

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TESIS

**REDUCCION DE TIEMPO DE FERMENTACION APLICANDO METODOS
PARA ACELERAR LA DEGRADACION PECTOLITICA DEL CAFE (*coffea*
arábica L). EN EL DISTRITO DE VILCABAMBA – LA CONVENCION**

PRESENTADO POR:

BR. NELSON JARA PINEDA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ASESOR:

MG. MIGUEL HUMBERTO ARAPA DÁVALOS

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, ha sometido al sistema Turnitin, la tesis titulada “REDUCCION DE TIEMPO DE FERMENTACION APLICANDO METODOS PARA ACELERAR LA DEGRADACION PECTOLITICA DEL CAFE (*coffea arábica* L). EN EL DISTRITO DE VILCABAMBA – LA CONVENCION”, presentado por NELSON JARA PINEDA, con DNI 47950504, para optar al Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias, informo, que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 4 veces, mediante el software antiplagio, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un **porcentaje de 4 %**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación tesis (Art. 7, inc 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las	

Por tanto, en condición de Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Procesos, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 2 de diciembre del 2024



Dra. Ing. Amanda Rosa MALDONADO FARFAN

DNI: 23822559

ORCID: 0000-0002-4870-7078

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:

<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:410938555?locale=es-MX>

NELSON JARA PINEDA

REDUCCION DE TIEMPO DE FERMENTACION APLICANDO.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:410938555

106 Páginas

Fecha de entrega

1 dic 2024, 10:24 a.m. GMT-5

17,357 Palabras

86,461 Caracteres

Fecha de descarga

1 dic 2024, 10:29 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

REDUCCION DE TIEMPO DE FERMENTACION APLICANDO.pdf

Tamaño de archivo

2.5 MB




4% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

A Dios; por guiarme por el camino correcto y permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera.

A mis padres: por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de mi vida.

A mi hija: que es mi motor y motivo, en todo momento.

A mi esposa por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos(as): por apoyarme siempre en todo momento, cuando lo necesitaba.

Docentes: que me apoyaron siempre, durante el proceso de mis estudios.

Parientes y Amigos: por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

Nelson Jara pineda

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Al MGT. Miguel Humberto Arapa Dávalos, por brindarme su apoyo, paciencia en el presente trabajo de investigación del cual quedo muy agradecido.

A mi padre Roberto Jara Ccorimanya. Por ayudarme, apoyarme siempre con sus consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud, integridad y amor a sus hijas (os). A mi Madre Miranda Pineda Conde por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás y por apoyarme siempre en todo momento, cuando lo necesitado. A mis hermanos (as) Maribel, Rosmery, Alberto, Yulissa y Nilda, que siempre me apoyaron en el proceso de mis estudios.

A mis maestros Rosmery Quispe, Edgar Huillca, Hilka Mariela, Jessica García y otros por compartir conmigo lo que saben y poder transferir sus conocimientos a mi vida.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Rosmery Quispe Ugarte, que siempre me apoyo en todo momento cuando más lo necesitaba.

A Dios por darme salud y voluntad para lograr mis objetivos.

Nelson Jara Pineda

INDICE

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivos y justificación.....	16
1.3.1. Objetivo general:	16
1.3.2. Objetivo específico:	16
1.4. Justificación.....	17
II. MARCO TEORICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. El café (Coffea Arabica L.)	21
2.2.1. Historia.....	21
2.2.2. Descripción del café.....	24
2.2.3. Clasificación Botánica	25
2.3. Variedades	26
2.3.1. Typica.	26
2.3.2. Bourbon	26
2.3.3. Caturra.....	26
2.3.4. Catimor	27
2.4. Cosecha.....	27
2.4.1. Recolección de semillas	27
2.4.2. Recibo del café	27
2.5. Beneficio del café (Coffea arábica)	27
2.5.1. Beneficio Húmedo	28
2.6. Bioquímica de la fermentación del café	32
2.6.1. Sustrato	32
2.6.2. Factores de la fermentación del café.....	34

