requisitos específicos del café tostado en grano o molido.....	34
2.16.2	Requisitos del tamaño del café tostado y molido.....	35
2.16.3	Requisitos fisicoquímicos del café tostado y molido.....	35
2.16.4	Requisitos microbiológicos del café tostado y molido.....	36

2.16.5	Requisitos físicos y químicos del café soluble.....	36
2.16.6	Requisitos del contenido de contaminantes del café soluble.	37
2.16.7	Requisitos de perfil de carbohidratos del café soluble.	37
2.16.8	Requisitos microbiológicos del café soluble.	38
2.17	Empaque.....	38
2.18	Grados Brix	39
2.19	Potencial hidrógeno (pH) de fermentación	39
3	MARCO METODOLÓGICO.....	41
3.1	Ubicación del ensayo	41
3.2	Materiales, insumos y equipos	41
3.2.1	Materia prima.	41
3.2.2	Insumos.....	41
3.2.3	Materiales y equipos.	41
3.3	Estructura Metodológica.....	42
3.3.1	Modalidad de la investigación.	42
3.3.2	Investigación exploratoria, descriptiva y correlacional.....	42
3.3.3	Alcance de la investigación.	43
3.4	Preparación de la materia prima	43
3.5	Operaciones para análisis organoléptico del café	46
3.6	Diseño experimental.....	48
3.7	Análisis estadístico	49
3.7.1	Factores.	50
3.8	Tratamientos	50

3.8.1	Interacciones de tratamientos.	50
3.8.1.1	<i>Pruebas de normalidad.</i>	51
3.8.1.2	<i>Pruebas para el coeficiente de correlación.</i>	52
3.8.1.3	<i>Pruebas para el análisis de la varianza.</i>	53
3.8.1.4	<i>Modelo lineal.</i>	53
3.8.1.5	<i>Contraste de hipótesis para la percepción del café.</i>	54
3.9	Análisis físico y químico del café molido	54
4	RESULTADOS	54
4.1	Características físicos, químicos y microbiológica en la fase inicial ...	54
4.2	Características físicos, químicos y microbiológica post fermentación	56
4.3	Evaluación de °Brix y pH en fase post fermentación	59
4.4	Pruebas de supuestos estadísticos	60
4.5	Prueba de bondad de ajuste Shapiro-Wilks	61
4.5.1	Prueba de Kolmogorov-Smirnov: variable pH.	61
4.5.2	Prueba de Kolmogorov-Smirnov: variable °Brix.	61
4.5.3	Prueba de Shapiro-Wilks: variable pH.....	62
4.5.4	Prueba de Shapiro-Wilks: variable °Brix.....	62
4.5.5	Prueba de homogeneidad de varianzas.	62
4.6	Prueba de comprobación de hipótesis	63
4.7	Pruebas de correlación de las variables.....	64
4.8	Evaluación Sensorial del Café.....	65
4.8.1	Percepción del café. Catadores generales y Certificados.	65
4.8.1.1	<i>Pruebas estadísticas.</i>	65

4.8.1.2	<i>Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 1 (T1)</i>	66
4.8.1.3	<i>Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 2 (T2)</i>	67
4.8.1.4	<i>Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 3 (T3)</i>	68
5	DISCUSIÓN	70
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1.	Conclusiones	73
6.2.	Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades para microorganismos fermentadores.....	23
Tabla 2.	Procesos de transformación de sustratos orgánicos.....	27
Tabla 3.	Tipos de fermentación y sus productos industriales.....	29
Tabla 4.	Requisitos del café tostado en grano o molido.....	35
Tabla 5.	Tamaño de la partícula del café tostado y molido.....	36
Tabla 6.	Requisitos físicos y químicos del café tostado en grano y molido.....	36
Tabla 7.	Requisitos microbiológicos del café tostado en grano y molido.....	37
Tabla 8.	Requisitos físicos y químicos del café soluble.....	37
Tabla 9.	Requisitos de contaminantes del café soluble.....	38
Tabla 10.	Requisitos de perfil de carbohidratos del café soluble.....	38
Tabla 11.	Requisitos microbiológicos del café soluble.....	39
Tabla 12.	Tratamientos del diseño experimental.....	52
Tabla 13.	Interacción de tratamientos.....	52
Tabla 14.	Especificaciones técnicas del café tostado y molido.....	55
Tabla 15.	Resultados físicos y químicos de la materia prima inicial ...	56
Tabla 16.	Resultados microbiológicos de la materia prima inicial.....	57
Tabla 17.	Resultados físicos y químicos del tratamiento 1 (T1).....	57
Tabla 18.	Resultados físicos y químicos del tratamiento 2 (T2).....	58
Tabla 19.	Resultados físicos y químicos del tratamiento 3 (T3).....	58
Tabla 20.	Resultados microbiológicos del tratamiento 1 (T1).....	59
Tabla 21.	Resultados microbiológicos del tratamiento 2 (T2).....	59
Tabla 22.	Resultados microbiológicos del tratamiento 3 (T3).....	60
Tabla 23.	Promedios de °Brix.....	60
Tabla 24.	Promedios de pH.....	61
Tabla 25.	Estadística descriptiva para los tres tratamientos.....	62
Tabla 26.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Variable pH.....	63
Tabla 27.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Variable °Brix.....	63
Tabla 28.	Prueba de Shapiro-Wilks: Variable.....	63
Tabla 29.	Prueba de Shapiro-Wilks: Variable °brix.....	64
Tabla 30.	Prueba de homogeneidad de varianza.....	64

Tabla 31.	Prueba de homogeneidad de varianza.....	65
Tabla 32.	Prueba de Kruskal Wallis. Variable pH.....	65
Tabla 33.	Prueba de Kruskal Wallis. Variable °Brix.....	66
Tabla 34.	Correlaciones de las variables pH y °Brix.....	66
Tabla 35.	Catadores certificados.....	67
Tabla 36.	Catadores no certificados o generales.....	68
Tabla 37.	Pruebas de chi-cuadrado.....	68
Tabla 38.	Medidas simétricas.....	69
Tabla 39.	Pruebas de chi-cuadrado.....	69
Tabla 40.	Medidas simétricas.....	70
Tabla 41.	Pruebas de chi-cuadrado.....	70
Tabla 42.	Medidas simétricas.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Procesos bioquímicos en la fermentación del café.....	28
Gráfico 2.	Factores en el proceso de fermentación del café.....	28
Gráfico 3.	Ubicación geográfica de la finca Agroloja.....	42
Gráfico 4.	Proceso del Acondicionamiento de la materia prima....	47
Gráfico 5.	Operaciones del análisis organoléptico del café.....	48
Gráfico 6.	Pruebas organolépticas del café.....	49

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito determinar la percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido lácticas. Este estudio se llevó a cabo bajo una metodología experimental donde se realizaron tres tratamientos diferentes en base a la inoculación de *Saccharomyces bayanus* en diferentes concentraciones (0.1 % y 0.5 %) y bacterias ácido lácticas. Los tratamientos realizados en base a las distintas combinaciones y repeticiones, permitieron obtener una mejor percepción sensorial del café. Como resultado para la variable pH, el registro más bajo se presentó con el tratamiento (3.73) con bacterias ácido lácticas, siendo un valor importante en el proceso de fermentación del café. Con relación a los °Brix, el promedio más bajo se registró (5) con el tratamiento con *S. bayanus* (0.1 %), siendo favorable para el proceso de fermentación del café. Los resultados de la percepción sensorial son dependientes de múltiples variables que determinan la calidad del producto final y a su vez con la aceptación del producto en los mercados internacionales.

Palabras claves: Fermentación, *Saccharomyces bayanus*, Bacterias ácido lácticas, Calidad sensorial, Café.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the sensory perception of cherry coffee (*Coffea arabica* L.) variety Sidra obtained from inoculation with different concentrations of yeast (*Saccharomyces bayanus*) and lactic acid bacteria. This study was carried out under an experimental methodology where three different treatments were performed based on the inoculation of *Saccharomyces bayanus* in different concentrations (0.1 % and 0.5 %) and lactic acid bacteria. The treatments carried out on the basis of the different combinations and repetitions allowed obtaining a better sensory perception of the coffee. As a result for the pH variable, the lowest register was presented with the treatment (3.73) with lactic acid bacteria, being an important value in the coffee fermentation process. In relation to the °Brix, the lowest average was recorded (5) with the treatment with *S. bayanus* (0.1 %), being favorable for the coffee fermentation process. The results of sensory perception are dependent on multiple variables that determine the quality of the final product and in turn with the acceptance of the product in international markets.

Key words: Fermentation, *Saccharomyces bayanus*, Lactic Acid Bacteria, Sensory quality, Coffee.

1 INTRODUCCIÓN

El café es una bebida popular elaborada a partir de granos de café tostados que se han producido en más de 70 países en el año 2018, la producción mundial de café fue de alrededor de 9.5 millones de toneladas, con un aumento considerable de aproximadamente 10.2 millones de toneladas en el 2019 (Adam et al., 2020).

La producción del café es una de las actividades agrícolas más importantes que existe en América del Sur, en la cual se generan divisas y fuentes de empleo para las empresas y agricultores a nivel mundial (Camizán, 2020).

La industria cafetera en el Ecuador es responsable de generar un promedio de ingresos por la exportación de hasta el 77.8 millones de dólares cada tres años de producción, no obstante, Suiza es una nación de las más importantes que existe en el mundo en el comercio del café, comprando el producto ya cosechado para posteriormente acopiarlo, almacenarlo y distribuirlo en el mercado mundial (Álvarez, 2021).

En el Ecuador es importante que se realicen procesos de análisis a la materia prima de café, para lograr conocer las características físicas, químicas y microbiológicas, con la finalidad de poder mejorar la calidad del valor agregado que se puede dar al producto final, es por ello que el presente trabajo de investigación fue enfocado en mejorar el proceso de la calidad sensorial del café, estudiando sus formas de fermentación para un café de mayor calidad (Álvarez, 2021).

Debido al contexto actual que presenta el sector cafetalero, con una tendencia al aumento en el consumo y una caída en los precios internacionales, no cabe duda que se debe diseñar una estrategia con el fin de minimizar el impacto de los altos costos en las familias productoras y el mantenimiento de la competitividad del café (Campos et al., 2021).

Las tecnologías que mejoran la calidad del café pueden implementarse desde el cultivo hasta el almacenamiento; teniendo en cuenta la fase de procesamiento está destinada a fermentar y secar las cerezas maduras, en la cual la presencia de diferentes microorganismos en la fermentación interfiere en las características finales de la bebida (Sánchez De La Cruz, 2018).

Los dos tipos de fermentación que se estudiaron son la fermentación con levadura, analizando sus características al momento de degustar el producto, sus propiedades físicas y químicas; además se realizó un estudio enfocado en la fermentación mediante bacterias ácido lácticas (Cruz y Pivaral, 2018).

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar un producto de origen ecuatoriano que sea el ejemplo a seguir por el sector empresarial para producir un café orgánico de alta calidad, como una nueva marca en el mercado que fomente el cambio en la industria cafetera ecuatoriana, a fin que se alcance un mayor reconocimiento nacional e internacional.

La importancia del presente proyecto de investigación, se fundamentó principalmente en crear una fuente nueva de trabajo seguro para la población agrícola del Ecuador, incentivar a cambios estratégicos en la industria cafetera nacional, con la tendencia a que se convierta en un rubro de alta importancia como la producción de banano, flores, cacao, entre otros.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Determinar la percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido lácticas.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar física, química y microbiológicamente la materia prima en la fase inicial del proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arábica* L.) variedad Sidra.
- Establecer un método experimental diferencial para desarrollar el proceso de fermentación con levadura y bacterias ácido lácticas (BAL).
- Evaluar la correlación estadística en la formulación de los tres tratamientos desarrollados.
- Realizar la evaluación sensorial del producto realizado con un panel de catadores certificados y catadores generales.
- Establecer la correlación estadística de la mejor muestra de café versus los tratamientos completados.
- Caracterizar física, química y microbiológicamente los tratamientos finales.

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis General.

El resultado global de la prueba sensorial determina la aceptación final del café evaluado.

- H_{01} : El proceso de fermentación no afecta los promedios de grados brix del tratamiento.
- H_{a1} : El proceso de fermentación afecta los promedios de grados brix de los tratamientos seleccionados.

- **H₀₂**: El proceso de fermentación no afecta los promedios del pH de los tratamientos seleccionados.
- **H_{a2}**: El proceso de fermentación afecta los promedios del pH de los tratamientos seleccionados.
- **H₀₃**: La percepción sensorial del grupo de catadores certificados y el grupo semi entrenado son independientes.
- **H_{a3}**: La percepción sensorial del grupo de catadores certificados y el grupo semi entrenado son dependientes.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de café

La producción del café comenzó principalmente en los países tropicales que estaban en vías de desarrollo, los cuales comenzaron con la producción del mismo a gran escala, alcanzando grandes divisas en la economía de las zonas rurales, en países como Colombia, la producción de café permite que otras industrias puedan desarrollarse garantizando el ingreso de bienes manufacturados y el aumento de la capacidad financiera de los agricultores (Choque, 2021).

El café es considerado uno de los productos más comercializados a nivel mundial, el país que mayor producción y ganancias genera a nivel mundial es Colombia, siendo este su principal producto del cual depende al menos el 30 % de la economía del país y por ende de su población (Adam et al., 2020).

2.2 Historia del café

La producción de café se dio en Etiopía, donde se considera que es originaria, en un territorio conocido como Kaffa, ya en la edad media era altamente conocido por provenir de un arbusto que tenía semillas aromáticas, preferido por los marineros de Arabia para mantenerse despiertos por las noches, no obstante, mediante los marineros africanos el producto llegó a Europa, en el cual a pesar de su calidad el consumo era limitado (Figueroa et al., 2018).

Existen varias leyendas en torno al consumo del café, los cuales mencionan que la forma en la cual obtuvo una gran popularidad se debe a que los monjes de Etiopía notaron que las ovejas que estaban a sus cuidados consumían el fruto de los arbustos, permaneciendo siempre despiertas (Figueroa et al., 2018).

La popularidad del café se dio debido a sus cualidades que eran consideradas como maravillosas, en donde se revela en los escritos de

George Paschius que es un fruto considerado de un gran sabor, el cual se la puede consumir como un grano tostado, siendo más utilizado en ofrendas junto con las joyas, jarrones, harina, el trigo y la cebada (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2022).

Entre las leyendas también se encuentran la historia de Mahoma, en la cual se considera al café con un sabor extraño, y con propiedades medicinales; según su historia, proviene de la Piedra Negra de la Kaaba ubicada en la Meca, lo que si se considera con hechos y datos históricos que llevo a América Latina, puesto que los holandeses lo trajeron primero a América Central y luego a América del Sur, gracias a las colonias holandesas el producto es consumido desde 1718 en Surinam hasta llegar a Brasil y a Colombia (IICA, 2022).

2.3 Tipos de café

Los tipos de café alcanzan hasta los 17 los cuales se relacionan por la forma de su preparación, no obstante, existen tres tipos de café que son los más básicos relacionados en función al origen de la planta, estos son el café arábico, el café robusto y el café de combinaciones (IICA, 2020).

2.3.1 Café arábico.

El café arábico se caracteriza por ser una de las primeras variantes, utilizada en la elaboración de productos de consumo alimenticio; la planta proviene desde Etiopía y es una subespecie delicada, que proporciona a las personas un grano con un sabor altamente aromático y una gran calidad en cuanto a su sabor, considerándose el cultivar más producido en América Latina, Asia y Centroamérica (Asociación Nacional del Café, 2020).

2.3.2 Café robusta.

El café robusta se caracteriza por contar con características químicas importantes, con un índice alto de cafeína, que genera un sabor intenso y amargo (ANACAFE, 2020).

2.3.3 Combinaciones de café.

Las dos especies de plantas antes mencionadas no son los únicos tipos de café que existen, llegando a existir combinaciones entre ambas, las cuales dependerán de las condiciones fitogenéticas que se hayan aplicado para su producción (ANACAFE, 2020).

2.4 Características físicas del café

El café posee características únicas que están relacionadas a sus atributos organolépticos, siendo el aroma, sabor, cuerpo, acidez y amargor; además, se encuentran otras características como color, textura, cremosidad, las cuales pueden definir otros elementos como el tipo de tueste que se aplicó, planta originaria y el sabor que podrá obtenerse del mismo (Vera y Chacón, 2018).

Las propiedades físicas del café se definen por la especie y por el grano que la planta produce, se caracteriza por ser un arbusto que producen cerezas rojas, en su interior se encuentra la semilla, con un tamaño no mayor a un centímetro (López, 2014).

Una de las partes del grano de café es de forma curva y plana, en la cual, una vez realizada la cosecha en la planta, las semillas obtendrán un color marrón clara, las cuales se tornarán a marrón oscura una vez que sean tostadas, no obstante, la producción de café se debe realizar mediante la implementación de análisis físicos, a fin de determinar parámetros de calidad tales como: humedad, aspecto, color, olor, defectos y propiedades (López, 2014).

2.5 Características químicas del café

En el café se pueden encontrar al menos mil sustancias químicas diferentes, entre las que se destacan los aminoácidos, compuestos nitrogenados, polisacáridos, azúcares, triglicéridos, ácidos linoleicos, diterpenos, ácidos volátiles como el fórmico y acético y ácidos no volátiles como ácido láctico, tartárico, pirúvico y cítricos (López, 2014).

Los granos de café también contienen otros elementos como los fenólicos, cafeína y sustancias volátiles que son las responsables de otorgarle el aroma característico; además existen otros elementos que son responsables de generar otras reacciones químicas como las melanoidinas que causan reacciones de pardeamiento no enzimático e incluso de la caramelización de este en el proceso de tostado (Puerta, 2011).

Los componentes del café varían según el tipo de producción que se desee otorgarle a beneficio del consumidor, entre estos destacan la cafeína, cafestol, kahweol, ácidos clorogénicos y antioxidantes (Vásquez et al., 2021).

La cafeína es considerada como una de las tres metilxantinas que están presentes en el café, se clasifica como un alcaloide que genera una intervención directa dentro del sistema nervioso a manera de estimulante; además forma parte del té, cacao de manera natural y de forma artificial es añadido a productos como las bebidas carbonatadas con alrededor de 10 mg por cada 100 mL (Vásquez et al., 2021).