2.6.3.	Cambios que resultan en la fermentación del café.....	35
2.6.4.	Efecto de la fermentación	36
2.7.	Factores que intervienen en la fermentación.....	36
2.7.1.	pH.....	36
2.7.2.	Temperatura.....	36
2.7.3.	Grados Brix.....	37
2.8.	Insumos usados para acelerar la fermentación.....	37
2.8.1.	Saccharomyces cerevisiae	38
2.8.2.	EM (Microorganismos Efectivo)	38
2.8.3.	Sosa caustica.....	38
2.9.	Métodos de fermentación	39
2.9.1.	Enzimático	39
2.9.2.	Método químico	39
2.9.3.	Método de fermentación natural o bioquímico	40
2.10.	Control de calidad.....	40
2.10.1.	Control de calidad físico	40
2.10.2.	Control de calidad organoléptica.....	41
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	43
3.1.	Hipótesis.....	43
3.1.1.	Hipótesis general:.....	43
3.1.2.	Hipótesis específicas:.....	43
3.2.	Variables.....	43
3.2.1.	Identificación de Variables.....	43
3.2.2.	Operacionalización de Variables.....	44
IV.	MATERIALES Y METODOS	46
4.1.	Localización	46
4.1.1.	Ubicación de materia prima.....	46
4.1.2.	Ubicación geográfica	46
4.2.	Materiales y equipos.....	47
4.2.1.	Materia prima e insumos.....	47
4.2.2.	Equipos y materiales	47
4.3.	Metodología	49
4.3.1.	Aplicando Métodos de Fermentación	49

4.3.2.	Evaluación la degradación pectolítica del (<i>Coffea arábica</i> L.).....	50
4.3.3.	Determinar el tiempo óptimo de fermentación	51
4.3.4.	Evaluación de la organoléptica	52
4.3.5.	Diseño experimental para el análisis estadístico	53
V.	RESULTADO Y DISCUSIONES.	54
5.1.	Aplicando métodos de fermentación.	54
5.1.1.	Fermentación natural.....	55
5.1.2.	Fermentación enzimática con Microorganismos efectivos.....	55
5.1.3.	Fermentación con levadura <i>Saccharomyces Cereviceae</i>	55
5.1.4.	Fermentación química (soda caustica).....	56
5.2.	Evaluación de la degradación pectolítica (<i>Coffea arabica</i> L.)	56
5.2.1.	Degradación pectolítica por método natural.....	57
5.2.2.	Degradación pectolíticas aplicando enzimas (EM-1)	58
5.2.3.	Degradación pectolítica aplicando levaduras <i>Saccharomyces cereviceae</i>	60
5.2.4.	Degradación pectolítica aplicando Soda Caustica	64
5.3.	Determinación del tiempo óptimo de fermentación	64
5.3.1.	Determinación del tiempo óptimo en la fermentación natural.	65
5.3.2.	Determinación del tiempo óptimo en la fermentación enzimática (EM-1)	68
5.3.3.	Determinación del tiempo optimo en la fermentación con levadura <i>Saccharomyces cereviceae</i>	73
5.3.4.	Determinación del tiempo optimo en la fermentación química (soda caustica)	76
5.4.	Evaluación de la calidad sensorial	77
5.4.1.	Evaluación sensorial a muestras con Fermentación Natural.....	78
5.4.2.	Evaluación sensorial a muestras de fermentación enzimática	83
5.4.3.	Evaluación sensorial a muestras con levadura <i>Saccharomyces cereviceae</i>	84
5.4.4.	Evaluación sensorial a muestra con Soda Caustica.....	85
5.5.	Evaluación comparativa de la Catación de los cuatro tratamientos	86
5.6.	Análisis de resultados	89
VI.	CONCLUSIONES	91
VII.	RECOMENDACIONES	93

Indice de Tablas

Tabla 1 Composición química del mucilago del café	33
Tabla 2 Variables Independientes	44
Tabla 3 Variables Dependientes	45
Tabla 4 Evaluación de la degradación pectolítica aplicando el método natural.....	57
Tabla 5 Evaluación de la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1	57
Tabla 6 Evaluación de la degradación pectolítica aplicando <i>Saccharomyces cereviceae</i>	61
Tabla 7 Valores de pH en la determinación del tiempo optimo en la fermentación natural.	65
Tabla 8 Variación de °Brix en la determinación del punto óptimo en la fermentación natural.	67
Tabla 9 Variación de pH en la determinación del tiempo óptimo de fermentación con enzimas EM – 1	69
Tabla 10 Variación de °Brix en la determinación del tiempo optimo en la fermentación enzimática EM - 1.....	71
Tabla 11 Variación de pH en la determinación del tiempo optimo en la fermentación con levaduras <i>Saccharomyces cereviceae</i>	73
Tabla 12 Variación de los °brix en la determinación del punto óptimo de fermentación con levadura <i>Saccharomyces cereviceae</i>	75
Tabla 13 Evaluación sensorial del tratamiento fermentación natural de (<i>Coffea arabica</i>)	78
Tabla 14 Resultados de la evaluación sensorial a tratamiento con enzimas (EM-1)	83
Tabla 15 Resultados de la evaluación sensorial a tratamientos con levadura	84
Tabla 16 Resultados de la evaluación sensorial a tratamientos con soda caustica.....	86
Tabla 17 Evaluación comparativa de la Catación de los cuatro tratamientos	87
Tabla 18 Análisis de varianza de la Catación de los cuatro tratamientos de (<i>Coffea arábica</i>)	88
Tabla 19 Prueba de tukey.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Producción regional de café en grano	23
Figura 2 Zonas de producción cafetaleras por distritos en la provincia de La Convención.	24
Figura 3 Productos de la fermentación de café.....	35
Figura 4 Diagrama de flujo para la aplicación de cuatro métodos de fermentación natural, levaduras, EM – 1, Soda caustica	50
Figura 5 Aplicación de métodos de degradación pectolítica	51
Figura 6 Diagrama de eliminación de mucilago en función al tiempo de fermentación	52
Figura 7 Diagrama de flujo para el análisis sensorial del café	53
Figura 8 Variación del pH en la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1	58
Figura 9 Variación de °Bx en la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1	59
Figura 10 Variación del pH en la degradación pectolítica con la aplicación de Saccharomyces Cereviceae.....	62
Figura 11 Variación de los °Bx en la degradación pectolítica con la aplicación de Saccharomyces Cereviceae.....	63
Figura 12 Variación del pH, en la determinación del tiempo optimo en la fermentación natural.	66
Figura 13 Variación de °Brix en la determinación del punto óptimo en la fermentación natural.....	68
Figura 14 Variación del pH en la determinación del tiempo optimo en la fermentación enzimática. 69	
Figura 15 Variación de los grados brix en la determinación del tiempo optimo en la fermentación enzimática.	72
Figura 16 Variación del pH en la determinación del tiempo óptimo de fermentación con levadura..	74
Figura 17 Variación de los °Brix en la determinación del punto óptimo de fermentación con levadura Saccharomyces cereviceae	76
Figura 18 Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (6 horas)	79
Figura 19 Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (4 horas)	80
Figura 20 Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (8 horas)	81
Figura 21 Cosecha selectiva y despulpado	101
Figura 22 Codificación y Evaluación de Parámetros	102
Figura 23 Toma de muestra para medir T°, °Brix, pH en Enzima EM-1	103
Figura 24 Pesado y aplicación de la levadura Saccharomyces Cereviceae	104

Figura 25 Evaluación de parámetros a muestras codificadas	105
Figura 26 Aplicación de soda caustica	106
Figura 27 Evaluacion y Toma de Datos de Soda Caustica	108
Figura 28 Lavado y oreado de las muestras.....	109
Figura 29 Secado de muestras codificadas	110
Figura 30 Pesado y recodificacion de muestras.....	112
Figura 31 Tostado de Muestras	113
Figura 32 Preparacion de muestras y Evaluacion Sensorial	114
Figura 33 Informe de Analisis Sensorial.....	116
Figura 34 Formulario SCAA utilizado Evaluación Sensorial de café	118

RESUMEN

El trabajo de investigación se ha Evaluado la “REDUCCION DEL TIEMPO DE FERMENTACION APLICANDO METODOS PARA ACELERAR LA DEGRADACION PECTOLITICA DEL CAFE (Coffea Arábica) EN EL DISTRITO DE VILCABAMBA – LA CONVENCION”. Se ha realizado en los meses de julio del 2018 a mayo del 2019, la materia prima (cerezo del café típica) ha sido obtenida en el sector de Oyara, distrito de Vilcabamba - Quillabamba – Cusco. La primera parte de la evaluación se ha realizado en la parcela, ya que una vez cosechada la materia prima, los ensayos de la aplicación de cuatro tratamientos se ha realizado in situ. Para el análisis sensorial (catación) se trabajó en las instalaciones de la Central de Cooperativas COCLA, se ha utilizado fruto de café de la variedad de Coffea arábica (Typica). Para la presente investigación se realizó cosecha selectiva, es decir solo se cosecharon granos maduros. Con la finalidad de evaluar la reducción del tiempo de fermentación, se aplicó cuatro métodos para acelerar la degradación pectolítica del café. Se aplicaron métodos tales como la fermentación natural, fermentación aplicando enzimas EM-1 (10ml/muestra), fermentación aplicando levaduras *Saccharomyces cereviceae* (10gr/muestra) y la fermentación con soda caustica se utilizó 10 ml de solución diluida (0,1 gr de soda caustica/1 L de agua), con tiempos de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas, la aplicación de estos métodos se ha realizado tomando en cuenta la Temperatura ambiente, asimismo se procedió a medir la concentración de solidos solubles con un brixometro y el pH se midió con cintas de cambio de coloración, tanto al inicio como al final de la evaluación.