En los cafés que son solubles e instantáneos, el contenido de cafeína es de al menos el 60 mg/taza en un rango de 150 ml, en la cual una vez que es consumido por la persona, ingresa al tubo digestivo, para luego ser distribuida hacia los otros tejidos del organismo, en un periodo de tres hasta diez horas, siendo el hígado el principal órgano en generar el metabolismo, siendo absorbida hasta un 95 % y solo el 5 % es eliminado por medio de la orina (Gysel et al., 2014).

El cafestol y el kahweol se caracterizan por ser diterpenos presentes en las semillas de café libre o de forma esterificada, siendo estos dos elementos químicos responsables de generar un aumento de los niveles de colesterol, generando que las personas que consumen constantemente puedan sufrir de este problema (Gysel et al., 2014).

Los ácidos clorogénicos forman parte del café y son responsables de generar una serie de ésteres fenólicos; además, alcanzan hasta el 7 % en presencia de granos verdes y se descompone hasta el 30 % cuando se somete al tueste (Puerta, 2011).

2.6 Procesos tecnológicos de producción

La forma de producción ha variado constantemente debido al aporte de la tecnología, dependiendo del tipo de café que se vaya a cosechar, el mismo que está caracterizado por la aplicación de etapas en las cuales se busca la obtención de la materia prima, siendo la bebida más consumida hasta la actualidad (IICA, 2019).

El proceso de producción del café puede estar clasificado en varias etapas las cuales comienzan con la plantación, cosecha, despulpado, tueste, pesado, fermentación y almacenamiento (IICA, 2019).

2.6.1 Plantación.

Para establecer un cultivo de café se debe tomar en consideración la especie de semilla, la misma que puede tardar entre tres a cuatro años hasta que produzca la primera cosecha, el tiempo de duración de la plantación será de 20 años y se puede realizar bajo al sol o bajo sombra, según lo considere el agricultor (Mero, 2018).

La producción de café es eficiente cuando se aplica compost al suelo, el mismo que deberá ser altamente nutritivo, mejorando las condiciones de fertilidad, para generar plantas vigorosas, las cuales podrán ser sembradas de manera manual o mecánica no obstante, dependerá siempre de las

características del terreno y tipo de explotación que desee aplicar el agricultor (Gómez, 2015).

Los cultivares de café requieren de condiciones de temperatura entre los 18 a 24 °C anualmente; además, es necesario que los plántones puedan ser trasplantados siempre en una época de mayor humedad teniendo en cuenta que si la plantación es grande, se deberá aplicar una diferencia de al menos dos metros entre las hileras de los cafetales (Gómez, 2015).

2.6.2 Cosecha.

La cosecha se realiza una vez que las plantas se encuentran con las cerezas en estado de maduración, en la cual existen dos formas eficientes, la primera es por medio de la técnica de Picking o técnica manual y la segunda es mediante la estrategia de Stripping o técnica industrial, y en el caso de la técnica manual está vigente desde el origen del café (Armijos, 2020).

El proceso se realiza en la madurez solo recolectando las cerezas maduras y evitando las verdes; mientras tanto, a nivel industrial se efectúa utilizando máquinas, las cuales son recolectadas por medio de las bayas, las mismas que recogen los frutos a pesar de los distintos grados de maduración, siendo necesaria una revisión y separación de las plantaciones que no hayan alcanzado la madurez total (Armijos, 2020).

La revisión de las plantaciones de café se realiza varias veces considerando aspectos como las floraciones escalonadas y su nivel de maduración por lo general, es más recomendable realizar una cosecha selectiva, puesto que se puede reconocer los frutos maduros sin desprender el peciolo de las ramas, favoreciendo a la calidad del café y facilitando el proceso de la cosecha (Charco y Román, 2016).

2.6.3 Selección.

Se realiza en base a una serie de factores como la genética, medio ambiente, acceso al mercado y presupuesto; además, el proceso de selección dependerá de los porcentajes de los granos, los cuales son maduro, pintones o verdes, evitando en su totalidad los frutos secos, por ello la cosecha selectiva es aplicada en los países de América Latina debido a que esta define la calidad física y del sabor del producto (Camizán, 2020).

Los productores que deseen aplicar un proceso de selección del café, es necesario que tengan en consideración aspectos que se toman en cuenta en el desarrollo de cada cosecha, la forma en la cual el productor puede referenciarse en cuanto a la óptima maduración del fruto del café es mediante la realización de un recorrido total en la parcela y delimitar las subparcelas, la delimitación será de cinco subparcelas, cada una de cinco metros cuadrados, de forma aleatoria y cosechar dos plantas de café en un total de diez plantas de café por parcela; de las plantas que sean seleccionadas deberán de escoger los frutos al azar y posteriormente evaluarlos (Camizán, 2020).

La fórmula eficiente en la evaluación de la maduración del café será:

$$\% \text{ granos maduros} = \frac{\text{Total de granos maduros}}{100 \text{ granos}} \times 100$$

Se considera como una cosecha óptima cuando el porcentaje de granos maduros es igual o superior al 80 % (Charco y Román, 2016).

2.6.4 Despulpado.

El proceso de despulpado del café se realiza mediante la remoción de la piel del fruto una vez que esta se ha dejado secar de manera previa con toda la pulpa, en este proceso se elimina todos los residuos del fruto, incluso la cáscara y la pulpa hasta llegara la etapa del secado del café (Macias, 2022).

Es importante que en la etapa de despulpado se verifique la calidad del fruto, para que no se puedan introducir al proceso frutos verdes que sean agrios o que estén secos y no sirvan para el consumo, la maquinaria despulpadora no deberá estar mordiendo los granos de café, pasando granos sin despulpar y se debe revisar que no existan fragmentos de pulpa de café, cuando el proceso de despulpe ha finalizado se deberán de llevar a un lugar seco para un nuevo proceso de selección (Macias, 2022).

2.6.5 Tueste.

El tueste es un proceso que conlleva un tratamiento térmico de los granos, para obtener un producto más quebradizo y que sea más molturarle a la infusión; además mediante un equilibrio de temperatura y tiempo se obtiene un grano con aroma, acidez, cuerpo y sabor que los consumidores deseen, por lo cual, el tueste del café está enfocado en mejorar la calidad que tiene un café, los cuales también dependerá del origen, la recogida, el secado y su tueste aplicado (Infocafes, 2017).

La función de las tostadoras de café es de aumentar la temperatura del grano desde su interior, permitiendo que alcance una temperatura de 215 °C, considerando que cuando se alcanza los 180 °C generan aromas característicos e intensos; además de tomar un color a caramelo, en la cual existen tres tipos de tuestes son el ligero, medio y oscuro (Infocafes, 2017).

El tueste ligero produce la conservación de los sabores, siendo utilizado principalmente para los cafés de origen y uso de productos gourmet, estos se caracterizan por ser un tipo de café con matices herbales y frutales (García et al., 2020).

El tueste medio se consigue mediante de la mayor exposición al calor, con el cual los azúcares del café pueden caramelizarse y lograr matices de frutos secos, caramelo e incluso matices como chocolate (García et al., 2020).

El tueste oscuro se realiza por medio de una mayor exposición del café al calor, siendo secado por mayor tiempo utilizando una cafetera expresso, siendo una técnica que permite obtener sabores especializados y ahumados (Mero, 2018).

2.6.6 Pesado.

El pesado del café se realiza por medio de una báscula, cuyo valor es expresado en gramos, en la cual cada tipo de tueste generará un peso diferente (Mantilla, 2019).

Los cafés que pasan por el proceso de tuesta experimentan distintos cambios de humedad, alcanzando hasta un 11 % más de peso, la reducción del contenido genera que el peso de los granos sea menor entre un 15 % y 20 % dependiendo del proceso de tostado y el peso en estado verde (Mantilla, 2019).

2.7 Características organolépticas del café

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 285 (2006), las características organolépticas del café son las siguientes:

- **Acidez:** describe la impresión gustativa causada por los ácidos (cítrico, tartárico, entre otros.) presentes en la bebida; aquellos cafés arábigos que muestran una alta acidez son considerados de calidad superior
- **Aroma:** es una característica que describe la impresión olfativa, un aroma delicado, fino, fragante y penetrante es la manifestación de una calidad superior.
- **Cuerpo:** se determina por el contenido de sólidos solubles en la bebida y resulta de la combinación de 18 varias percepciones captadas durante la catación. En el café arábico el mediano cuerpo le da una sensación más apetecible a la bebida.
- **Sabor:** se describe como la combinación compleja de atributos gustativos y olfativos en la bebida durante proceso de catación.

2.8 Defectos de taza

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 285 (2006), los defectos de taza del café son los siguientes:

- **Contaminación:** denotan la presencia de sabores desagradables, ajenos a una bebida limpia que no pueden definirse claramente, los contaminantes del café pueden ser físicos, químicos y biológicos.
- **Defectos de taza:** describe cualquier impresión sensorial notada durante la catación y que es atípico comparado con un café debidamente preparado y bien procesado, los defectos de taza o “sabores extraños” son normalmente asociados con el deterioro o la contaminación del producto.
- **Sabor agrio:** un sabor no placentero que destaca un gusto agrio diferente de acidez, se debe a una fermentación inadecuada, a una cereza pasada, a la demora en el secado o a un exceso de la fermentación, puede originarse también debido a un mal lavado y sobrecalentamiento en las secadoras.
- **Sabor a madera:** sabor tosco peculiar de una cosecha vieja, producido por el almacenamiento con cambios de temperatura y humedad.

2.9 Levaduras

2.9.1 Generalidades.

Son organismos eucariotas con una amplia variedad de tamaño, forma y color, se consideran hongos unicelulares y sus células suelen tener forma ovalada, pero también pueden ser esféricas, cilíndricas u ovaladas (Martínez, 2021).

La levadura es más grande que las bacterias con un diámetro máximo de cuatro a cinco micrones, se reproducen por fisión binaria o gemación, algunas pueden ser dimórficas o bifásicas y crecen como micelios bajo condiciones ambientales específicas, son naturalmente resistentes a los antibióticos, sulfonamidas y otros agentes antibacterianos, la secuencia

completa de su genoma es conocida y se modifica constantemente, lo que permite la manipulación genética de los casi 6 600 genes que codifican el genoma de la levadura (Gutiérrez, 2017).

Los componentes macromoleculares de la levadura son proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos, su pared celular constituye del 15 % al 25 % de la materia seca; poseen alrededor del 80 % de polisacáridos como glucanos y mananos; además de quitina, proteínas y lípidos (Gutiérrez, 2017).

La mayoría de las especies de levadura toleran un rango de pH de 3 a 10, pero prefieren un medio ligeramente ácido con un valor de pH de 4.5 a 6.5; además poseen la capacidad de poder competir con *Streptococcus bovis* durante el proceso de fermentación, en la cual se produce ácido láctico (Piraval y Cruz, 2018).

Las levaduras más estudiadas en el mundo se derivan de las siguientes especies: *S. cerevisiae* (levadura de panadería comercial), *S. bayanus*, *Kluyveromyces fragilis* y *Candida utilis*; se consideran seguras para el consumo humano o GRAS (generalmente reconocidas como seguras) (Piraval y Cruz, 2018).

Dentro del mucilago del café existen levaduras fermentadoras tales como: *S. cerevisiae*, *S. bayanus*, *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. parasitopsis* y *C. pintolopsii*, cuya función es generar etanol y CO₂; además están presentes bacterias no fermentadoras como *Cryptococcus terreus*, *Rhodotorula rubra* y *R. pegamento* (Puerta, 2013).

2.9.2 Taxonomía de *S. bayanus*.

Según Taipe (2014), la levadura *S. bayanus* presenta la siguiente clasificación taxonómica:

- **Reino:** Fungi
- **División:** Ascomycota

- **Clase:** Saccharomycetes
- **Orden:** Saccharomycetales
- **Familia:** Saccharomycetaceae
- **Género:** Saccharomyces
- **Especie:** *Saccharomyces bayanus*

2.9.3 Características de *S. bayanus*.

Es aquella levadura que forma el microbioma más relacionado con el progreso y el bienestar humanos; su nombre proviene de las palabras saccharo (azúcar), myces (hongo) y cerevisiae (cerveza) (Taípe, 2014).

S. bayanus es una levadura heterótrofa que obtiene energía de la glucosa y tiene una alta capacidad de fermentación, se puede aislar fácilmente de las plantas y el suelo, así como del tracto gastrointestinal y reproductivo humano (Taípe, 2014).

La aplicación más común de la levadura es en las industrias del pan y la cerveza, vino y alcohol, la levadura deshidratada se utiliza como fuente de nutrientes en la nutrición animal y humana, independientemente de que se trate de levadura entera o de sus derivados (Coronel y Valdez, 2018).

Los microorganismos GRAS son levaduras aprobadas y aplicadas en la elaboración de alimentos; considerando que la crema de levadura concentrada de *S. bayanus* tiene un valor de materia seca (MS) de 18-20 % y un contenido de proteína cruda (CP) de 32-36 % de materia seca, por otro lado, la composición promedio de proteína real se mantuvo en 40 %, mientras que los demás valores registrados fueron levemente inferiores al 39 % (Rainieri et al., 2006).

La adición de levadura durante la fermentación del café permite completar el proceso en un tiempo menor (12 horas) en comparación con el proceso tradicional (80 horas) con café similar al obtenido durante la fermentación del café (Gualtieri et al., 2007).

Durante la fermentación, el proceso biológico que potencia las propiedades del producto, los factores más influyentes son la presencia de levadura, tiempo y temperatura, actualmente, la levadura se usa comercialmente para producir cantidades adecuadas de alcohol deshidrogenasa, gliceraldehído-3-hidrogenasa, hexocinasa, lactato hidrogenasa, glucosa-6-fosfato hidrogenasa, así como coenzima A, nucleótidos y mononucleótidos de piridina difosfato, guanina, citidina y uridina (Gualtieri et al., 2007).

S. bayanus es una fuente tradicional de invertasas de evidente importancia comercial y se utiliza cada vez más en la producción de bebidas, confitería y agricultura, así como con fines técnicos y de investigación (Suarez et al., 2016).

Las levaduras tienen la capacidad para acumular diferentes cantidades de nutrientes en su medio de crecimiento, siendo de gran importancia como suplemento nutricional para animales y humanos (Salazar, 2010).

2.10 Bacterias ácido lácticas

2.10.1 Generalidades.

Las bacterias ácido lácticas (BAL) se caracterizan por ser grampositivas, catalasas negativas, no formadoras de esporas, pueden ser de forma arborescente o bacilar y producen ácido láctico por fermentación (Parra, 2010).

Las BAL forman parte de un gran grupo de diferentes microorganismos que son adecuados para la conservación de alimentos y la elaboración de determinados productos, se encuentra comúnmente en productos lácteos fermentados, carnes fermentadas, granos y vegetales fermentados (Parra, 2010).

Los subproductos de la fermentación de BAL contribuyen en gran medida a la salud al proteger el sistema contra agentes infecciosos, alergias, obesidad, efectos antioxidantes, entre otros; los estudios muestran que el consumo de alimentos fermentados que contienen BAL ayuda a mantener un peso saludable, y el consumo de yogur fermentado reduce la probabilidad de desarrollar enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 (Mathur et al., 2020).

Las BAL juegan un papel importante en el proceso de fermentación; son muy utilizadas en la industria alimentaria, no solo por su capacidad de acidificar y proteger los alimentos de las esporas, sino también porque intervienen en la textura, sabor, olor y aroma de los alimentos fermentados (Guaman et al., 2014).

Cabe señalar que algunas especies de BAL se consideran patógenas, en la cual se han realizado diversos análisis en los últimos años para determinar si la mayoría de las enfermedades están asociadas con algunos tipos de BAL (Guaman et al. 2014).

2.10.2 Características.

La clasificación BAL, propuesta por Orla Jensen en 1919, incluye un grupo diverso de bacterias grampositivas, no esporulantes, inmóviles y cocoides, así como bacterias deficientes en catalasa, son árboles y bacilos de varias longitudes, con un grosor de 0.5-0.8 μm . Es un grupo de bacterias fisiológicamente consistentes con paredes grampositivas que son facultativamente anaeróbicas, catalasa negativas y no formadoras de esporas (Cueva, 2022).

Las bacterias ácido lácticas no presentan actividad respiratoria, debido a que no poseen de una enzima (citocromo catalasa) que contiene un grupo hemo que les permite iniciar la cadena respiratoria con oxígeno como aceptor de electrones; aunque sufren metabolismo anaerobio y forman colonias en medios sólidos en presencia de aire (Cueva, 2022).

El crecimiento de BAL en el medio de fermentación puede verse afectado por varios factores, en donde la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento de las bacterias ácido lácticas, existe una temperatura óptima para mayores tasas de crecimiento dependiendo de las características de los microorganismos utilizados y las condiciones ambientales; la mayoría de las especies requieren aminoácidos del grupo B, vitaminas (lactoflavina, tiamina, biotina, niacina, ácido pantoténico, ácido fólico) y diversos aminoácidos (Sánchez y Tromps, 2014).

Las bacterias ácido lácticas son nutrientes orgánicos químicos y solo pueden crecer en un entorno complejo, los carbohidratos y alcoholes fermentables se pueden utilizar como fuentes de energía, principalmente para la formación de ácido láctico mediante la descomposición de azúcares hexosas a ácido láctico (homofermentación) y otros productos como acetato, etanol, CO₂, formiato o succinato (heterofermentación) (Sánchez y Tromps, 2014).

Las bacterias ácido lácticas relacionadas con los alimentos incluyen *Weissella*, *Oenococcus*, *Carnobacterium*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, de las cuales el género *Lactobacillus* contiene la mayoría de las especies (60 especies) y es el más útil para el proceso de fermentación (Cueva, 2022).

2.10.3 Funciones.

Las BAL presentan un funcionamiento importante en la fermentación láctica en el café: acidifican, mejoran la textura, sabor y aroma; además de preservarlos y en ocasiones pueden llegar a eliminar compuestos poco agradables (León et al., 2005).

Las bacterias ácido lácticas producen pequeñas cantidades de acetaldehído y diacetilo cuando se fermenta el citrato, lo que le da un agradable sabor y aroma (Agurto y Ramos, 2008).

La primera y más importante función de las bacterias ácido lácticas es producir ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, a un ritmo adecuado para asegurar una fermentación suave y exitosa (León et al., 2005).