Luego de culminar el proceso de fermentación, se ha realizado la medición de parámetros de pH y °Brix teniendo en cuenta la temperatura de ambiente, esto con la finalidad de observar la degradación pectolítica de los granos en los cuatro métodos aplicados. Durante la aplicación de métodos se ha podido observar que la soda caustica al ser aplicada en los diferentes tratamientos

degrado inmediatamente las sustancias pécticas del café, pero con el inconveniente de eliminar trazas de la soda caustica al momento de enjuagar los granos. Culminado el proceso de fermentación las muestras fueron lavadas, secadas y envasadas en bolsas de plástico para luego ser analizadas sensorialmente en COCLA.

En el laboratorio, se ha tostado las muestras para luego ser evaluadas utilizando el formato de Catación de la SCAA, las muestras sometidas a fermentación natural por 6, 4 y 8 horas fueron las que obtuvieron mayores puntajes con 84.08, 82.58, 82.42 puntos en taza, seguida del tratamiento al que se le adiciono levadura con 4 horas de fermentación que obtuvo 82.25 puntos.

Asimismo, de los resultados de estas pruebas, se ha podido observar diferencias significativas entre las muestras a las que se les adicionó soda caustica frente a las de fermentación natural, fermentación con enzimas EM-1 y a las muestras a las que se les adiciono levadura *Saccharomyces cereviceae*.

PALABRAS CLAVES: Reducción de tiempo de fermentación, degradación, métodos, aceleración y mucilago de café

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arábica L.*), considerado como uno de los principales productos peruanos agrícolas de exportación y es el décimo a nivel mundial. (MINAGRI)

La provincia de La Convención, es una de las zonas que cuenta con variedades de café tales como la Typica, que tienen características potenciales para ser considerados cafés especiales, sin embargo esto no se ve reflejado en la actualidad, debido a que los productores no trabajan con parámetros en el procesamiento post cosecha (beneficio húmedo), en especial en las etapas de cosecha, fermentación y secado

Puerta Q., (2015), Por siglos, la humanidad ha usado el proceso de fermentación para dar sabor, aroma, modificar la textura y conservar la calidad de los alimentos y bebidas. La fermentación también influye en la calidad del café. Mediante la tecnología de la fermentación controlada del café se pueden producir bebidas con aromas y sabores especiales, dulces, cítricos, frutales y tostados, que agregan valor y consistencia a la calidad del producto. En la tecnología de la fermentación del café se requiere realizar controles de la temperatura, la calidad del agua, la calidad y sanidad del café y el tiempo del proceso de fermentación. Igualmente, para conservar los sabores especiales obtenidos con la fermentación controlada del café, es necesario realizar buenas prácticas de lavado, secado, almacenamiento y tostación.

Posterior al despulpado, queda expuesto el mesocarpio o mucilago adherido al pergamino, constituido por tejidos hialinos ricos en azúcares y pectinas, los cuales son removidos en la etapa de fermentación: siendo considerada una etapa crítica para la calidad del grano, el cual no puede ser modificado en los procesos posteriores ni en la preparación de la bebida.

Con la finalidad de facilitar el proceso de eliminación del mucílago de los granos de café,

se ha utilizado diversos medios y/o sustancias como bacterias, microorganismos, levaduras y actinomicetos, enzimas, preparaciones pecto líticas, óxidos, hidróxidos, sales, ácidos, drenados finales de la misma fermentación y aguas residuales, entre otros. PUERTA(2009), En ese sentido podemos indicar que los tiempos de fermentación son uno de los puntos críticos en la calidad de café, ya que en este punto se desarrollan los aromas y sabores de estabebida exótica, en la provincia de La Convención normalmente la cantidad y la calidad del frutode café que se maneja para la fermentación son primordiales para controlar tiempos de fermento.

Es por ello que se ha optado por trabajar en el distrito de Vilcabamba, diferentes métodos de fermentación, utilizando levaduras, enzimas, productos químicos ya que en la actualidad el productor cosecha en el día, sin embargo, ellos no toman en cuenta la relación tiempo – temperatura (relacionado a la altitud de la zona) ya que ello influye en los tiempos de fermentación y por ende en la calidad final del café.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

En el distrito de Vilcabamba, la calidad del café se ha visto seriamente afectada en el proceso de beneficiado, esto puede ser debido a muchos factores tales como, fermentación incompleta, mal lavado del café, entre otras causas que alteran la calidad del grano. Esto trae como consecuencia la mala calidad de café en taza, lo cual influye directamente en el precio al momento de la venta y por ende a la economía del productor.