Los microorganismos BAL aseguran la calidad y uniformidad del producto final y, en algunos casos, el valor nutricional del producto alimenticio, tienen actividad proteolítica y lipolítica (Cheng et al., 2022).

2.10.4 Bacterias ácido lácticas en la industria alimentaria.

Las bacterias ácido lácticas pertenecen a una gran clase de microorganismos seguros con importantes implicaciones industriales, cuyas funciones principales son como iniciadores, probióticos y prebióticos, y son ampliamente utilizados en biocatálisis en biotecnología industrial, transformar materiales reciclados en productos de valor agregado, asimismo, entre estas propiedades que se les otorgan a los alimentos, ayudan a mejorar su textura, olor, sabor, efectos sobre la salud y alargan la vida útil de los productos (Hatti-Kaul et al., 2018).

En el mercado mundial actual, ha habido cambios significativos en la introducción de BAL como probiótico, lo que aumenta la rentabilidad y la demanda de estos productos alimenticios, también se ha limitado el uso de microorganismos en la industria (Cheng et al. 2022).

La fermentación mediante bacterias ácidas lácticas constituye un proceso importante en la producción, determinación de sabores y aromas del café, con la capacidad de degradar macromoléculas como los polisacáridos; además de la producción de moléculas complejas que favorece el sabor y aroma de la bebida, tales como ésteres, alcohol, cetonas y compuestos aromáticos (Thomas, 2018).

La evaluación potencial de bacterias ácido lácticas en granos de café permite considerar su utilización como cultivos indicadores en alimentos fermentados que además de brindar características organolépticas

deseables, tienen un gran valor agregado para beneficios del consumido (Kaul et al., 2018).

En el mucilago de café predominan bacterias ácido lácticas del género *Lactobacillus* que producen fermentaciones lácticas, teniendo una mayor aplicación *L. bulgaricus* (Puerta et al., 2012).

En los procesos de fermentación del mucilago de café se utilizan bacterias ácido lácticas como *L. caucasicus*, *L. bulgaricus*, *L. lactis*, *L. acidophilus* y *L. delbrueckii*; misma que poseen la capacidad de metabolizar los azúcares y otros compuestos, mediante la fermentación y degradación (Puerta et al., 2012).

Tabla 1. Propiedades para microorganismos fermentadores.

Factores del sustrato	Levaduras	Bacterias ácido lácticas	Bacterias - Enterobacteria ceae	Bacteria – <i>Clostridium butyricum</i>
Habitat	Sustratos ricos en carbohidratos: frutos y granos.	Vegetales, lácticos, mucosa de animales y humanos	Sistema digestivo de animales y seres humanos, vegetales, suelo, agua	Vegetales, frutas, sistema intestinal de humanos y animales
Temperatura	Mesófilas, crecen entre 5 y 39 °C	Mesófilas, crecen entre 25 y 30 °C	Mesófilas, crecen entre 22 y 37 °C	crecen entre 10 y 65 °C, generan esporas

Presencia o ausencia de oxígeno	Anaerobias facultativas en presencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno participan en la fermentación de la glucosa	Aerobias microaerófilas, requieren oxígeno en proporción del 5 a 10 %. En ausencia de oxígeno participan en la fermentación de azúcares	Anaerobias facultativas, en condiciones de oxígeno oxidan diversas sustancias; sin oxígeno fermentan glucosa y lactosa	Anaerobia; participan en la fermentación de azúcares, ácidos y aminoácidos
pH	Casi todas entre 3.5 y 4.5 pH; <i>S. cerevisiae</i> 2.3 – 8.6 pH	3.8 – 7.2 pH Medios ácidos 2.3-4.0 pH	4.0 – 9.0 pH	7.0 – 7.4 pH

Fuente: Puerta, 2013.
Elaborado por: El Autor.

2.11 Métodos de fermentación utilizados en la industria del café

La fermentación del café consiste en la maduración mediante una fase bioquímica en los que la levadura y las bacterias generan el cambio, con el paso del tiempo sobre los granos; en la caficultura se utiliza la fermentación con bacterias ácido lácticas con *Lactobacillus* o *Streptococos* y alcohólica utilizando levaduras (Puerta, 2013).

Existen otros tipos de fermentación los cuales varían según su esquema sea por medio de proceso bioquímicos, se originan en la fase alcohólica, láctica y hetero láctica, degradación de lípidos, la acetificación y la hidrólisis enzimática, mientras que por compuestos del sustrato se utilizan elementos como el agua, azúcar, proteínas, lípidos, ácido, sustancias pépticas, minerales, bacterias, levaduras y enzimas (Munishamanna et al., 2017).

El periodo de tiempo que dura el proceso de fermentación esta entre 48-60 horas, en ocasiones tiende a durar más tiempo en zonas frías de mayor altitud; para la eliminación del mucilago se requiere de 24 hasta 36 horas, de

acuerdo con la temperatura; teniendo en cuenta que el tiempo para cumplir con el proceso varía de 12 a 90 horas, relacionado directamente con el tipo de especie y las condiciones ambientales (Puerta, 2013).

Por lo general la fermentación del café ocurre de forma natural, independientemente del proceso, con la finalidad de extraer el mucilago de los granos, reduciendo el contenido de agua a porcentajes de 11 y 12 % (Martínez et al., 2017).

Dentro de la etapa de la fermentación la mayoría de los microorganismos son autóctonos como bacterias, levaduras y hongos filamentosos; además la cantidad de carga microbiana varía según el método de procesamiento y grado de pérdida de agua; teniendo en cuenta que el aporte de ácido acético, láctico, cafeína, clorogénicos y otros compuestos mejora el sabor del café, siendo beneficioso para la salud, con propiedades antioxidantes y antidiabéticas que pueden reducir los niveles de colesterol (Martínez et al., 2017).

Los microorganismos pueden convertir la glucosa y otros azúcares en sustancias químicas orgánicas, sin embargo, se requieren con urgencia estudios básicos sobre la disponibilidad de compuestos derivados de la biomasa con el fin de evaluar los procesos en cuanto a productividad y rendimiento, mientras que los materiales amiláceos están fácilmente disponibles para los agentes microbianos (Pleissner et al., 2016).

El pretratamiento y la hidrólisis a menudo se llevan a cabo a altas temperaturas en presencia de ácidos y, en su mayoría, seguidos de un tratamiento enzimático para mejorar la liberación de monoazúcares, como glucosa y xilosa, sin embargo, pueden conducir a la formación de compuestos inhibidores, que afectan negativamente el desempeño de los bioprocesos (Pleissner et al., 2016).

La calidad del café es un rasgo altamente complejo, y depende de cualidades físicas y sensoriales como contenido de humedad, defectos, tamaño del grano, algunos compuestos químicos y preparación de una muestra para realizar la cata en taza (Betancur y Zurita, 2020).

La presencia de microorganismos puede interferir en varias características de la calidad del café, durante la fermentación algunos agentes microbianos pectinolíticos se asocian con la degradación de la pulpa y mucílagos (ricos en polisacáridos) produciendo alcoholes, ácidos y otros compuestos metabólicos que interfieren en la calidad final de la bebida (Betancur y Zurita, 2020).

Los microorganismos especialmente utilizados en la fermentación son principalmente hongos filamentosos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Trichoderma*, en la fermentación en estado sólido también se emplean levaduras (*S. cerevisiae*, *S. bayanus*, *S. boulardii*, *Candida* sp) y especies de actinobacterias (*Streptomyces thermonitrificans*, *Streptomyces hattanoogensis*) (Munishamanna et al., 2017).

La elección de microorganismos para un proceso de fermentación eficaz depende del comportamiento de crecimiento, el rendimiento específico del producto, la capacidad para descomponer un sustrato en particular, la buena tolerancia a la temperatura, pH, la posibilidad de manipulación genética, la seguridad del producto fermentado para humanos y consumo animal (Yafetto, 2022).

La ecología microbiana de un proceso de fermentación del café puede ser muy variable con la presencia de enterobacterias, bacterias del ácido lácticas (BAL), bacterias del ácido acético (BAA), bacilos, levaduras y hongos filamentosos; dependiendo a su vez de los respectivos parámetros tecnológicos o condiciones geográficas de las fases realizadas (Pothakos et al., 2020).

La implementación de una fermentación subacuática en un tanque de concreto, durante la cual los microorganismos agotan la capa mucilaginosa de las cerezas de café, que se adhiere firmemente a los granos (semillas), lo cual es crucial para la mejora del sabor (Pothakos, 2020).

El paso de la fermentación también puede ser perjudicial para la calidad de la taza de café, si no se realiza correctamente, los microorganismos indeseables pueden generar metabolitos, como los ácidos grasos de cadena corta (*por ejemplo*, butirato y propionato), lo que contribuye a los malos sabores (De La Cruz y Gley, 2018).

La composición química de los granos de café verde, resultantes del procesamiento húmedo de las cerezas, se ve directamente afectada por los diversos microorganismos que prosperan en los sustratos (De La Cruz y Gley, 2018).

La fermentación por medio de levaduras genera enzimas extracelulares y ácidos orgánicos que pueden conducir a la hidrólisis de macromoléculas generando importantes precursores de aromas, como la reducción de azúcares, aminoácidos y ácidos clorogénicos; así, como también los metabolitos secundarios producidos pueden estar relacionados con el aroma del café después de tostado (Ardila y Cuadros, 2021).

La acidez es un atributo importante de la calidad del café en combinación con el dulzor, amargor, aroma, ácidos cítrico, málico y succínico, mismos que están naturalmente presentes en las cerezas sin procesar y se mantienen durante la fermentación, junto con el ácido clorogénico y ácido quínico; además se consideran los principales ácidos en los granos verdes, favoreciendo las características sensoriales (Ardila y Cuadros, 2021).

Tabla 2. Procesos de transformación de sustratos orgánicos

Tipo de fermentación	Microorganismos fermentadores	Sustratos	Productos
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>S. ellipsoideus</i> ,	Malta de cebada, cereales, arroz, maíz, trigo, jugo	

Alcohólica o etanólica	<i>S. anamensis</i> , <i>S. carlsbengnesis</i> , <i>Candida pseudotropicalis</i> , <i>Torulopsis</i> spp., <i>Mucor</i> spp., <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Sarcina ventriculi</i> , <i>Zymomonas mobilis</i>	de lavid, caña de azúcar, melaza, sorgo, jugos de frutas, remolacha, suero de leche, soya	Etanol, vinos, cerveza, licores, bebidas destiladas, pan, salsas
Láctica homofermentativa	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>S. lactis</i> , <i>S. faecalis</i> , <i>Pediococcus cerevisiae</i> y por la mayoría de los <i>Lactobacillus</i> como <i>L. lactis</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. casei</i> .	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa	Yogur, suero de leche, quesos, mantequilla, kumis, encurtidos
Láctica heterofermentativa	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> y <i>L. fermenti</i> , <i>Bifidobacterium bifidus</i> .	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa	

Fuente: Puerta, 2013.

Elaborado por: El Autor.

2.12 Factores que afectan la fermentación del café

Los procesos bioquímicos que se producen en la fermentación del café, se originan debido a la presencia de levaduras y bacterias ácido lácticas, que degradan los azúcares, lípidos, proteínas, ácidos, para luego convertirlos en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas, las mismas que causan un cambio en las características del olor, color, pH y composición del mucílago (Puerta y Echeverry, 2015).

Gráfico 1. Procesos bioquímicos en la fermentación del café.

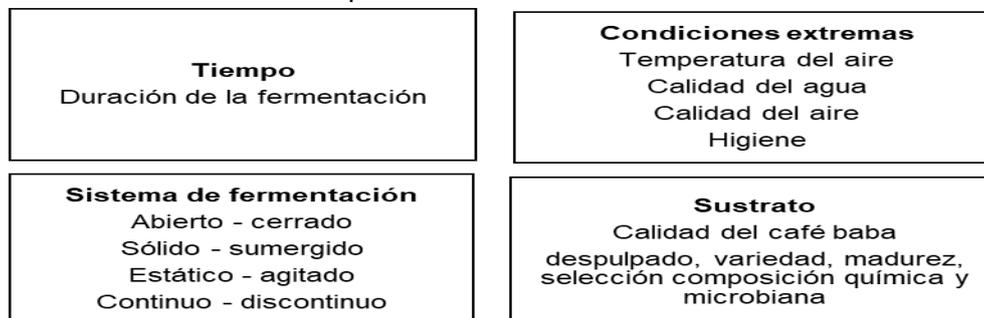
Procesos bioquímicos	Compuestos del sustrato	Productos generados
<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación alcohólica • Fermentaciones láctica y heteroláctica • Degradación de lípidos • Hidrólisis enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Azúcares • Proteínas • Lípidos • Ácidos • Sustancias pécticas • Minerales • Bacterias • Levaduras • Enzimas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol, CO₂, ATP energía • Ácido láctico, ácido acético, CO₂, ATP • Ácidos grasos, ésteres • Ácido galacturónico, metilesteres • Volátiles, cetonas, aldehídos, ésteres, ácidos

Fuente: Puerta y Echeverry, 2015

En las etapas de la fermentación del café, existen varios factores que afectan el metabolismo de los microorganismos presentes como temperatura

extrema, sistema de fermentación, tiempo, calidad del grano, acidez del sustrato, oxigenación e higiene (Puerta y Echeverry, 2015).

Gráfico 2. Factores en el proceso de fermentación del café.



Fuente: Puerta y Echeverry, 2015.

2.13 Sistemas de fermentación del café

2.13.1 Fermentaciones sólidas.

Se deposita en el fermentador el café despulpado, en la cual no se adiciona agua, manteniendo el desagüe cerrado (Puerta, 2013).

2.13.2 Fermentaciones sumergidas.

Este tipo de proceso se recomienda al 30 %, en donde se tapona el desagüe del fermentador, adicionando 30 L de agua por 100 kg de café en baba, cambiando la composición química y microbiológica del sustrato, siendo más homogénea (Puerta, 2013).

El café baba o despulpado contiene el mucílago que se fermenta, la calidad y cantidad de esta materia prima depende de varios factores, principalmente de la madurez del fruto y del control en el despulpado, el promedio de la proporción en peso del mucílago en el fruto de café fresco verde es de 1.26 %, en el pintón 8.31 %, en el maduro alcanza 10.00 % y en el sobremaduro 8.99 %, mientras que en el fruto seco en el árbol o en el suelo no tiene mucílago (Peñuela et al., 2014).

Tabla 3. Tipos de fermentación y sus productos industriales.

Degradación	Sustrato	Microorganismos	Proceso	Productos
Aerobia	Carbohidratos	Bacterias, enzimas	Oxidación completa, respiración celular	Dióxido de carbono (CO ₂) y agua (H ₂ O)
	Proteínas	Bacterias	-	CO iones amonio (NH ⁺), iones 2.4 sulfato (SO ₄ ⁼) y agua
	Lípidos	Bacterias	Enranciamiento	Ácidos grasos
Anaerobia	Azúcares, lactosa, glucosa	Bacterias lácticas	Fermentación láctica	Ácido láctico (CH ₃ CH(OH)-COOH)
	Azúcares, glucosa	Levaduras	Fermentación alcohólica	CO ₂ y etanol (CH ₃ CH ₂ -OH)

Fuente: Puerta, 2013.

Elaborado por: El Autor.

2.14 Método de fermentación con levadura

En la fermentación con levadura suceden distintos procesos bioquímicos en los cuales se trabaja mediante el uso de enzimas que son generadas por la mismas, en donde las bacterias se encargan de fermentar y degradar los azúcares, lípidos, proteínas y ácidos que forman parte del café; se utiliza una fase discontinua en la que no se quita oxígeno y se aplican sistemas abiertos para el CO₂; siendo importante conocer que el suministro de oxígeno es crucial en el crecimiento de las levaduras y BAL (Puerta y Ríos, 2014).

El uso de levadura es considerado como el proceso más tradicional, siendo utilizado en alta escala incluso en el desarrollo de productos alcohólicos en toda la industria; esta genera que los azúcares en medios oxigenados puedan ser transformados en otros compuestos orgánicos; siendo el caso de la fermentación en los granos de café que se basa en las características del sustrato y los granos, siendo la más utilizada *Saccharomyces cerevisiae* (Puerta y Ríos, 2014).

La fermentación puede ocurrir independientemente del procesamiento posterior a la cosecha (seco, semisecho o húmedo), sin control durante este paso puede resultar en cafés de baja calidad, por el contrario, cuando el proceso es controlado se realiza principalmente para brindar experiencias sensoriales (Martínez et al., 2017).

Las levaduras pueden dar como resultados cafés con diferentes perfiles sensoriales, por lo tanto, la co-inoculación de *S. cerevisiae* y *S. bayanus* puede intensificar y aumentar los descriptores de la calidad del café (Martínez et al., 2017).

Las condiciones ambientales tienen una fuerte influencia sobre el microbiota, donde la presencia de factores de estrés como la baja actividad del agua, la alta concentración de azúcar o sal, el bajo contenido de O₂ o CO₂, junto con la disponibilidad limitada de nutrientes determinarán la presencia de microorganismos en la fermentación de los granos de café (Peñuela et al., 2014).

Cuando existen altas concentraciones de azúcar (mayores a 200 g/L) predominan las levaduras y bacterias ácido lácticas en el medio de fermentación debido a un estrés osmótico (Gómez et al., 2013).

Mediante diversos trabajos de investigación sobre tipos de fermentación en granos de café con microorganismos, se ha evidenciado que existe una degradación del mucilago produciendo enzimas pectinasas, debido a la presencia de levaduras tales como: *Erwinia dissolvens*, *E. herbicola*, *E. paracolobactrum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia* sp., *S. marxianus*, *S. bayanus*, *S. cerevisiae* y *Schizosaccharomyces* spp. (Puerta et al., 2015).

La calidad del café se ve afectada principalmente por factores físicos: tamaño, color y granos defectuosos y factores químicos: compuestos claves atribuidos a la calidad, ácidos orgánicos, azúcares y compuestos aromáticos; además los componentes aromáticos son particularmente importantes en los

granos porque son los principales constituyentes de la experiencia sensorial de las bebidas (Bressani et al., 2020).

Durante el procesamiento posterior a la cosecha, la fermentación controlada ayuda a mejorar la calidad sensorial del café, debido a la presencia de levaduras que producen enzimas extracelulares y ácidos orgánicos, favoreciendo características sensoriales positivas (Natividad, 2012).