La adición de levadura o enzimas en la fermentación facilita la remoción del mucilago que es un material gelatinoso, facilitando la remoción del mismo en el lavado del café, este proceso ayudaría a un fermentado óptimo, sobre todo si hablamos en cuanto a tiempos de fermentación, los cuales se manejan de manera artesanal; estos métodos permitirían al productor optimizar tiempos (Cleves Serrano, 1998)

En la mayoría de casos, el productor controla la fermentación de manera artesanal y en otros casos es casi imposible, debido a que las cosechas realizadas a diario son cantidades pequeñas, por lo cual deben esperar dos o tres días para luego ser despulpado. En estas condiciones se producen cafés manchados y otros cafés con sabor a fermento. Estos factores desalientan al productor que ve reducido su ingreso económico, debido a que hay mayor probabilidad de rechazo por parte de los compradores de café.

1.1. Planteamiento del problema

En el Perú por lo general se realiza el proceso de beneficiado por vía húmeda, el cual sigue todo un cuidadoso proceso para la eliminación del mucilago por medio de la fermentación natural, el cual puede ser acelerado a veces con la adición de alguna enzima o bien por métodos mecánicos.

Durante más de 100 años el proceso de beneficiado húmedo se ha realizado a través de la fermentación natural y por periodos entre 6 a 48 horas, dependiendo de la temperatura del

ambiente y el agua utilizada en el despulpado, así como otros factores tales como microorganismos presentes, estado de maduración del café, utilización de enzimas, levaduras y/o productos químicos que ayudan a acelerar el proceso de fermentación. Cleves, (1998).

En lo posible se debe trabajar sin deteriorar la calidad de café, que puede dar por fermentaciones no deseables, sobre todo las fermentaciones anaerobias. En efecto, el mucilago es un excelente habitat para toda clase de microorganismos, favoreciendo y acelerando su degradación algunos de ellos, sin embargo otros pueden originar el defecto conocido como “café con fermento” o “sobrefementado”, totalmente objetable y de muy bajo valor comercial. Los catadores afirman que un solo grano con el tipo de defecto stinker o grano manchado daña una taza de café (Cleves Serrano, 1998).

En el distrito de Vilcabamba, la calidad del café se ha visto seriamente afectada en el proceso de beneficiado, por los tiempos que demora la fermentación en cada etapa de la cosecha, asimismo se ha visto problemas ocasionados por granos con restos de mucilago, esto puede ser debido a muchos factores tales como, fermentación incompleta, eliminación incompleta de la pulpa de café, entre otras causas que alteran la calidad del grano. Esto trae como consecuencia la mala calidad de café en taza, lo cual influye directamente en el precio al momento de la venta y por ende a la economía del productor.

La adición de levadura, enzimas, o sustancias químicas tales como: la soda caustica, facilita la remoción del mucilago e influye en los tiempos de fermentación (Puerta Q., 2012).

Debido a la baja producción de café y a la falta de personal, las cosechas son realizadas en pequeñas cantidades, es por ello que el productor debe esperar dos o tres días para luego realizar el despulpado de café, ello ocasiona que se generen defectos en el producto terminado, tales como café manchado, olores a fermento, entre otros; lo que conlleva a pérdida económica para el

productor, ya que su producto no podrá ser cotizado a buen precio en el mercado.

La calidad de la bebida depende toda la cadena cafetalera, ya que como mencionamos antes todos los factores influyen, desde la plantación hasta su procesamiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Se podrá reducir el tiempo de fermentación, aplicando métodos que aceleren la degradación pectolítica del café (*Coffea Arabica L.*)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Al aplicar cuatro métodos de fermentación se podrá reducir los tiempos de fermentación del café (*Coffea Arabica L.*)?
- ¿Qué relación existe entre la degradación pectolítica y los métodos de fermentación aplicados?
- ¿Cuál será el tiempo de fermentación óptimo al aplicar diferentes métodos?
- ¿Cuál es la calidad obtenida de los tratamientos en estudio evaluados por catadores experimentados con formatos de la SCAA?

1.3. Objetivos y justificación

1.3.1. Objetivo general:

Evaluar la reducción del tiempo de fermentación aplicando métodos para acelerar la degradación pectolítica del café (*Coffea arábica*) en el Distrito de Vilcabamba – La Convención.

1.3.2. Objetivo específico:

- Aplicar cuatro métodos de fermentación: natural, levaduras fermentativas, enzimático y químico.
- Evaluar la degradación pectolítica en los cuatro métodos de fermentación.

- Determinar el tiempo de fermentación óptimo entre los cuatro métodos de fermentación.
- Evaluar la calidad organoléptica del café, de los cuatro métodos de fermentación.

1.4. Justificación.

La provincia de La Convención, por su variedad geográfica tiene zonas cafetaleras con mayor altitud, donde el proceso de fermentación del café puede durar entre 16 y 32 horas, esta variación está sujeta a la altitud. Otro de los factores negativos es la fermentación prolongada ya que cada productor solo cuenta con una poza de fermento y ello dificulta el manejo de lotes de cafés, y puede conllevar a la acumulación en la misma tina de fermentación de cafés cosechados en días anteriores. Muchas veces el caficultor tiene que lavar antes que la fermentación en lotes anteriores haya completado (Codocafe, 2001).

El distrito de Vilcabamba pese a ser un distrito que presenta buenas condiciones climáticas con buenas variedades de café, no ha logrado estandarizar sus procesos postcosecha y beneficiado hablando específicamente de la fermentación, ya que algunos productores obtienen cafés manchados. Esto como consecuencia del mal manejo de los tiempos de fermentación, lo cual repercute de manera negativa en los precios de café, ya que ello origina rechazo al momento de la venta de productos, ocasionando pérdidas económicas al caficultor del distrito de Vilcabamba debido a que los precios a los cuales ofertan el café son bajos. Lo que contrariamente ocurre en otros países como Costa Rica, Nicaragua, Colombia, etc donde si se maneja los procesos de fermentación adecuados con buenos resultados.

Cleves (1998), menciona que por tratarse de una importante y delicada etapa del beneficiado, diversos investigadores han intentado encontrar sistemas rápidos y económicos de eliminación del mucilago teniendo entre ellos los métodos enzimáticos, químicos y bioquímicos.

En tal sentido, el planteamiento del presente trabajo de investigación tiene por finalidad

Evaluar los tiempos de fermentación aplicando cuatro métodos para acelerar la degradación pectolítica del café (*Coffea arábica L*), en el Distrito de Vilcabamba – La Convención.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

(Jiyuan Zhang & De Bruyn, 2019), La calidad del café se evalúa generalmente a nivel de los granos de café verde y de taza preparada. Dado que los granos de café verde contienen en su interior todos los precursores de los aromas, su calidad está íntimamente relacionada con la calidad final en la taza. Sin embargo, no podemos ignorar el papel que desempeña el procesado posterior a la cosecha cuando pensamos en mejorar la calidad de un café. El objetivo principal del procesamiento posterior a la cosecha es eliminar las capas externas de las cerezas de café y transformar sus semillas en un portador deshidratado y estable de precursores de aroma, por ejemplo, café verde. Los métodos más comunes para lograrlo son el procesado húmedo y el procesado seco, cuya historia puede seguirse hasta el mismo nacimiento de la industria del café.

Muchas veces el caficultor tiene que lavar antes que la fermentación en lotes anteriores haya completado, esto debido a que la madurez de los frutos es periódica y la escasez de personal hace que las cosechas se hagan en pocas cantidades (CODOCAFE, 2001).

El uso de granos demucilaginados en lugar de despulpados como material de partida para la fermentación durante el procesado en húmedo del café ha sido motivo de controversia. Como alternativa más ecológica a la fermentación clásica, el uso de un desmucilaginador puede suponer un ahorro en agua fresca empleada durante la fermentación, y reduce el tiempo de fermentación, mientras que su impacto en la calidad sensorial se mantiene imperceptible (Jiyuan Zhang & De Bruyn, 2019).

Cenicafé realizó una investigación evaluando el uso de una enzima específica desarrollada por la industria¹, para degradar el mucilago del café. Ésta corresponde a una preparación

enzimática de alta concentración, en la cual actúa principalmente la pectinasa, que ha sido calificada para el desmucilaginado de granos de café. Específicamente es una pectin-liasa producida a partir de *Aspergillus niger*, que cataliza las reacciones de ruptura de la pectina en moléculas de menor peso molecular. Se ha determinado que su actividad enzimática es máxima a una temperatura de 50°C y un pH de 5,00. En cuanto a la inocuidad y seguridad, este producto cumple con las especificaciones de la FAO y del Codex para enzimas de grado alimenticio. (Peñuela *et al*, 2011)

Cortes. (1994), El mucílago o miel se elimina de variadas maneras:

- Por fermentación inducida por la acción de microorganismos.
- Por métodos mecánicos – fricción de agua.
- Por métodos enzimáticos.
- Por métodos químicos (Uso de sustancias como la soda caustica)

Varios autores reportan que durante los tiempos prolongados de la fermentación ocurren pérdidas de peso del grano de café, por tal motivo con el fin de acelerar el proceso de la remoción del mucílago a los granos o a los frutos de café se les han adicionado diversas sustancias y medios como microorganismos, levaduras, bacterias y actinomicetos, enzimas, preparaciones pectolíticas, sales, ácidos, óxidos, hidróxidos, drenados finales de la misma fermentación y aguas residuales, entre otros. (Puerta, 2009)