La fermentación es uno de los pasos posteriores a la cosecha que influyen en la calidad del café, en la cual mediante un ensayo realizado por Da mota et al (2020), evidenciaron que la aplicación de microorganismos como levaduras, mejoran el sabor, aroma, tiempo de proceso, secado y valor económico de los granos; teniendo como principal indicador microbiano a *S. bayanus* y *Torulaspota delbrueckii*, con una alta capacidad pectinolítica y producción de metabólicos como ácidos, alcoholes, piridinas, aldehídos y furanos.

La inoculación de las levaduras en la fermentación permite lograr una mejor calidad de la bebida, dándole características sensoriales deseables como caramelo, chocolate, frutos amarillos y almendras; además son importantes para regular el biocontrol del crecimiento de hongos filamentosos, generar enzimas y sustancias aromáticas volátiles (Souza et al., 2017).

Las levaduras tienen una función importante en la fermentación del café, reduciendo el crecimiento de hongos filamentosos, generando la producción de enzimas pectinolíticas, que favorecen la degradación del mucilago y la calidad del producto final (Ramos et al., 2010).

La concentración de ácidos puede variar según el proceso utilizado, la variedad de café y el método de inoculación, su presencia puede actuar como indicadores de buena calidad del producto final; además cada levadura que se inocule se comporta de manera diferente y para cada tratamiento, las concentraciones de los compuestos varían, en la cual durante la fermentación

se detectan algunos ácidos dominantes deseables, como ácido cítrico y succínico (Silva et al., 2008).

En un estudio realizado por Ribeiro et al (2017), se demuestra que los microorganismos utilizados como cultivos iniciadores para el proceso de fermentación en café pueden ser levaduras *S. cerevisiae* CCMA 0543 y CCMA 0200 y *T. delbrueckii* CCMA 0684, respectivamente, los microorganismos CCMA 0543 y CCMA 0684 pueden ser aislados de frutos de café (*C. arabica* L. var. Acaiá) durante procesos fermentativos secos y semisecos.

Ribeiro et al (2017), reporta que el uso de las cepas CCMA 0543 y CCMA 0684 mejora las sensaciones de la bebida de ambas variedades de café, la variedad Ouro Amarelo inoculada con CCMA 0543, resaltó las sensaciones de acidez y frutos secos y Mundo Novo inoculado con los tratamientos CCMA 0543 y CCMA 0684, respectivamente, redujo la sensación de astringencia, la adición del cultivo iniciador CCMA 0543 destacó la acidez del café, mejorando los resultados sensoriales entre las cepas de levadura, para ambas variedades de café.

En un ensayo realizado por Liu et al (2021), se demostraron que la adición de extractos de levadura mejoró ligeramente el crecimiento tanto de *S. cerevisiae* como de *L. thermotolerans*; además, los extractos de levadura también aumentaron la producción de ácidos orgánicos (ácido succínico y ácido acético) y volátiles como alcohol 2-feniletílico y ésteres etílicos (octanoato de etilo y 2,4-hexadienoato de etilo); además, la suplementación con extractos de levadura mostró un efecto más significativo en el rendimiento (crecimiento de levadura) de *S. cerevisiae* que en *L. thermotolerans*.

Mediante un ensayo realizado por Bressani et al (2021), demostraron que los cafés inoculados con poblaciones de levaduras alrededor de 10^6 cel/g obtuvieron los puntajes más altos, y la co-inoculación con *C. parapsilosis* CCMA 0544 y *T. delbrueckii* CCMA 0684 obtuvo la puntuación

más alta en el análisis sensorial, se observaron diferentes descriptores en cada tratamiento, cuerpo, sabor, equilibrio y retrogusto estaban fuertemente relacionados con *C. parapsilosis* CCMA 0544, el proceso de fermentación mejoró la calidad de los cafés de baja altura.

En un ensayo realizado por Evangelista et al (2014) manifiestan que en todas las pruebas que se realizaron, las levaduras persistieron hasta el final de la fermentación, no existiendo cantidades de ácido propiónico y butírico; además el uso de cultivos iniciadores en la fermentación es una alternativa económicamente viable para obtener un café diferenciado, agregando valor al producto y estandarizando el proceso seco.

2.15 Métodos de fermentación con ácido lácticas bacterias (BAL)

La fermentación mediante el uso de bacterias ácido lácticas se logra mejorar las condiciones mediante la regulación del oxígeno, en la cual las bacterias no se proliferan; en el proceso láctico es necesario la utilización de los *Lactobacillus* spp y los Estreptococos; la producción del ácido láctico se consigue mediante la agitación constante de los sistemas en los cuales se pueda mejorar la homogenización y el rendimiento del café, en la cual depende de un proceso de fermentación en base a su temperatura entre 4 a 8 °C con un tiempo de refrigeración que alcance 31 horas (Zabala et al., 2009).

Los principales beneficios de la fermentación con ácido láctico ofrecen que el café pueda obtener un importante valor agregado en el proceso, potencializando el sabor y aroma del producto; entre las principales ventajas que se generan con la fase láctica son el lograr una fermentación homogénea, puesto que el ácido láctico permite que las bacterias puedan transformar algunos azúcares en otros compuestos (Zabala et al., 2009).

La fermentación láctica permite que las bacterias y enterobacterias puedan transformar los azúcares en ácido láctico, etanol y CO₂, no obstante, estas ventajas no son notablemente significativas en base al café proveniente de distintas áreas geográficas, el procesamiento dependerá de otros aspectos

relacionados a las variables y casas productoras, concentrándose en las condiciones con las cuales es producido (Pintado y Vega, 2019).

En las fases primarias la fermentación está dominada por bacterias ácido lácticas, pero conforme disminuye el pH dos especies de levadura *S. cerevisiae* y *S. bayanus* colonizan el medio, de las cuales *S. bayanus* aprovecha el bajo pH y los ácidos orgánicos para dominar el medio en la fase final de fermentación (Pintado y Vega, 2019).

Oktaviani, et al (2020), analizaron el efecto de la fermentación de los granos de café fresca con cinco tipos diferentes de BAL a 37 °C en condiciones anaeróbicas durante 48 h; se demostraron que la actividad antioxidante de la pulpa de café fermentada aumentó desde un 72 % hasta un 81.8 % dependiendo de los tipos de BAL, el contenido fenólico total de la pulpa de café aumentó de 1 a 1.2 % cuando se fermentó con *Lactobacillus casei* pero disminuyó con otros tipos de BAL;

2.16 Características físicas, químicas y microbiológicas del café

A continuación, presenta los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN.

2.16.1 Requisitos específicos del café tostado en grano o molido.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 123:2006, el café verde utilizado para la producción de café tostado en grano o molido debe cumplir con la NTE INEN 285, que se indican en la Tabla 4.

Tabla 4. Requisitos del café tostado en grano o molido.

REQUISITO	GRADO 1	GRADO 2	GRADO 3	GRADO 4	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	11 % mínimo 12.5 % máximo	11 % mínimo 12.5 % máximo	11 % mínimo 12.5 % máximo	11 % mínimo 12.5 % máximo	INEN 286
Forma	Grano normal	Grano normal	Grano normal	Grano normal	INEN 288
Color	Verde gris azulado	Verde gris azulado	Verde gris azulado	Verdepálido a verde	INEN 288

Número de defectos	Máximo 10 Defectos secundarios en una muestra de 300 gramos	Máximo 15 defectos secundarios y sin defectos primarios en una muestra de 300 gramos	Máximo 23 defectos secundarios y sin defectos primarios en una muestra de 300 gramos	Máximo 45 defectos en una muestra de 300 gramos	INEN 289
Calidad de taza	Acidez, aroma y sabor de medio alto a alto, mediano cuerpo y tueste homogéneo.	Taza limpia y libre de sabores extraños.	Taza limpia y libre de sabores extraños.	Taza limpia y libre de sabores extraños.	ISO 6668

Fuente: NTE INEN 1 123, 2006

Elaborado por: El Autor.

2.16.2 Requisitos del tamaño del café tostado y molido.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 123:(2006), el tamaño de la partícula del café tostado y molido, debe cumplir con lo establecido en la Tabla 5.

Tabla 5. Tamaño de la partícula del café tostado y molido.

Tamaño del tamiz	Debajo del tamiz de 350µm	Entre los tamices 350 µm- 500 µm	Entre los tamices 500µm-700 µm	Entre los tamices 700 µm- 900 µm
Denominación	Extrafino	Fino	Mediano	Grueso

Fuente: NTE INEN 1 123, 2006

Elaborado por: El Autor.

2.16.3 Requisitos fisicoquímicos del café tostado y molido.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 123:(2006), el café tostado en grano y el café tostado y molido deben cumplir con los requisitos físico y químicos establecidos en la Tabla 6.

Tabla 6. Requisitos físicos y químicos del café tostado en grano y molido.

REQUISITOS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	METODO DE ENSAYO
Humedad	%	---	5	NTE INEN 1 114
Contenido de Cafeína en base seca:				
- Para café sin descafeinar.	%	0.75	--	NTE INEN 1 112

- Para café descafeinado.	%	--	0.3	
Cenizas totales	%	--	5	NTE INEN 1117
Extracto acuoso (enbase seca)	%	-	32	COVENIN 434
Grado de tueste:	% de reflexión			NTE INEN 1 123 (Anexo B)
- Oscuro		18	27	
- Mediano		27.1	34	
- Claro		34.1	40	

Fuente: NTE INEN 1 123, 2006

Elaborado por: El Autor.

2.16.4 Requisitos microbiológicos del café tostado y molido.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 123:(2006), el café tostado en grano y el café tostado y molido debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Requisitos microbiológicos del café tostado en grano y molido.

REQUISITOS	N	m	M	C	METODO DE ENSAYO
REP Aerobios mesófilos, UFC/g	5	10X10 ²	20X10 ³	1	NTE INEN1 529-5
Coliformes, NMP/g	5	3X10 ⁰	1.1X10 ¹	1	NTE INEN1 529-6
E. Coli, NMP/g	5	< 3(*)	-	0	NTE INEN1 529-8
Mohos UP/g	5	1.0X10 ²	2.0x10 ³	2	NTE INEN1 529-10

(*) Ausencia

Fuente: NTE INEN 1 123, 2006

Elaborado por: El Autor.

2.16.5 Requisitos físicos y químicos del café soluble.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 122:(2013), el café soluble debe cumplir con los requisitos físicos y químicos establecidos en la Tabla 8.

Tabla 8. Requisitos físicos y químicos del café soluble

REQUISITOS UNIDAD	CAFÉ SOLUBLE Liofilizado		CAFÉ SOLUBLE DESCAFEINADO Liofilizado		MÉTODO DE ENSAYO	
	MIN	MÁX	MIN	MÁX		
	Cenizas totales	%	--	14		--

Cafeína en base seca	%	2.0	--	--	0.3	NTE INEN 1112 NTE INEN-ISO 4052
pH	%	4.7	5.5	4.7	5.5	Punto 5.2.2

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

2.16.6 Requisitos del contenido de contaminantes del café soluble.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 122:(2013), el café soluble debe cumplir con los requisitos del contenido máximo de contaminantes establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9. Requisitos de contaminantes del café soluble

Metal	Límite máximo mg/kg
Cobre (Cu)	20
Plomo (Pb)	1
Zinc (Zn)	50
Arsénico (As)	0.5
Estaño (Sn)	20
Cadmio (Cd)	0.1
Mercurio (Hg)	0.1

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

2.16.7 Requisitos de perfil de carbohidratos del café soluble.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 122:(2013), el café soluble debe cumplir con los requisitos de perfil de carbohidratos establecidos en la Tabla 10.

Tabla 10. Requisitos de perfil de carbohidratos del café soluble

Carbohidrato	Máximo % (m/m)	MÉTODO DE ENSAYO
Glucosa total	2.6	NTE INEN-ISO 11292
Xilosa total	0.6	NTE INEN-ISO 11292
Fructosa libre	1.0	NTE INEN-ISO 11292

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

2.16.8 Requisitos microbiológicos del café soluble.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 122:(2013), el café soluble debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 11.

Tabla 11. Requisitos microbiológicos del café soluble

Requisitos	N	c	m	M	Método de ensayo
REP UFC/g Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos	5	2	5.0×10^3	1.0×10^4	NTE INEN 1529-5
Coliformes totales NMP/g	5	1	$< 3 \times 10^0$	1.0×10^2	NTE INEN 1529-6
E. Coli NMP/g	5	0	1.0×10^2	1.0×10^3	NTE INEN 1529-8
Mohos y levaduras UPC/g	5	2			NTE INEN 1529-10

* $< 3,0 \times 10^0$, significa que no existirá ningún tubo positivo en la técnica del *NMP* con series de trestubos.

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

2.17 Empaque

El proceso de empaquetado del café es una parte importante en el desarrollo de una empresa cafetera, principalmente porque existe una gran variedad de presentaciones del producto las cuales van desde los frascos de cristal, botes de aluminio, hasta el uso de papel, cartón y fundas plásticas (López et al., 2018).

Las formas de empaquetado no generan realmente un problema en la afectación del producto, esto si no se permite el ingreso de oxígeno, debe estar protegido de la luz y humedad; esto se debe a que el oxígeno causa que el café pierda su sabor y aroma, puesto que generan la oxidación en el producto; además, los ambientes húmedos generan la aparición y propagación de las bacterias y hongos dentro del empaque, afectando el

producto logrando que este no sea apto para el consumo humano (López et al., 2018).

2.18 Grados Brix

El mucilago del café esta conformado por sacarosa, glucosa, fructosa, ácido málico, acético, succínico, oxálico, ésteres, polisacáridos, proteínas y cenizas; por lo general el promedio de los grados Brix de un fruto pintón es menor en los frutos maduros (Álvarez, 2021).

Existen variedades de café, que registran contenidos de sólidos disueltos de 16 a 20 °brix en su estado óptimo de madurez, para realizar las cosechas técnicas de la cereza de café, se usan los grados Brix como indicador de madurez óptima, en busca de determinar las concentraciones de sólidos solubles, donde se analizan los azúcares reductores que sirven de sustrato para los microorganismos (Álvarez, 2021).

La inoculación de *S. bayanus* en el proceso de fermentacion, reduce los grados °Brix y pH, no afectando las características organolépticas del café como fragancia, aroma, sabor, acidez, cuerpo, uniformidad y taza (Martínez, 2021).

2.19 Potencial hidrógeno (pH) de fermentación

Las fermentaciones de los alimentos generalmente están dominadas por bacterias del ácidas lácticas y levaduras como *Candida krusei* y *Saccharomyces bayanus*, en la cual se disminuye el pH del medio, generando condiciones que deterioran la presencia de microorganismos hasta el punto en que mueren, por ello, las interacciones entre los agentes microbianos son las causantes de dichos cambios en el pH, por ejemplo, si *Saccharomyces bayanus* consume la glucosa disponible en el medio y condiciona la reproducción a *Lactobacillus plantarum*, el cual se ve obligado a consumir el citrato, pero si *L. plantarum* llegara a consumir glucosa este fermentaría el citrato y disminuiría el pH del medio de fermentación disminuyendo la reproducción de *S. bayanus* (Vázquez, 2015).

El pH indica qué tipo de microorganismos se encuentran en la solución para la fermentación, donde conforme pasa el tiempo generan ácidos orgánicos, formando olores como vinagre o achampanado lo que sugiere que está en su fermentación óptima (Vázquez, 2015).

Cuando se realiza el despulpado el pH es más bajo, con un pH de 3.5 todos los microorganismos actúan y se vuelve un punto crítico en la fermentación, cuando el pH se encuentra sobre 4.5 o bajo 3.5 se producen reacciones que perjudican la calidad del grano de café (Oktaviani et al., 2020).

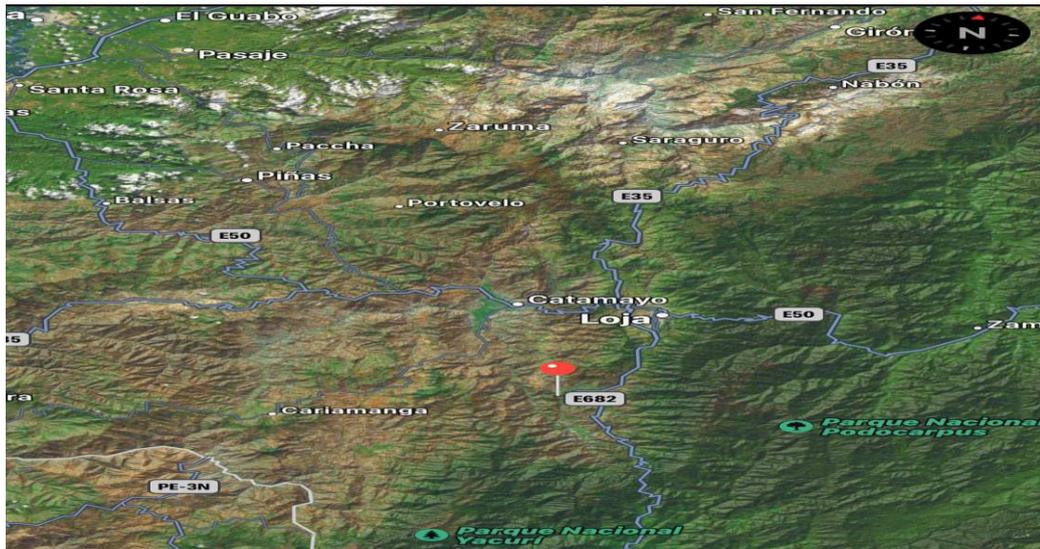
Por lo general en los sistemas de fermentación abierta existe una disminución más lenta del pH, que, en ambientes cerrados, en donde a mayor temperatura más rápido es el proceso (Arcos, 2017).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la finca de Agroloja ubicada en la provincia de Loja, Cantón Loja, parroquia Malacatos, barrio Santa Ana. a 1800 msnm.

Gráfico 3. Ubicación geográfica de la finca Agroloja.



Fuente: Google maps

3.2 Materiales, insumos y equipos

3.2.1 Materia prima.

- Café cerezo maduro (*Coffea arábica* L.)
- Levadura (*Saccharomyces bayanus*).
- Dextrosa
- Peptona

3.2.2 Insumos.

- Agua potable para el lavado
- Agua para el proceso de catación

3.2.3 Materiales y equipos.

- Bandeja de acero inoxidable
- Airlock

- Baldes
- Bolsas de polipropileno para muestras
- Mesa
- Bandejas de plástico
- Zarandas (N°14)
- Cucharas de catación
- Mesa de catación
- Despulpadora
- Refractómetro
- pH metro
- Balanza digital
- Trilladora
- Medidor de humedad
- Tostador de muestra de café
- Molino de café
- Cronómetro

3.3 Estructura Metodológica

3.3.1 Modalidad de la investigación.

Según Hernández et al (2018), la metodología de este trabajo de integración curricular se direccionó desde una revisión sistémico de literatura actualizada sobre el proceso de fermentación del café, el enfoque cualitativo comprendió fase de registro y análisis estadístico de los resultados pertenecientes a la fermentación de la materia prima, la percepción sensorial del café se enmarco desde una perspectiva cualitativa, el diseño cumplió con la formalidad experimental.

3.3.2 Investigación exploratoria, descriptiva y correlacional.

Exploratoria: es una investigación más rigurosa, con la finalidad de verificar las hipótesis causales, explicando las causas de los hechos, fenómenos, eventos y procesos naturales (Nieto, 2018).

Descriptiva: si bien puede sugerir otras investigaciones, las mismas que tienen un fin, aunque es obvio que frecuentemente suelen servir de base para futuras investigaciones constituyendo un elemento generador de hipótesis (Tinto, 2013).

Correlacional: es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, que evalúa la tendencia en los datos evaluados, específicamente cuando dos variables están asociadas una variable brinda información acerca de la otra, por el contrario, cuando no existe asociación, el aumento o disminución de una variable no expresa nada sobre el comportamiento de la otra variable (García y García, 2018).

3.3.3 Alcance de la investigación.

La investigación se focalizó en establecer la relación asociativa entre la aplicación de diferentes concentraciones de levaduras (*Saccharomyces bayanus*) en el café (*Coffea arabica* L.) y su efecto en la calidad sensorial del café molido.

El diseño estuvo conformado por tres tratamientos (T1, T2 y T3), con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus* al 0.1 %, 0.5 %, junto a un tratamiento con bacterias ácido lácticas (BAL) respectivamente, las cuales según Zabala et al. (2009) estaban conformadas por los géneros *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Oenococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus* y *Weissella* y *Lactobacillus*. En el T3 no hubo preparación de las bacterias ácido lácticas, ni inoculación controlada.

Esta investigación empleó como materia prima el café cerezo maduro (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra, la metodología estableció una preparación de la materia prima y la descripción de las operaciones necesarias para el análisis organoléptico del café, se realizaron pruebas estadísticas para la comprobación de las hipótesis formuladas.

3.4 Preparación de la materia prima

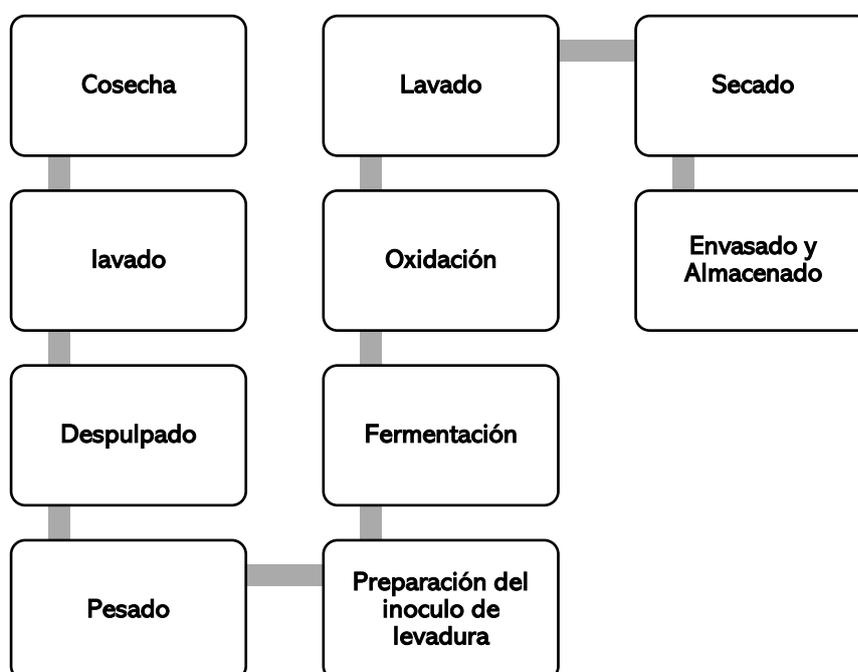
El proceso tecnológico de preparación de la materia prima se realizó en función de un diagrama de flujo desarrollado por Sánchez (2018). a continuación, en el grafico 4, se detallan la secuencia del proceso de preparación y fermentación:

- **Cosecha:** ingresó al boyado para elegir los maduros óptimos con una buena selección, de ahí se procedió al pesado que se necesitó 92 Kg de café variedad sidra, se descartó los frutos secos, se obtuvo frutos maduros.
- **Lavado:** sumergió en un tanque tina lleno de agua, por densidad los granos vanos, brocados, palos y hojas flotaron y los cerezos buenos fueron al fondo del tanque tina.
- **Despulpado:** las cerezas lavadas fueron llevadas a la despulpadora para separar la cáscara del fruto. Dicha máquina esta calibrada antes de realizar el trabajo para evitar dañar los granos despulpados.
- **Pesado:** se colocaron 3 kg de café despulpado en 30 fundas, dando un peso de 92 kg para análisis de materia prima, se tomaron 10 muestras tipo "Laboratorio" de 500 gramos a este lote de 92 kg, a cada muestra de 500 gr se le realizaron mediciones de °Brix, pH, temperatura de la muestra y temperatura ambiente.
- **Preparación del inóculo de levadura:** la cepa se cultivó en un caldo YPD (Levadura (*Saccharomyces bayanus*)), al 0.1 % y 0.5 % en cada tratamiento, 40 g/L de péptido y 40 g/L dextrosa a una temperatura promedio de 21.21 °C, dejando reposar una hora (Da Mota et al., 2020).
- **Fermentación:** el proceso de fermentación se llevó a cabo en dos fases la primera consistió en preparar 30 fundas plásticas de 3 kg cada una para entrar a la fase de fermentación. Los tratamientos se dividieron en tres áreas según la concentración de la levadura y un tratamiento con bacteria ácidos lácticas. Se contabilizaron 10 fundas con 3 kg de café cereza para cada tratamiento, las concentraciones de levadura se dividieron para el primer tratamiento al 0.1 %, para el segundo tratamiento se empleó 0.5 % sobre el peso de la materia prima, el tercer tratamiento no se le aplico ningún porcentaje del

complejo YPD. La segunda fase se desarrolló preservando cada funda de cada tratamiento con su correspondiente Air lock por siete días de fermentación. Al día siete de la fermentación, se procedió a realizar las mediciones de °Brix, pH y temperatura de cada repetición.

- **Oxidación:** continuó con el proceso de oxidación por 48 horas mezclando cada 3 horas, con la finalidad de mejorar la síntesis catabólica de sustancias orgánicas, generando diversas moléculas y energía (Puerta, 2013).
- **Lavado:** se lavaron las muestras con la finalidad de eliminar el mucilago fermentado. Se lavaron con agua potable en tinas, en este proceso se separó los granos buenos de los granos vanos.
- **Secado:** el secado se lo realizó con aproximadamente en 22 a 24 días con temperatura 32 °C, controlando que humedad debe llegar a 12 %.
- **Envasado y Almacenado:** los tres tipos de café obtenidos del tratamiento T1, T2 y T3 fueron almacenados en sacos de yute por 8 días.

Gráfico 4. Proceso del Acondicionamiento de la materia prima



Fuente: Da mota et al, 2020

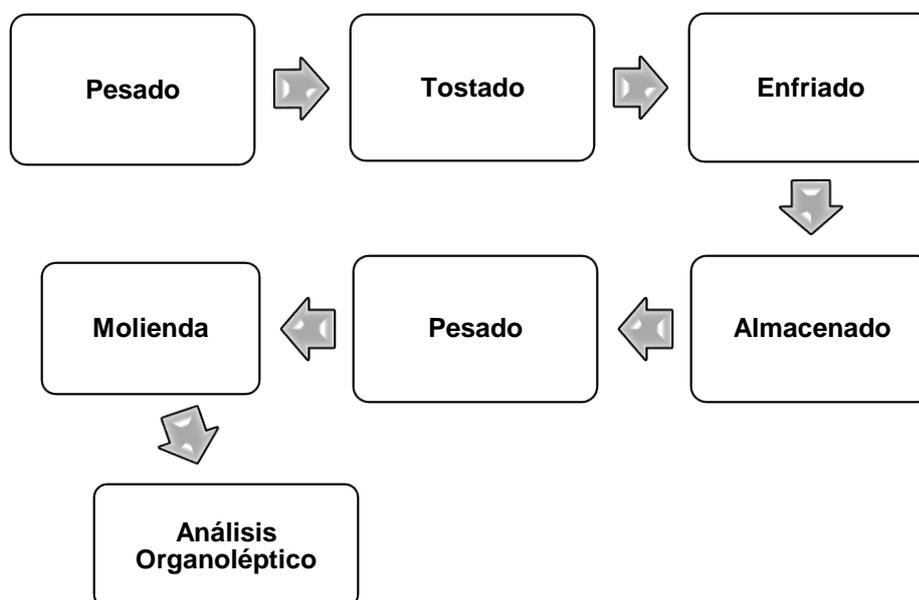
Elaborado por: El Autor

3.5 Operaciones para análisis organoléptico del café

La segunda etapa presenta los detalles para el acondicionamiento y el registro de los datos que se obtuvieron de las pruebas organolépticas según lo establecido por la Specialty Coffee Association (SCA), los Gráficos 5 y 6 se detallan cada paso. El proceso de análisis organoléptico del café se realizó en función de un diagrama de flujo desarrollado por Pintado y Vega (2019).

- **Pesado:** Se pesó el contenido recibido para cada tratamiento del café.
- **Tostado:** Se tostó cada muestra pesada por un tiempo de 12 minutos, con una temperatura inicial de 200 °C.
- **Pesado:** Se pesó la muestra obtenida de café tostado en 4 pírex, donde 4 pírex equivale una muestra (referencia protocolo del SCA).
- **Molienda:** Se molieron las muestras con una granulometría de N°2.5, donde el primer pírex es utilizado para purgar el molino y retirar las partículas que hayan quedado de la muestra anterior.

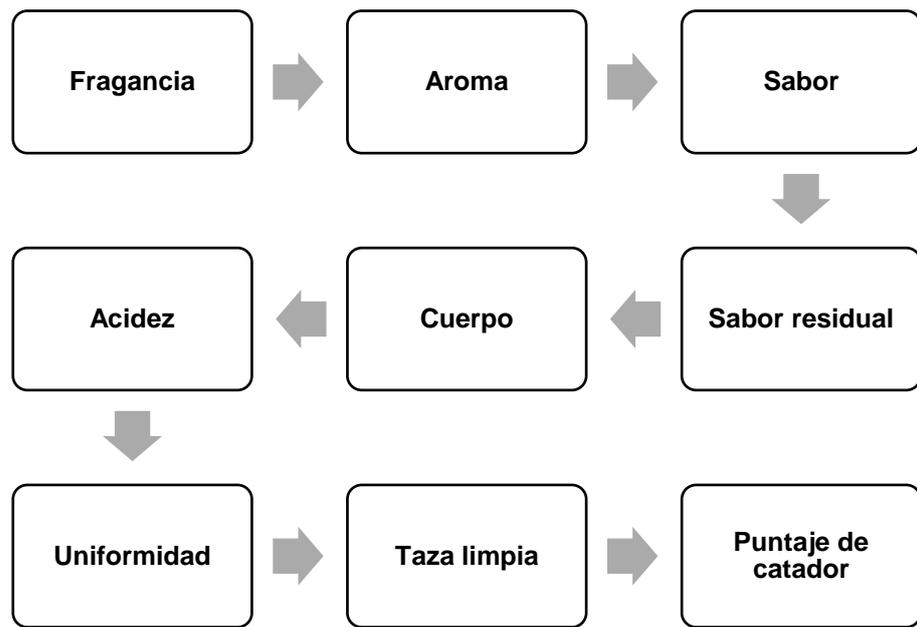
Gráfico 5. Operaciones del análisis organoléptico del café



Fuente: Pintado y Vega, 2019
Elaborado por: El Autor.

- **Análisis Organoléptico:** Se presentaron 30 muestras codificadas a un panel de expertos de 20 participantes. Se realizó el análisis organoléptico para determinar si el café ha tenido un buen proceso de fermentado con las diferentes dosis de levaduras que se aplicaron. Se calificaron los siguientes aspectos sensoriales durante la catación según la referencia protocolo del SCA:
 - **Fragancia:** Se aspiró los gases sueltos de la muestra recién molida.
 - **Aroma:** Se agregó agua hervida a cada pírex a una temperatura de 93 °C, se dejó reposar de 3 a 5 minutos, se formó una capa o costra en la superficie de la taza. Con una cuchara se removió la costra y se aspiró los vapores sueltos de cada muestra en combinación con el agua.
 - **Sabor:** Se colocó la cuchara con la bebida cerca de la boca y se aspiró, se retuvo la bebida en la boca de tres a cinco segundos para percibir la intensidad y calidad de las características de la muestra. Se anotó su respectiva calificación.
 - **Sabor residual:** Se expulsó la bebida en un escupidero y se evaluó la sensación que permanece en la boca después de la degustación determinando el sabor residual.
 - **Cuerpo:** Se deslizó la lengua suavemente a través del paladar para determinar la textura, el contenido de grasa y la viscosidad.
 - **Acidez:** Se volvió a probar la bebida y con la ayuda del paladar determinando el tipo de acidez que presenta la muestra.
 - **Uniformidad**
 - **Taza limpia**
 - **Puntaje de catador:** Los catadores determinaron el puntaje final y la descripción de cada muestra.

Gráfico 6. Pruebas organolépticas del café



Fuente: SCA.
Elaborado por: El Autor.

3.6 Diseño experimental

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por tres kilogramos (3 kg) de café cereza, sometido a tres tratamientos con distintas concentraciones de *Saccharomyces bayanus* al 0.1 %, al 0.5 % y un tratamiento de referencia.

El diseño contempló la aplicación de pruebas estadísticas para determinar los supuestos de la normalidad de datos que permitieron contrastar las hipótesis formuladas. Se consideraron análisis de inferencia estadística para demostrar diferencias de medias y niveles de correlación entre las variables. El diseño estadístico se estructuró en dos fases.

La primera fase determinó los niveles de asociación, y diferencias de medias de las variables °Brix y pH de las muestras sometidas al proceso de fermentación con distintas [levadura] y un tratamiento sin adición de levadura.

La segunda fase estuvo orientada a establecer el análisis de la apreciación sensorial de los tres tipos de café obtenidos. Se realizaron

pruebas de catación con un panel de catadores expertos seleccionados y un grupo no entrenado.

3.7 Análisis estadístico

El diseño experimental contempló el empleo de pruebas estadística para la comprobación de la hipótesis en esta investigación. La recopilación de datos para alcanzar el contraste de hipótesis se dividió en dos fases.

La Fase I, consideró la evaluación del comportamiento de las variables °brix y pH de las muestras sometidas a la fermentación.

La fase II se estructura para contrastar las hipótesis relacionadas con la percepción de los tres tipos de café obtenidos.

El proceso estadístico inició con la aplicación de pruebas de Bondad de ajuste, las cuales permitieron determinar si los datos se acercaban a una distribución probabilística normal y establecer la clasificación de las variables de orden paramétrico o no paramétrico.

Para cada fase se estableció un análisis estadístico integral, compuesto por las pruebas de bondad de ajuste y tamaño de la muestra, la evaluación de la normalidad de los datos se realizó en todas las fases de ejecución del experimento, el tamaño de la muestra se realizó con el cálculo de la potencia. Se seleccionó la prueba de normalidad según el tamaño de la muestra, se consideraron los test de Kolmogorov-Smirnov y el de Shapiro-Will, junto a la prueba de homocedasticidad.

Las pruebas estadísticas del tipo paramétrica o no paramétrica se determinaron según la distribución de los datos. La inferencia estadística para demostrar diferencias de medias consideró la distribución probabilística de los datos y se seleccionó entre ANOVA para muestras independientes (variables paramétricas) o Kruskal-Wallis (variables no paramétricas). La inferencia estadística correlacional fue establecida de igual manera según los resultados

de los supuestos de normalidad. En esta etapa de análisis fueron tomadas en consideración las pruebas de correlación de Pearson, Spearman y Chi² según el comportamiento de los datos registrados.

No. Tratamiento	Café cerezo maduro / Kg										Concentraciones de levadura
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

3.7.1 Factores.

- Factor A: Café cerezo maduro: 3 kg.
- Factor B: Concentraciones de *Saccharomyces bayanus*: 0.1 % y 0.5 %
- Factor C: Bacterias ácido lácticas.
- Repeticiones: 10.
- FA X FB_{0,1%} X R_{1,2...10}
- FA X FB_{0,5%} X R_{1,2...10}
- FA X FC_{BAL} X R_{1,2...10}

3.8 Tratamientos

En la Tabla 12, se referencia los tratamientos que se llevaron a cabo en el diseño experimental:

Tabla 12. Tratamientos del diseño experimental

Elaborado por: El Autor.

3.8.1 Interacciones de tratamientos.

Para el desarrollo del ensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y ocho repeticiones. A continuación, en la Tabla 13 se presenta la combinación de los tratamientos realizados.

Tabla 13. Interacción de tratamientos

Tratamien tos	REPETICIONES										$\mu+/-$
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
T1	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1xR
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	10	
T2	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1xR
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	10	
T3	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1x	T1xR
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	10	

Elaborado por: El Autor.

3.8.1.1 Pruebas de normalidad. Según los aportes de Romero (2016) las pruebas de bondad ajuste para determinar el comportamiento de los datos, y llevar a cabo en el contraste estadístico de las variables pueden establecerse a partir de los siguientes pasos:

Paso 1: Plantear la hipótesis de normalidad.

- H_0 : Datos siguen una distribución normal.
- H_a : Datos no se distribuyen según un modelo de probabilidad normal.

Paso 2: Nivel significancia (NC)

- NC: 95 %
- Margen de error: 5 %

Paso 3: Prueba normalidad.