El café fue despulpado y el mucílago removido, de tal manera que el grano quedara en forma de pergamino. El mucílago fue removido por medio de un proceso de fermentación o por medio de un tratamiento químico usando hidróxido de sodio. Ives (1955),

El café procesado por el sistema de soda caustica, en comparación con el de fermentación normal, demostró que no afectó las buenas cualidades del grano y que su torrefacción fue idéntica a la de los beneficiados por el método de fermentación. Henao, (1982)

La calidad del grano en baba, del sistema y de la temperatura externa influyen en la variación del pH durante la fermentación del café. A diferencia de los sistemas sumergidos, los sistemas de sustrato sólido (sin adición de agua) son más heterogéneos y, por consiguiente, el rango de variación del pH es más amplio para cualquier tiempo. Los valores de pH iniciales en los sistemas sumergidos tienen un valor mayor, a comparación de los sistemas sin agua. En los sistemas abiertos la disminución del pH es más lenta que en los cerrados, y a mayor temperatura externa la disminución del pH en la fermentación es más rápida. Puerta, (2012).

Cuando se realiza la fermentación del café sin agua, a través del tiempo, el ° Brix muestra un decrecimiento exponencial y son más lentos al disminuir la temperatura externa. Por el contrario, en un sistema sumergido en agua, el ° Brix del medio aumenta a medida que transcurre la fermentación del café, debido a la disolución de las sustancias en el agua. Al inicio, cuando se adiciona 30% de agua al café en baba, los grados Brix son de 4,2% en promedio, y a las 18 horas de fermentación aumentan entre 5,8% a 7,8%, en sistemas abiertos, y entre 5,9% y 8,0% en sistemas cerrados. Mientras que para la fermentación del café con 50% de agua, el valor de los °Brix del medio al inicio es de 2,8% en promedio, y después de 18 horas, cambia a valores de 4,7% en sistemas abiertos y a 5,1% para sistemas cerrados. Puerta, (2012).

2.2. El café (*Coffea Arabica* L.)

2.2.1. Historia

El cafeto pertenece a la familia de las Rubiáceas, al género *Coffea*, que comprende alrededor de 60 especies, de las cuales 2 especies son las más cultivadas: Arábicas (*Coffea arábica*) Originario de Etiopia, y Robustas (*Coffea Canephora*) presumiblemente originaria del África o Indonesia.

Sobre su origen se han tejido una serie de historias "Dicen los que saben que fue en África

y en Arabia donde se inició el consumo del café, allá por los siglos XV y XVI. Igualmente, la leyenda cuenta que cerca del año 600 en un monasterio un pastor llamado Kaldi observó que sus cabras se comportaban en forma diferente después de haber comido las hojas de un arbusto desconocido para el mundo. Este descubrimiento lo llevo a preparar una infusión con las hojas y semillas del cafeto para probarla el mismo. Y al comprobar alguno de sus atributos, ladio a beber a los monjes para evitar que se durmieran durante sus oraciones nocturnas. (Vergara, 2012)

Perú produce casi exclusivamente café Arábica, del cual más del 70% es de la variedad Typica, seguido de Caturra (20%) y otras (10%). La densidad media de plantas en las fincas es de 2.000 cafetos por hectárea, aunque según las regiones de cultivo, esta cifra puede variar notablemente. No es extraño, tampoco, que los caficultores posean mezclas dentro de sus parcelas hasta cinco variedades diferentes que en su práctica totalidad son cultivadas siempre bajo sombra (90%). Como la mayoría de las áreas de cultivo, un 75%, se concentran entre los 1.000 y los 1800 m.s.n.m, la producción del café en el país es totalmente manual y las cerezas se siguen recogiendo, en gran medida, a mano y secando al sol. Según datos de la USDA, los rendimientos medios por hectárea de cafetales en Perú se sitúan entorno a los 752 kilogramos, aunque se da el caso de plantaciones muy bien administradas donde se llegan a alcanzar los 2.500 kilogramos por hectárea (42 sacos de 60 kg). (JNC, 2020)

La mayor parte de café se cultiva bajo la sombra y la densidad de plantas en las fincas promedia 2000 plantas por hectárea. El café en Perú sigue siendo en gran medida recogido a mano y secado al sol. (Nolte, 2020, pag 3).