- Kolgomorov – Smirnov.
- Shapiro-Wilks.

Paso 4: Aplicar estadístico de prueba.

Paso 5: Se establecieron pruebas de Homocedasticidad (prueba de Levene).

3.8.1.2 Pruebas para el coeficiente de correlación. Las pruebas de bondad y ajuste determinaron la selección de las pruebas de inferencia estadística para datos con distribución normal o distinta. Esta investigación consideró pruebas de orden paramétricas o no paramétricas según los supuestos que fundamentan al coeficiente de correlación los cuales se listan a continuación (Restrepo y González 2007). Las pruebas fueron procesadas con el software estadístico SPSS® ver 27.

- La distribución conjunta de las variables (X, Y) debe ser normal bivariada.
- En términos prácticos para validar dicho supuesto se debe observar que cada variable se distribuya en forma normal (11. 15), si una sola de las variables se desvía de la normalidad, tampoco es normal la distribución conjunta.
- Debe existir una relación de tipo lineal entre las variables (X, Y).
- Para cada valor de X, hay una subpoblación de valores de Y normalmente distribuidas.
- Las subpoblaciones de valores Y tienen varianza constante.
- Los promedios de las subpoblaciones de Y tienen ubicación en la misma línea recta.
- Las subpoblaciones de X tienen varianza constante.
- Las medias de las subpoblaciones de X se encuentran en la misma línea recta.
- Para cada valor de Y hay una subpoblación de valores X que están normalmente

El contraste estadístico se determina por:

$H_0: \rho = \rho_0$ hipótesis nula,

$H_a: \rho \neq \rho_0$ hipótesis alternativa

3.8.1.3 Pruebas para el análisis de la varianza. El contraste de hipótesis se basó en el modelo experimental de efectos fijos.

La codificación de las hipótesis quedó representada como:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_{10}$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

H_{01} = El proceso de fermentación no afecta los promedios de grados brix del tratamiento.

H_{a1} = El proceso de fermentación afecta los promedios de grados brix de los tratamientos seleccionados.

H_{02} = El proceso de fermentación no afecta los promedios del pH de los tratamientos seleccionados.

H_{a2} = El proceso de fermentación afecta los promedios del pH de los tratamientos seleccionados.

3.8.1.4 Modelo lineal. Se denomina modelo lineal de ANOVA (a una vía de clasificación) para la observación Y_{ij} :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}, \quad \text{con } i=1, \dots, a \text{ y } j=1, \dots, n$$

Donde:

- Y_{ij} : es la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento
- μ : es la media general de las observaciones
- τ_i : es el efecto del i -ésimo tratamiento
- ϵ_{ij} : es una variable aleatoria normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza $\sigma^2 \forall i, j$.

3.8.1.5 Contraste de hipótesis para la percepción del café. $H_{03} =$

La percepción sensorial del grupo de catadores certificados y el grupo semi entrenado son independientes.

$H_{a3} =$ La percepción sensorial del grupo de catadores certificados y el grupo semi entrenado son dependientes.

3.9 Análisis físico y químico del café molido

A continuación, la Tabla 14 presenta las especificaciones técnicas del café tostado y molido:

Tabla 14. Especificaciones técnicas del café tostado y molido

Café tostado y molido	Valores referenciales	
	Mínimo	Máximo
°Brix	20	24
pH	4.7	5.5

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

4 RESULTADOS

4.1 Características físicos, químicos y microbiológica en la fase inicial

Del análisis físico y químico realizado a la materia prima en la fase inicial del proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados físicos y químicos de la materia prima inicial

Parámetros	Unidades	Resultados	Método de ensayo
Arsénico	mg/kg	0.0145	Aoac 2015.01; icp-ms
Azúcares totales	%	3.3	Hplc
Cadmio	mg/kg	0.00713	Aoac 2015.01; icp-ms
Cafeína	mg/100g	215.2	Pee.lasa.br.36; aoac 960.25; 980.14 Nte inen iso 20481:2014

Cafeína (en base seca)	mg/100g	216.5	Pee.lasa.br.36; aoac 960.25; 980.14 Nte inen iso 20481:2014
Cenizas	%	1.3	PEE.LASA.FQ.10c; GRAVIMÉTRICO
Cobre	mg/kg	2.85	Aoac 2015.01; icp-ms
Estaño	mg/kg	<0.00100	Aoac 2015.01; icp-ms
Fructosa	%	1.7	Hplc
Glucosa	%	1.4	Hplc
Humedad	%	74.3	Pee.lasa.fq.10; gravimétrico
Mercurio	mg/kg	<0.00100	Aoac 2015.01; icp-ms
pH	Unidades de pH	4.26	PEE.LASA.FQ.03a; POTENCIOMÉTRICO
Plomo	mg/kg	0.00234	Aoac 2015.01; icp-ms
Zinc	mg/kg	1.21	Aoac 2015.01; icp-ms

Elaborado por: El Autor.

Del análisis microbiológico realizado a la materia prima en la fase inicial del proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arábica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados microbiológicos de la materia prima inicial

Parámetros	Unidades	Resultado
Coliformes totales	NMP/g	<3
<i>Escherichia coli</i>	NMP/g	<3
Aerobios mesófilos	UFC/g	62 x 10 ⁴
Levaduras	UFC/g	77 x 10 ⁴
Mohos	UFC/g	<10

Elaborado por: El Autor.

4.2 Características físicos, químicos y microbiológica post fermentación

Del análisis físico y químico realizado a la materia prima del tratamiento 1 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados físicos y químicos del Tratamiento 1 (T1)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
pH	pH	4.86	4.7	Pee.lasa.fq.03a; Potenciométrico
°Brix	°Brix	6.7	20	Pee.lasa.fq.25; Refractometria

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

Del análisis físico y químico realizado a la materia prima del tratamiento 2 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados físicos y químicos del Tratamiento 2 (T2)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
pH	pH	4.83	4.7	Pee.lasa.fq.03a; Potenciométrico
°Brix	°Brix	8.1	20	Pee.lasa.fq.25; Refractometria

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

Del análisis físico y químico realizado a la materia prima del tratamiento 3 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea*

arábica L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados físicos y químicos del Tratamiento 3 (T3)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
pH	pH	4.90	4.7	Pee.lasa.fq.03a; Potenciométrico
°Brix	°Brix	9.4	20	Pee.lasa.fq.25; Refractometria

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

Del análisis microbiológico realizado a la materia prima del tratamiento 1 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arábica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Resultados microbiológicos del Tratamiento 1 (T1)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
Levaduras	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Mohos	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Coliformes totales	UFC/g	<10	$< 3 \times 10$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	$< 3 \times 10^0$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

Respecto al microbiológico realizado a la materia prima del tratamiento 2 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea*

arábica L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados microbiológicos del Tratamiento 2 (T2)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
Levaduras	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Mohos	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Coliformes totales	UFC/g	<10	$< 3 \times 10$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	$< 3 \times 10^0$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

En referencia al análisis microbiológico realizado a la materia prima del tratamiento 3 en la fase posterior al proceso de fermentación del café cereza (*Coffea arábica* L.) variedad Sidra, se registraron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados microbiológicos del Tratamiento 3 (T3)

Parámetros	Unidad	Resultado	Valores referenciales	Método de ensayo
Levaduras	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Mohos	UFC/g	<10	1.0×10^2	Pee.lasa. Mb,04; bam cap 18 ed.2005
Coliformes totales	UFC/g	<10	$< 3 \times 10$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	$< 3 \times 10^0$	Pee.lasa.mb.20; aoac 991.14, Ed. 21, 2019

Fuente: NTE INEN 1 122, 2013

Elaborado por: El Autor.

4.3 Evaluación de °Brix y pH en fase post fermentación

La determinación de los promedios de °Brix y pH en fase post fermentación que se obtuvieron en cada repetición del experimento se puede observar en las Tablas 23.24.

Tabla 23. Promedios de °Brix

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Media μ
[0.1 %]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
[0.5 %]	5	5	5	6	6	4	5	6	5	5	5.20
Bacterias ácido lácticas	8	9	8	9	8	8	8	8	9	7	8.20

Elaborado por: El Autor.

En relación con el promedio de °Brix (5) con el tratamiento con *S. bayanus* (0.1 %) se obtuvo una media más baja, respecto al promedio (5.20) del tratamiento con *S. bayanus* (0.5 %) y el promedio (8.20) del tratamiento con Bacterias ácido lácticas, que lograron mayores promedios en la prueba.

Tabla 24. Promedios de pH

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Media μ
[0.1 %]	4	3.99	4.01	4	3.99	4	4	3.97	3.99	4.05	4
[0.5 %]	4.02	4.02	4.01	4	3.99	3.99	3.99	4.03	4.04	4.02	4.01
Bacterias ácido lácticas	3.72	3.74	3.7	3.69	3.74	3.72	3.72	3.79	3.73	3.72	3.72

Elaborado por: El Autor

En relación con el promedio de pH (3.72) el tratamiento con Bacterias ácido lácticas se obtuvo una media más baja, respecto al promedio (4.01) del tratamiento con *S. bayanus* (0.1 %) y el promedio (4.01) del tratamiento con *S. bayanus* (0.1 %), que lograron mayores promedios de pH.

4.4 Pruebas de supuestos estadísticos

La Tabla 25 representa los valores obtenidos posteriores a la fase de fermentación. Se destacan las medias para las variables pH y °Brix en cada tratamiento.

Como se puede apreciar en la Tabla 25 de los datos analizados se determina en relación al pH que el tratamiento T3 compuesto Bacterias ácido lácticas se obtuvo la menor media (μ) de 3.73 en comparación con el T1 con $\mu=4$ y T2 con $\mu=4.01$.

En referencia a los °Brix mediante la aplicación de la estadística descriptiva se logró determinar que el tratamiento T1 con $\mu=5$, el T2 con $\mu= 5.2$ y el T3 con $\mu= 8.2$.

De acuerdo con este resultado y a las hipótesis planteadas, donde se determinó una media de pH tiene diferencias significativas en al menos un tratamiento por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa: H_{a2} = El proceso de fermentación afecta los promedios del pH de los tratamientos seleccionados.

También se tiene diferencias significativas en al menos un tratamiento por lo que se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa: H_{a1} = El proceso de fermentación afecta los promedios de grados brix de los tratamientos seleccionados.

Tabla 25. Estadística descriptiva para los tres tratamientos

Tratamiento	Variable	n	Media μ	D.E.	CV	Mín.	Máx.
T1 [0.1%]	pH	10	4	0.02	0.51	3.97	4.05
T1 [0.1%]	°Brix	10	5	0	0	5	5
T2 [0.5%]	pH	10	4.01	0.02	0.45	3.99	4.04
T2 [0.5%]	°Brix	10	5.2	0.63	12.16	4	6
T3	pH	10	3.73	0.03	0.73	3.69	3.79

[BAL]								
T3	°Brix	10	8.2	0.63	7.71	7	9	
[BAL]								

Elaborado por: El Autor.

4.5 Prueba de bondad de ajuste Shapiro-Wilks

Los datos fueron procesados con el software estadístico SPSS® ver 27, se establecieron dos resultados en las pruebas de normalidad. Sin embargo, el tamaño de la muestra es menor o igual a 30, por lo tanto, la prueba de ajuste seleccionada fue la *Shapiro-Wilks*. Sin embargo, se comparó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Los resultados muestran un valor *p-value* en la variable pH y °Brix de <0,0001, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la H_a , el contraste de hipótesis establece:

H_a : datos no se distribuyen según un modelo de probabilidad normal.

4.5.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov: variable pH.

En la Tabla 26 se muestra que, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determinó los resultados de valor *p-value* en la variable pH de <0.0001 con una media de 3.91.

Tabla 26. Prueba de Kolmogorov-Smirnov: variable pH

Variable	Media	Varianza	n	Estadístico D	p-valor
pH	3.91	0.02	30	1	<0.0001

Elaborado por: El Autor.

4.5.2 Prueba de Kolmogorov-Smirnov: variable °Brix.

En la Tabla 27, se muestra que mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se determinó los resultados de valor *p-value* en la variable °Brix de <0.0001 con una media de 6.13.

Tabla 27. Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Variable °Brix

Variable	Media	Varianza	n	Estadístico D	p-valor
°Brix	6.13	2.46	30	1	<0.0001

Elaborado por: El Autor

4.5.3 Prueba de Shapiro-Wilks: variable pH.

La Tabla 28 muestra que, mediante la prueba de Shapiro-Wilks, se determinó los resultados de valor p-value en la variable pH <0.0001 con una media de 3.91. Se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , los datos no presentan una distribución normal.

Tabla 28. Prueba de Shapiro-Wilks: variable pH

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
pH	30	3.91	0.14	0.7	<0.0001

Elaborado por: El Autor.

4.5.4 Prueba de Shapiro-Wilks: variable °Brix.

La Tabla 29, se evidencia que mediante la prueba de Shapiro-Wilks, determinó los resultados de valor p-value en la variable °Brix de $<0,0001$ con una media de 6.13. Se acepta la H , los datos no presentan una distribución normal.

Tabla 29. Prueba de Shapiro-Wilks: variable °brix

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
°Brix	30	6.13	1.57	0.75	<0.0001

Elaborado por: El Autor.

4.5.5 Prueba de homogeneidad de varianzas.

Para la variable pH, los resultados establecen un Sig (p-value) basado en la media de 0.02 el cual es menor que el estadístico α (alfa), por lo tanto, existe evidencia suficiente para rechazar la H_0 , indicando que las varianzas son distintas.

A continuación, en la Tabla 30, se presentan las pruebas para la variable pH.,

Tabla 30. Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
pH final	media	8.148	2	27	0.002
	mediana	2.165	2	27	0.134
	mediana y con gl ajustado	2.165	2	20.194	0.141
	media recortada	7.948	2	27	0.002

Elaborado por: El Autor.

Para la variable °Brix, los resultados establecen un Sig. (*p-value*) basado en la media de 0.02 el cual es menor que el estadístico α (alfa), por lo tanto, existe evidencia suficiente para rechazar la H_0 , indicando que las varianzas son distintas.

A continuación, en la Tabla 31, se presentan las pruebas para la variable °Brix.,

Tabla 31. Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Brix final	media	8.000	2	27	0.002
	mediana	3.000	2	27	0.067
	mediana y con gl ajustado	3.000	2	18.000	0.075
	media recortada	8.854	2	27	0.001

Elaborado por: El Autor.

4.6 Prueba de comprobación de hipótesis

Dado que el valor p de la prueba $<0,0001$ es menor que α (alfa) 0,05, se rechaza la hipótesis nula. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de los T2 (tratamiento 2) y T1 (tratamiento 1) en estos tres grupos. Sin embargo, existe una diferencia significativa en el tratamiento T3, según se muestra en la Tabla 32, para los casos de pH.

Tabla 32. Prueba de Kruskal Wallis. Variable pH

Variable	TRAT	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	H	p
pH	T1	10	4	0.02	4	18.8	20.1	<0.0001
pH	T2	10	4.01	0.02	4.02	22.2		
pH	T3	10	3.73	0.03	3.72	5.5		

Trat.	Ranks	
T3	5.5	A
T1	18.8	B
T2	22.2	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: El Autor.

Según se muestra para el caso de °Brix en la Tabla 33, el valor p de la prueba <0,0001 es menor que α (alfa) 0,05, se rechaza la hipótesis nula. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de los T2 (tratamiento 2) y T1 (tratamiento 1) en estos tres grupos. Sin embargo, existe una diferencia significativa en el tratamiento T3.

Tabla 33. Prueba de Kruskal Wallis: variable °Brix

Variable	TRAT	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
°Brix	T1	10	5	0	5	9.5	2	0.84	19.61	<0.0001
°Brix	T2	10	5.2	0.63	5	11.5				
°Brix	T3	10	8.2	0.63	8	25.5				

Trat.	Ranks	
T1	9.5	A
T2	11.5	A
T3	25.5	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: El Autor.

4.7 Pruebas de correlación de las variables

La Tabla 34, se muestran una Sig. (bilateral) de 0.035 por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , indicando que existe una correlación entre las variables °Brix y pH, con una débil asociación de las variables y en dirección inversa.

Tabla 34. Correlaciones de las variables pH y °Brix

		pH_final	Brix_final
Rho de Spearman	pH_final	1.000	-.386*
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	.	0.035
	N	30	30
Brix_final	Brix_final	-.386*	1.000
	Coeficiente de correlación		
	Sig. (bilateral)	0.035	.
	N	30	30

*. La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Elaborado por: El Autor.

4.8 Evaluación Sensorial del Café

Los resultados de la evaluación sensorial se realizaron con dos grupos de catación, un grupo de catación certificado y uno semi entrenado o general. En ambos casos participaron 20 catadores.

4.8.1 Percepción del café. Catadores generales y Certificados.

4.8.1.1 Pruebas estadísticas. La Tabla 35 y 36 se presentan los resultados descriptivos para el grupo de Catadores Certificados y catadores generales. La escala de medición fue Likert de cinco niveles.

Los resultados de la Tabla 35 y 36 presentan diferencias en las medias en los tres tipos de café evaluados para ambos casos. La evaluación de los catadores certificados alcanza una mayor media (3) lo que permitió apreciar un mayor grado de aceptación del café A. Los catadores generales o semi entrenados igualmente presentan al café A con la mayor aceptación y un puntaje en su media de 2.75.

Tratamientos	N	Media μ	Desviación estándar
T1	20	3.00	0.000
T2	20	2.80	0.410

T3	20	2.95	0.224
N válido (por lista)	20		

Tabla 35. Catadores certificados
Elaborado por: El Autor.

Los resultados permitieron establecer que el café código A arrojaran los mejores resultados según la variable del formato SCA (Specialty Coffee Association).

Tabla 36. Catadores no certificados o generales

	N	Media μ	Desviación estándar
T1	20	2.75	0.550
T2	20	2.00	0.459
T3	20	2.50	0.761
N válido (por lista)	20		

Elaborado por: El Autor.

4.8.1.2 Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 1 (T1). Los resultados de la prueba Chi-cuadrado con una significación 0.164 no son suficiente por el criterio de exclusión de 55 casillas (100.0 %) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0.15., por lo que se realizaron las pruebas de V de Cramer y Tau-b de Kendall arrojando una significancia de 0.164 y 0.628 respectivamente, lo que permite aceptar la Ho por lo que no existe relación asociación ni relación entre las variables. Estos resultados se presentan en las Tablas 37.38.

Tabla 37. Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	48.667 ^a	40	0.164
Razón de verosimilitud	42.371	40	0.369

Asociación lineal por lineal	0.180	1	0.672
N de casos válidos	20		

a. 55 casillas (100.0 %) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0.15.

Elaborado por: El Autor.

Los resultados se evaluaron de forma ordinal y recodificando las variables. Se presenta los resultados de los catadores generales y catadores certificados para el T1.

Tabla 38. Medidas simétricas

		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximad a ^b	Significaci ón aproximad a
Nominal por	Phi	1.560			0.164
Nominal	V de Cramer	0.780			0.164
Ordinal por ordinal	Tau-b de Kendall	0.085	0.176	0.485	0.628
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Elaborado por: El Autor.

4.8.1.3 Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 2 (T2).

Los resultados de la prueba Chi-cuadrado con una Significación 0.535 no es suficiente ya que el criterio de exclusión de (83.3 %) han esperado un recuento menor que 5., por lo que se realizan las pruebas de V de Cramer arrojando una significancia de 0.535, lo que permite aceptar la Ho, esto significa por lo que no existe relación asociación ni relación entre las variables. Estos resultados se presentan en las Tablas 39.40.

Tabla 39. Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1.250 ^a	2	0.535
Razón de verosimilitud	2.021	2	0.364

Asociación lineal por lineal	0.000	1	1.000
N de casos válidos	20		
a. 5 casillas (83.3 %) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .40.			

Elaborado por: El Autor

Los resultados se evaluaron de forma ordinal y recodificando las variables. Se presenta los resultados de los catadores generales y catadores certificados para el T2.

Tabla 40. Medidas simétricas

		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Nominal por	Phi	0.250			0.535
Nominal	V de Cramer	0.250			0.535
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.
b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Elaborado por: El Autor.

4.8.1.4 Tablas cruzadas para las cataciones del Tratamiento 3 (T3). Los resultados de la prueba Chi-cuadrado con una Significación 0.753, no es suficiente ya que el criterio de exclusión de 5 casillas (83.3%) han esperado un recuento menor que 5, por lo que se realizan las pruebas de V de Cramer arrojando una significancia de 0,753., lo que permite aceptar la Ho, esto significa por lo que no existe relación asociación ni relación entre las variables (son variables independientes). Estos resultados se presentan en las Tablas 41.42.

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	0.567 ^a	2	0.753

Razón de verosimilitud	0.890	2	0.641
Asociación lineal por lineal	0.455	1	0.500
N de casos válidos	20		

a. 5 casillas (83.3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0.15.

Tabla 41. Pruebas de chi-cuadrado

Elaborado por: El Autor.

Los resultados se evaluaron de forma ordinal y recodificando las variables. Se presenta los resultados de los catadores generales y catadores certificados para el T3.

		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Nominal por	Phi	0.168			0.753
Nominal	V de Cramer	0.168			0.753
Ordinal por ordinal	Tau-b de Kendall	-.158	0.082	-1.030	0.303
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Tabla 42. Medidas simétricas

Elaborado por: El Autor.

5 DISCUSIÓN

Mediante los análisis realizados sobre la característica física, química y microbiológica de la materia prima inicial, se pudo determinar que el resultado de pH fue de 4.26 con un índice de madurez de 3.3 °Brix, los mismos que no guardan relación con los valores permitidos (pH: 5.5 - °Brix: 24) en las normas NTE INEN 1 122:2013. Con relación a los valores microbiológicos se presentó una elevada población de levaduras con 77×10^4 UFC/g y aerobios mesófilos con 62×10^4 UFC/g, sobre los valores permitidos (levaduras: 2×10^3 - aerobios mesófilos: 20×10^3) en las normas NTE INEN 1 122:2013.

De acuerdo a lo referido anteriormente los valores de pH (4.26) y °Brix (3.3) son importantes para el proceso de fermentación, en la cual Martínez et al (2017) manifiesta que las diferentes levaduras pueden dar como resultados cafés con diferentes perfiles sensoriales; Por lo tanto, la co-inoculación de estos microorganismos puede intensificar y aumentar los descriptores sensoriales del café. Al igual Pintado y Vega (2019) expresan que en las fases primarias la fermentación está dominada por bacterias ácido lácticas, pero conforme disminuye el pH dos especies de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida krusei* colonizan el medio, de las cuales *C. krusei* aprovecha el bajo pH y los ácidos orgánicos para dominar el medio en la fase final de fermentación.

En base a los análisis realizados sobre la característica física, química y microbiológica de la materia prima final, se logró determinar que el tratamiento T2 con *S. bayanus* (0.5 %) presentó el valor más bajo de pH (4.83), respecto a los valores del tratamiento T1 con *S. bayanus* (0.1 %) con datos de (4.86) y tratamiento T3 compuesto por Bacterias ácido lácticas situándose en (4.90). En referencia a los °Brix el tratamiento T1 con *S. bayanus* (0.1 %) presentó el valor más bajo de °Brix (6.7), respecto a los valores del tratamiento T2 con *S. bayanus* (0.5 %) con datos de (8.1) y tratamiento T3 con Bacterias ácido lácticas situándose en (9.4), los mismos que no guardan relación con los valores permitidos (pH: 4.7 - °Brix: 20) en las normas NTE INEN 1 122:2013. En los valores microbiológicos se presentó

una baja población de levaduras con <10 UFC/g y mohos con <10 UFC/g, respecto a los valores permitidos (levaduras: 1.0×10^2 - mohos: 1.0×10^2) en las normas NTE INEN 1 122:2013.

En relación con los resultados se logró determinar que el tratamiento T1 con *S. bayanus* (0.1 %) y el tratamiento T2 con *S. bayanus* (0.5 %) arrojaron una media de pH, no significativa evidenciado en la prueba de Kruskal Wallis con datos de (4) y (4.01) respectivamente y un registro más bajo se presentó con el tratamiento T3 compuesto por Bacterias ácido lácticas situándose en (3.73), siendo este valor muy importante dentro del proceso de fermentación, en la cual Vázquez (2015), expresa que un pH de 3.5 todos los microorganismos actúan y se vuelve un punto crítico en la fermentación. Cuando el pH se encuentra sobre 4.5 o bajo 3.5 se producen reacciones que perjudican la calidad del grano de café. Al igual que Zabala et al (2009), manifiesta que el principal beneficio de la fermentación en café con bacterias ácidos lácticas es la obtención de un importante valor agregado en el proceso de fermentación, potencializando el sabor y el aroma del producto. Entre las principales ventajas que genera la fermentación con Bacterias ácido lácticas es lograr una fermentación homogénea, puesto que el ácido láctico permite que las bacterias puedan transformar algunos azúcares en ácido láctico.

Con respecto al promedio de °Brix (8.2) del tratamiento T3, se obtuvo una media superior en el T2 con (5.2) y el promedio del T1 con (5), siendo este último el más bajo en promedio, representando un resultado importante en el proceso de fermentación, en la cual según Martínez (2021), expresa que las alteraciones de las proporciones sea disminución del pH y grados Brix es representativo al adicionar levaduras del género *Sacharomyces* contribuyendo al proceso de fermentación sin alterar los factores sensoriales del café.

Basado en los resultados obtenidos en la presente investigación se puede indicar que el uso de las concentraciones de 0.1 % de levadura (*Saccharomyces bayanus*) tiene una eficiencia en la percepción sensorial del café cereza (*Coffea arábica* L.) variedad Sidra, lo cual es corroborado por

Martínez et al (2017) quien manifiesta que la aplicación de levaduras puede dar como resultados diferentes perfiles sensoriales en el café. Por lo tanto, la co-inoculación de estos microorganismos puede intensificar y aumentar los descriptores sensoriales del café. Los resultados obtenidos evidenciaron a partir de las tablas cruzadas una media superior en el café obtenido del tratamiento T1 para ambos grupos de evaluadores (catadores certificados y generales).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La reducción de los valores de pH y °Brix presento una significancia en los diferentes tratamientos con la inoculación de *S. bayanus*, contribuyendo al proceso de fermentación.
- Para la variable pH, el registro más bajo se presentó en el tratamiento (3.73) con bacterias ácido lácticas, siendo un valor importante en el proceso de fermentación del café.
- Con relación a los °Brix, el promedio más bajo se registró (5) con el tratamiento con *S. bayanus* (0.1%), siendo favorable para el proceso de fermentación del café.
- Mediante la prueba de correlación de las variables se logró determinar que no existe una correlación entre las variables °Brix y pH, presentando una débil asociación de las variables y en dirección inversa.
- Los resultados de la percepción sensorial son dependientes de múltiples variables que determinan la calidad del producto final y a su vez con la aceptación del producto en los mercados internacionales.
- Mediante las pruebas físico, químico y microbiológicas en la materia prima se logró determinar que existe una influencia directa en las variables °Brix y pH, debido a la aplicación de levadura *Saccharomyces bayanus*.

6.2. Recomendaciones

- Aplicar otros porcentajes de levadura *Saccharomyces bayanus* con el propósito de lograr mejores resultados en el proceso de fermentación, aumentando la calidad sensorial del café.
- Estudiar el proceso de fermentación y las características sensoriales del café, mediante la aplicación de nuevas levaduras comerciales.
- Realizar varios tipos de fermentaciones con café natural y lavado para verificar si la percepción sensorial cambia o no.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, A., Hakim, M., Oktaviani, L., Inderaja, B., Manurung, R., Putra, R., y Abduh, M. (2020). Techno-economic evaluation for integrated cultivation of coffee and stingless bees in West Java, Indonesia. *Biol. Nat. Resour. Eng. J.*, 3(1), 28-36. <http://DOI: 10.30918/IJEE.73.20.022>
- Agurto, T., y Ramos, J. (2008). Bacterias ácido lácticas. *Biotempo*, 8, 54-64. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/865/781>
- Álvarez, B. (2021). *Evaluación del tiempo de fermentación aerobia a diferentes ambientes en cerezas de café (Coffea arábica L.) var. Catucaí (Bachelor's thesis, Quito: UCE)* (Tesis de grado, Universidad Central Del Ecuador). [file:///c:/users/hp/downloads/uce-fag-alvarez%20brayan%20\(1\).pdf](file:///c:/users/hp/downloads/uce-fag-alvarez%20brayan%20(1).pdf)
- ANACAFE. (2020). *Guía de variedades del café*. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>
- Arcos, C. (2017). *Efecto de la fermentación aerobia del grano de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito* (Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13481/83042763.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ardila, J., y Cuadros, E. (2021). *Evaluación de la concentración de azúcares totales, reductores y grados brix durante la fermentación de pulpa de café para la obtención de ácido láctico* (Tesis de grado, Universidad Libre Seccional Socorro). <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19903/Trabajo%20de%20grado%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Armijos, A. (2020). *Análisis de la relación genotipo ambiente con seis variedades de café (Coffea spp.) en la granja experimental santa Inés* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16132/1/TTUACA-2020-IA-DE00015.pdf>

- Betancur, J., y Zurita, M. (2020). *Evaluación de la fermentación controlada con inoculación de levaduras (Saccharomyces cerevisiae) y su efecto en la calidad del café (Coffea arábica)* (Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1cf1773e-2fa6-47f3-b057-d4dd663fbae9/content>
- Bressani, A., Martinez, S., Batista, N., Simão, J., Dias, D., y Schwan, R. (2021). Co-inoculation of yeasts starters: A strategy to improve quality of low altitude Arabica coffee. *Food Chemistry*, 361, 130133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130133>
- Bressani, A., Martinez, S., Sarmiento, A., Borém, F., y Schwan, R. (2020). Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. *Food Research International*, 128, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108773>
- Camizán, R. (2020). *Evaluación del tiempo de fermentación de café (Coffea Arábica L.), en relación a la calidad organoléptica* (Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán). <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7349/Camiz%C3%A1n%20Jaramillo%20Rosa%20Elvira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos, R., Pinto, V., Melo, L., Rocha, S., y Coimbra, J. (2021). New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>
- Charco, J. y Román, M. (2016). *Estrategias para la reactivación del sector cafetalero en el Cantón Zaruma. Periodo 2008-2016* (Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil). <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7013/1/T-UCSG-PRE-ECO-CECO-183.pdf>
- Cheng, Q., Chen, L., Chen, Y., Li, P., y Chen, C. (2022). Effects of LAB Inoculants on the Fermentation Quality, Chemical Composition, and Bacterial Community of Oat Silage on the Qinghai-Tibetan Plateau.

Microorganisms, 10(4), 787.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms10040787>

- Choque, D. 2021. Evolución de la exportación de café: 2010-2020 (Tesis de grado, Universidad de Lima, Perú).
https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13716/Choque_Alave_Diana-Hilary.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coronel, C., y Valdez, J. (2018). La levadura *Saccharomyces cerevisiae*: De la Cerveza a la Biología de Sistemas. *Bitácora Digital*, 1(9), 1-9.
[file:///C:/Users/hp/Downloads/secyt,+Journal+manager,+27+-+BITACORA+PERSPECTIVAS+-Coronel-%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/secyt,+Journal+manager,+27+-+BITACORA+PERSPECTIVAS+-Coronel-%20(2).pdf)
- Cruz, J., y Pivaral, R. (2018). *Evaluación del efecto de Saccharomyces cerevisiae sobre la caracterización sensorial del café en dos sistemas de fermentación* (Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras).
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/41078b23-0459-42fd-afaa-7887c9f2c892/content>
- Cueva, J. (2022). *Aislamiento y caracterización de bacterias ácido lácticas en dos variedades de café (Mucílago), Coffea arábica y Coffea canephora, para la bioconservación de col (Brassica oleracea) y lechuga (Lactuca sativa)* (Tesis de grado, Universidad de la Fuerzas Armadas).
<file:///C:/Users/hp/Downloads/T-ESPESD-003235.pdf>
- Da Mota, M., Batista, N., Rabelo, M., Ribeiro, D., Borém, F., y Schwan, R. (2020). Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast. *Food Research International*, 136, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>
- De La Cruz, S., y Gley, I. (2018). *Efecto de la adición de levadura (Saccharomyces sp) en el proceso de fermentación de café (Coffea arabica)* (Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas).
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1514/Sanchez%20De%20La%20Cruz%20Inder%20Gley.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Evangelista, S., Silva, C., Miguel, M., Cordeiro, C., Pinheiro, A., Duarte, W., y Schwan, R. (2014). Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*, 61, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>
- Figueroa, E., Pérez, F., y Godínez, L. (2018). *Historia y evolución del café en el mundo*. ECORFAN- Spain.
- García, J., Scotto, F., Cianferoni, A., Loor, A., Benalcázar, H., Lanchi, E., y López, A. (2020). *Manual básico del catador de café*. CEFA. https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/05/13_Manual-basico-del-catador-de-cafe-%E2%80%93Vol.-5.pdf
- García, M. y García, M. (2018). *Los métodos de investigación*. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135806/12%20metodologc3ada-1-garcia-y-martinez.pdf>
- Gómez, G. (2015). Cultivo y beneficio del café. *Revista de Geografía Agrícola*, 45(5), 103-193. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75726134008.pdf>
- Gómez, N., Bermeo, O., y Guzmán, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café (*Coffea arábica*). *Ingeniería y Región*, 10, 111-116. <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/762/1461>
- Gualtieri, M., Villalta, C., Díaz, L., Medina, G., Lapenna, E., y Rondón, E. (2007). Producción de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* usando residuos de pulpa de *Coffea arábica* L. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 38(2), 1-15. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772007000200004
- Guamán, L., Zapata, S., Serrano, M., y Trueba, G. (2014). Characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional Ecuadorian fermented foods. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6(1), 19-27. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/155/157>
- Gutiérrez, C. (2017). *Taxonomía de levaduras de origen enológico por espectrometría de masas* (Tesis de PhD, Universidad Complutense de Madrid). <https://eprints.ucm.es/id/eprint/42698/1/T38793.pdf>

- Gysel, G., Fernández, J., Aguilar, P., Salazar, W., Durand, N. Bastide, P., y Macia, I. (2014). Determinación de compuestos químicos asociados con las características sensoriales de café procesado por vía húmeda. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 1(1), 712-718. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/991/1356>
- Hatti-Kaul, R., Chen, L., Dishisha, T., y Enshasy, H. E. (2018). Lactic acid bacteria: From starter cultures to producers of chemicals. *FEMS Microbiology Letters*, 365(20), fny213. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny213>
- Hernández, P., Mafla, C., Benavides, I., y Ramires, F. (2018). Análisis de factibilidad técnica para la producción de bioetanol a partir de residuos de maíz en Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 36-52. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n7.2018.578>
- ICO. (19 de diciembre de 2022). *Historia del café*. https://www.ico.org/es/icohistory_c.asp
- IICA. (2019). *Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Archivo PDF). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1>
- IICA. (2020). *Guía Práctica de Caficultura* (Archivo PDF). <https://iica.int/sites/default/files/2020-11/impresion%20GPCAFI%2010.2020.pdf>
- Infocafes. (2017). *Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café* (Archivo PDF). <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/06/ManualTuesteCafe.pdf>
- León, A., Motato, K., Granda, D., Montoya, O., Echeverri, S., Quinchía, L., Rodríguez, C., Lopera, J., Caro, A., Restrepo, M., y Valencia, J. (2005). Evaluación de Bacterias Acido Lácticas Colombianas en las Propiedades Sensoriales, Reológicas, Fisicoquímicas y Microbiológicas de Masas Acidas de Pan. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 36, 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220525093.pdf>

- Liu, Y., Yuan, W., Lu, Y., y Liu, S. (2021). Biotransformation of spent coffee grounds by fermentation with monocultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lachancea thermotolerans* aided by yeast extracts. *LWT*, 138, 110751. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110751>
- López, K., Ramos, S., y Ruiz, P. (2018). *Creación de la identidad de marca de la presentación física (envase, marca y etiqueta) del café tostado molido tipo americano de 500 g una marca reconocida de café* (Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional). <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/18242/1/Tra bajo%20Final.pdf>
- López, L. (2014). *Caracterización Química y aceptación Sensorial de tres muestras de café de variedades catimor, bourbon y árabe de la especie coffea arábica, cultivado en la zona de amortiguamiento de la reserva el triunfo en la Sierra Madre de Chiapas* (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/299/40068s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Macias, C. (2022). *Prefactibilidad del cultivo de café (Coffea sp.) en la zona agrícola del Cantón Paján provincia Manabí* (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil). <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59617/1/Trabajo%20de%200Titulaci%C3%B3n%2027-04-2022%20T12%202021%20-%202022%20Cristhian%20Mac%C3%ADas%20Garc%C3%ADa.pdf>
- Mantilla, J. (2019). *Optimización del proceso conocido como “beneficio húmedo y seco” en la industria de café. Caso: finca “villa ilma maria” en el municipio de toledo, norte de Santander* (Tesis de grado, Fundación Universidad de América). <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7287/1/294526-2019-I-GE.pdf>
- Martínez, M. (2021). *Efecto del uso de Saccharomyces cerevisiae bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (Coffea arábica L.) En el cantón Loja* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja).

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23995/1/Marjorie%20Lizabeth%20Martinez%20Cumbicus.pdf>

- Martínez, S., Bressani, A., Miguel, M., Dias, D., y Schwan, R. (2017). Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as startercultures. *Food Research International*, 102, 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.096>
- Mathur, H., Beresford, T., y Cotter, P. (2020). Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. *Nutrients*, 12(6), 1679. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>
- Mero, J. (2018). *Características sensoriales del Coffea arábica (café) con distintos tratamientos de beneficio húmedo en la parroquia Noboa del cantón 24 de Mayo* (Tesis de grado, Universidad Estatal Del Sur De Manabí). <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1380/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-22.pdf>
- Munishamanna, K., Suresha, K., Veena, R., y Subramanya, S. (2017). Solid state fermentation of mango peel and mango seed waste by different yeasts and bacteria for nutritional improvement. *Food Ferment. Technol.*, 7(1), 111. <http://dx.doi.org/10.5958/2277-9396.2017.00011.3>
- Natividad, K. (2012). *Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán-Leoncio Prado* (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria De La Selva, Perú). <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/275/FIA-194.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nieto, E. (2018). *Core* (Archivo PDF). <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- NTE INEN 1 122 (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2013). *Café soluble. Requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 122:2013* (Archivo PDF). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/122-1.pdf>
- NTE INEN 1 123 (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2006). *Café tostado y molido. Requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE*

- INEN 1 123:2006 (Archivo PDF).
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1123.pdf>
- NTE INEN 285 (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2006). *Café verde en grano. Clasificación y requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 285:2006* (Archivo PDF).
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/285.pdf>
- Oktaviani, L., Astuti, D., Rosmiati, M., y Abduh, M. (2020). Fermentation of coffee pulp using indigenous lactic acid bacteria with simultaneous aeration to produce cascara with a high antioxidant activity. *Heliyon*, 6(7), e04462. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04462>
- Parra, R. (2010). Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93-105.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a12.pdf>
- Peñuela, A., Pabon, J., y Sanz, J. (2014). *Método fermaestro: Para determinar la finalización de la fermentación del mucílago de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/479/1/avt0431.pdf>
- Peñuela, A., Sanz, J., y Pabón, J. (2014). Método para identificar el momento final de la fermentación de mucílago de café. *Cenicafé* 63 (1): 120-131.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/517/1/arc063%281%29120-131.pdf>
- Pintado, P., y Vega, V. (2019). *Calidad en taza del Café (Coffea Arabica L.) Catimor con Zumo y Cáscara de naranja incorporado en el proceso de Fermentación* (Tesis de grado, Universidad Nacional De Jaén, Perú).
http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/48/1/Pintado_CPM_Vega_CVA.pdf
- Pivaral, R., y Cruz, E. (2018). *Evaluación del efecto de Saccharomyces cerevisiae sobre la caracterización sensorial del café en dos sistemas de fermentación* (Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras).
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/41078b23-0459-42fd-afaa-7887c9f2c892/content>

- Pleissner, D., Neu, A., Mehlmann, K., Schneider, R., Puert, G. y Venus, J. (2016). Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using *Bacillus coagulans* at laboratory and pilot scales. *Bioresource Technology*, 218, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.078>
- Pothakos, V., De Vuyst, L., Zhang, S. J., De Bruyn, F., Verce, M., Torres, J., Callanan, M., Moccand, C., y Weckx, S. (2020). Temporal shotgun metagenomics of an Ecuadorian coffee fermentation process highlights the predominance of lactic acid bacteria. *Current Research in Biotechnology*, 2, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2020.02.001>
- Puerta, G. I. (2013). *Factores procesos y controles en la fermentación del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/327/1/avt0422.pdf>
- Puerta, G. I. (2013). *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://doi.org/10.38141/10779/0402>
- Puerta, G., Marín, J., y Osorio, G. (2015). Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. *Revista Cenicafé*, 63(2), 58-78. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/536/1/arc063%2802%2958-78.pdf>
- Puerta, G., y Echeverry, J. (2015). *Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/558/1/avt0454.pdf>
- Puerta., y Ríos, S. (2014). Composición Química del mucílago de café según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé*, 62(2), 23-40. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/478/1/arc062%2802%2923-40.pdf>
- Rainieri, S., Kodama, Y., Kaneko, Y., Mikata, K., Nakao, Y., y Ashikari, T. (2006). Pure and mixed genetic lines of *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces pastorianus* and their contribution to the lager brewing

- strain genome. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(6), 3968–3974. <https://doi.org/10.1128/AEM.02769-05>
- Ramos, D., Silva, C., Batista, L. y Schwan, R. (2010). Inhibición in vitro de hongos filamentosos toxigénicos por *Pichia* sp. y *Debaryomyces* sp. aislados de frutos de café (*Coffea arabica*). *Acta Scientiarum Agronomy*, 32, 397 – 402. <https://www.scielo.br/j/asagr/a/Hyb5zKn9fkSMV643qWNJ8HS/?format=pdfylang=pt>
- Restrepo B, L. F., y González L, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Ribeiro, L., Evangelista, S., Miguel, M., Pinheiro, A., Borém, F., y Schwan, R. (2017). Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. *Lwt*, 82, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.008>
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 105–114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>
- Salazar, G. (2010). *Estudio de la influencia de tres variedades de levaduras vínicas (Saccharomyces bayanus (LALVIN EC1118), Saccharomyces bayanus (LALVIN QA23), Saccharomyces cerevisiae var. cerevisiae (LALVIN ICV OPALE)) y levadura de panificación (Saccharomyces cerevisiae) en la calidad sensorial del vino de manzana, variedad emilia (Malus communis - Reineta Amarilla de Blenheim)* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato). <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/852/1/AL440%20Ref.%203286.pdf>
- Sánchez, I. (2018). *Efecto de la adición de levadura (Saccharomyces sp) en el proceso de fermentación de café (Coffea arábica)* (Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas). <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1514/Sanchez%20De%20La%20Cruz%20Inder%20Gley.pdf?sequence=1yisAllowed=y>

- Sánchez, L. y Tromps, J. (2014). Caracterización *in vitro* de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico. *Revista Salud Animal*, 36(2), 124-129. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v36n2/rsa08214.pdf>
- Silva, C., Batista, L., Abreu, L., Dias, E. y Schwan, R. (2008). Sucesión de comunidades bacterianas y fúngicas durante la fermentación natural del café (*Coffea arabica*). *Food Microbiology*, 25, 951 – 957. <https://DOI: 10.1016/j.fm.2008.07.003>
- Silva, C., Vilela, D., de Souza, C., Duarte, W., Dias, D., y Schwan, R. (2013). Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World journal of microbiology y biotechnology*, 29(2), 235–247. <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1175-2>
- Souza, M., Passamani, F., Ávila, C, Batista, L., Schwan, R. y Silva, C. (2017). Uso de leveduras selvagens como agente de biocontrole contra fungos toxigênicos e produção de OTA. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 39(3), 349–358. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i3.32659>.
- Suárez, C., Garrido, N., y Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>
- Taipe, K. (2014). *Efecto de la levadura (Saccharomyces cerevisiae) y los grados brix en las características del vinagre de Ananas comosus L. Descarte en río negro – Satipo* (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú). <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1891/Taipe%20Escobar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thomas, B. (2018). Lactic acid bacteria: Their applications in foods. *Journal of Bacteriology y Mycology: Open Access*, 6(2). <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2018.06.00182>
- Tinto, J. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de orig. *Provincia*, 29, 135-173. <https://doi.org/10.15359/ree.26-1.10>

- Vásquez, K., Sierra, E., y Herrera, W. (2021). Evaluación de propiedades químicas del grano de café y características en copa al modificar fermentación en proceso húmedo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 1-23. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.991
- Vázquez, O. (2015). *Etanol lignocelulósico, a partir de cascarilla de café, por medio de hidrólisis química-enzimática y fermentación* (Tesis de grado, Universidad Veracruzana). <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41986/VazquezMoralesOscar.pdf>
- Vera, V. y Chacón, Y. (2018). *Evaluación del proceso de tostado en granos de café (Coffea arabica L.) Variedad catuai con el beneficio "honey rojo" de la empresa café trinidad C.A.* (Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela). <http://caelum.ucv.ve/bitstream/10872/19366/1/TFG%20Vera%20y%20Chacon%20DEF.pdf>
- Yafetto, L. (2022). Application of solid-state fermentation by microbial biotechnology for bioprocessing of agro-industrial wastes from 1970 to 2020: A review and bibliometric analysis. *Heliyon*, 8(3), e09173. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09173>
- Zabala, M., Navarrete, L., y Gutiérrez, Y. (2009). Producción de ácido láctico por fermentación de mucílago de café con *Lactobacillus bulgaricus* NRRL-B548. *Dyna*, 76(158), 147-153. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49612069015.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Medidor de pH y °Brix al grano



Anexo 2. Calentamiento de agua para preparación caldo YDP



Anexo 3. Agua 800 mL



Anexo 4. Preparación caldo de levadura



Anexo 5. Seleccionado de cereza madura



Anexo 6. Pesado 92 kg



Anexo 7. Medición inicial de °Brix



Anexo 8. Medición de pH



Anexo 9. Distribución de fundas de 3 kg



Anexo 10. Distribución de 30 fundas de 3kg



Anexo 11. Inoculación de caldo de levadura al 0.1 % y 0.5 %



Anexo 12. Medición de temperatura



Anexo 13. Medición luego de 7 días de fermentación



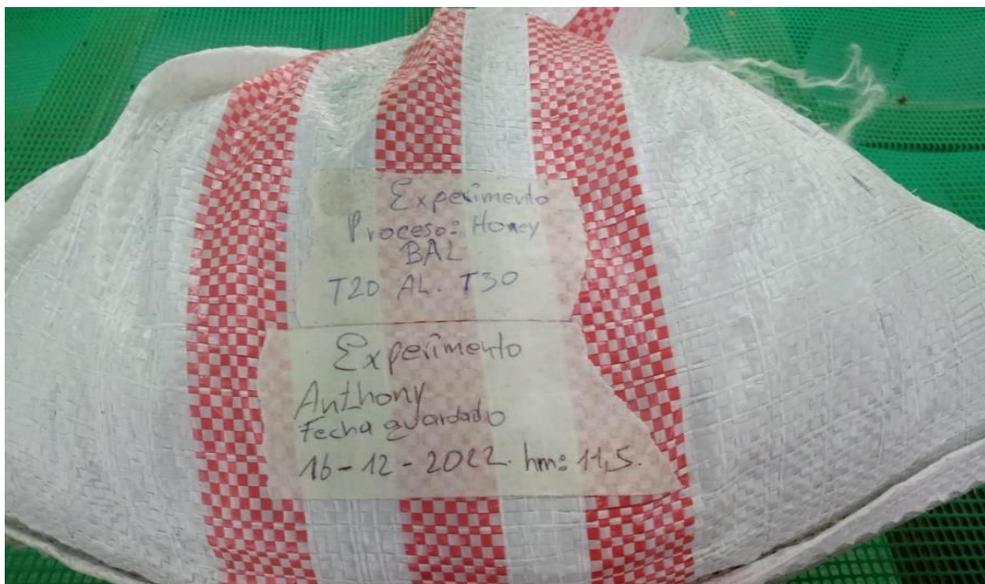
Anexo 14. Oxidación 48 horas



Anexo 15. Secado



Anexo 15. Almacenamiento



Anexo 16. Cataciones de certificados



Anexo 17. Cataciones generales



Anexo 18. Análisis de características microbiológicas de post fermentación

	 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAE LEN 06-002 LABORATORIO DE ENSAYOS		 ACCREDITED CERT #5224.01 CERT #5224.02
---	---	---	---

INFORMES DE RESULTADOS

INF.LASA 02/02/2023- 001111
ORDEN DE TRABAJO N° 23-382

DATOS DEL CLIENTE	
SOLICITANTE: AGUIRRE ORDOÑEZ ANTHONY	DIRECCIÓN: EL ORO / ATAHUALPA / PACCHA /
TELÉFONO: 0991873413	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE	
IDENTIFICACIÓN: CAFÉ 0.1 %	PROCEDENCIA: PLANTA

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/01/2023	FECHA DE ANÁLISIS: 24 AL 02/02/2023	FECHA DE ENTREGA: 02/02/2023
CÓD. MUESTRA: 23- 1133	REALIZACIÓN DEL ENSAYO: LABORATORIO	CÓDIGO INICIAL: M1

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	MÉTODO DE ENSAYO
RECuento EN PLACA LEVADURAS	UFC/g	<10	±7,6	PEE.LASA.MB.04; BAM CAP 18 Ed.2005 ^a
RECuento PLACA MOHOS	UPC/g	<10	±8,8	PEE.LASA.MB.04; BAM CAP 18 Ed.2005 ^a

^a10⁻³ Ausencia de microorganismos
El parámetro marcado con (a) está incluido en el alcance de acreditación de A2LA



Mcb. David Bonifaz
JEFE DE DEPARTAMENTO

Anexo 19. Análisis de características microbiológicas de post fermentación



INFORMES DE RESULTADOS

INF.LASA 02/02/2023- 001066
ORDEN DE TRABAJO N° 23-442

DATOS DEL CLIENTE	
SOLICITANTE: AGUIRRE ORDOÑEZ ANTHONY	DIRECCIÓN: EL ORO / ATAHUALPA / PACCHA /
TELÉFONO: 0991873413	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE	
IDENTIFICACIÓN: CAFÉ 0.1 %	PROCEDENCIA: PLANTA
	-

DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)	
FECHA DE RECEPCIÓN: 27/01/2023	FECHA DE ANÁLISIS: 27 AL 02/02/2023	FECHA DE ENTREGA: 02/02/2023	
CÓD. MUESTRA: 23- 1372	REALIZACIÓN DEL ENSAYO: LABORATORIO	CÓDIGO INICIAL: M1	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	MÉTODO DE ENSAYO
PETRIFILM DE COLIFORMES TOTALES	UFC/g	<10	±9.5	PEE.LASA.MB.20 AOAC 991,14 Ed 21 2019 ^a
PETRIFILM ESCHERICHIA COLI	UFC/g	<10	±10	PEE.LASA.MB.20 AOAC 991,14 Ed 21 2019 ^a

^a<10=3 Ausencia de microorganismos
^b parámetro marcado con (a) está incluido en el alcance de acreditación de AZLA

Mcb. David Bonifaz
JEFE DE DEPARTAMENTO

Anexo 20. Análisis de características físicos y químicos de post fermentación



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-02-02-23-0352
ORDEN DE TRABAJO No. 23-362

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: AGUIRRE ORDONEZ ANTHONY	DIRECCIÓN: LA CASTELLANA	
TELÉFONO/FAX: 0991873413	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: PLANTA
IDENTIFICACIÓN: CAFÉ 0.1 %	CODIGO INICIAL: M1	

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 24/01/2023
FECHA DE ANÁLISIS: 24/01-02/02/2023	FECHA DE ENTREGA: 02/02/2023	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 23-1133	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	pH (Solución al 10%)	Unidades de pH	4,86	-	PEE.LASA.FQ.03a; POTENCIOMÉTRICO
2	SÓLIDOS SOLUBLES ⁽¹⁾	° Brix	6,7	-	PEE.LASA.FQ.25; REFRACTOMETRIA

⁽¹⁾ Sólidos solubles en peso relación 1:3

Q.A Vanessa Rentería
JEFE DE DEPARTAMENTO



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Aguirre Ordoñez, Anthony** con C.C: # autor/a del **Trabajo de Integración Curricular: Percepción sensorial del café cereza (*Coffea arabica* L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces bayanus*) y bacterias ácido lácticas**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de **febrero** de **2023**

Nombre: **Aguirre Ordoñez, Anthony**

C.C: **1721439535**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Percepción sensorial del café cereza (<i>Coffea arabica</i> L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (<i>Saccharomyces bayanus</i>) y bacterias ácido lácticas.		
AUTOR(ES)	Anthony Aguirre Ordoñez		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph.D		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Agroindustria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de febrero de 2023	No. DE PÁGINAS:	98
ÁREAS TEMÁTICAS:	Percepción sensorial, bacterias, café.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fermentación, <i>Saccharomyces bayanus</i> , Bacterias ácido lácticas, Calidad sensorial, Café.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>La presente investigación tuvo como propósito determinar la percepción sensorial del café cereza (<i>Coffea arabica</i> L.) variedad Sidra obtenido a partir de la inoculación con diferentes concentraciones de levadura (<i>Saccharomyces bayanus</i>) y bacterias ácido lácticas. Este estudio se llevó a cabo bajo una metodología experimental donde se realizaron tres tratamientos diferentes en base a la inoculación de <i>Saccharomyces bayanus</i> en diferentes concentraciones (0.1 % y 0.5 %) y bacterias ácido lácticas. Los tratamientos realizados en base a las distintas combinaciones y repeticiones, permitieron obtener una mejor percepción sensorial del café. Como resultado para la variable pH, el registro más bajo se presentó con el tratamiento (3.73) con bacterias ácido lácticas, siendo un valor importante en el proceso de fermentación del café. Con relación a los °Brix, el promedio más bajo se registró (5) con el tratamiento con <i>S. bayanus</i> (0.1 %), siendo favorable para el proceso de fermentación del café. Los resultados de la percepción sensorial son dependientes de múltiples variables que determinan la calidad del producto final y a su vez con la aceptación del producto en los mercados internacionales.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-991873413	E-mail: anthony.aguirre@cu-ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina		
	Teléfono: +593-987361675		
	E-mail: Noelia.caicedo@cu-ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			