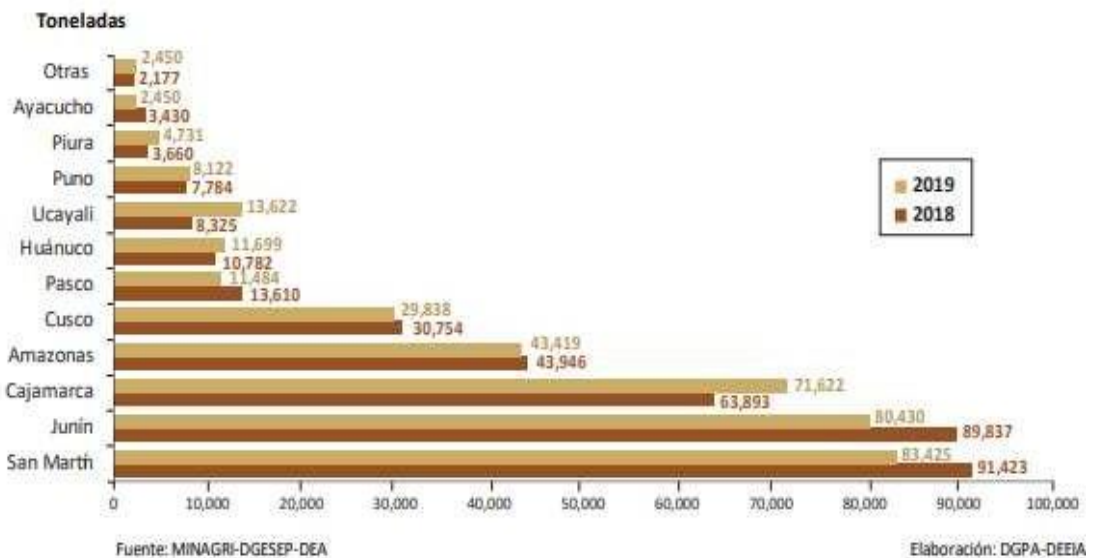
El café peruano se produce en 350.000 hectáreas de cafetales en 210 distritos rurales ubicados en 10 departamentos de la vertiente oriental de los Andes, siendo las regiones de Amazonas, San Martín y Chanchamayo, las tres áreas principales de cultivo. Este último

territorio, Chanchamayo (origen del café en Perú), ha sido tradicionalmente la región cafetalera por excelencia, sin embargo, en los últimos tiempos se ha constatado un cambio hacia las tierras altas del norte de las regiones de Amazonas y San Martín. Y es así que, aunque Chanchamayo todavía representa el 16% de la producción total, Amazonas y San Martín juntos representan ya, el 47% de la producción nacional (JNC, 2020).

Otras importantes regiones que han mostrado una caída en su producción tenemos a Amazonas con 1,2%, Cusco con 3%, Pasco con 15,6% y Ayacucho con 28,5%; mientras que algunas regiones como Cajamarca han logrado aumentar su producción (63,9 mil toneladas a 71,6 mil toneladas) 12%, a la que se han sumado en menor proporción las regiones de Huánuco, Ucayali y Puno, limitando así el impacto de la caída de la producción nacional. (Romero, 2020)

Figura 1

Producción regional de café en grano



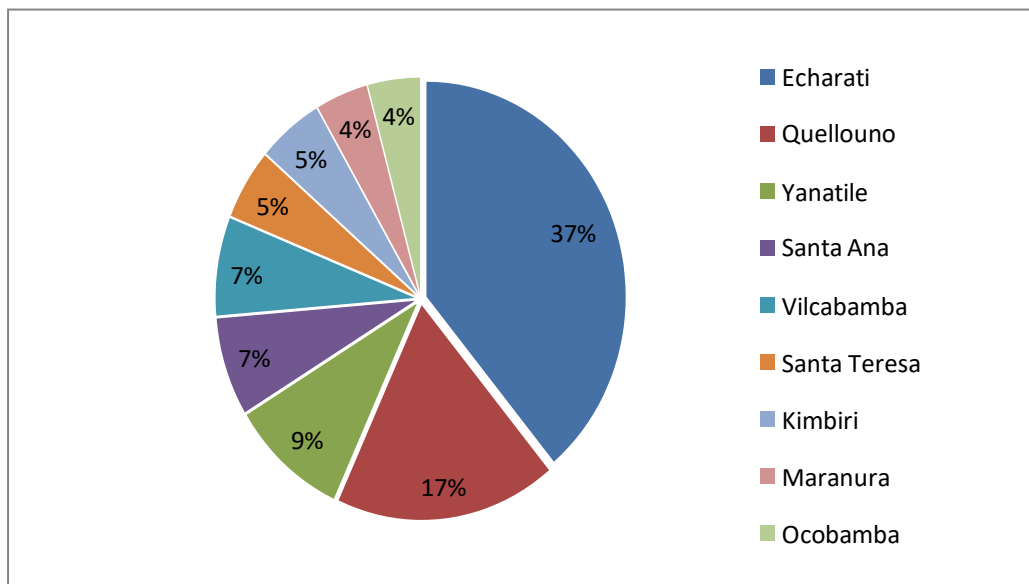
Fuente: (Romero, 2020)

Según MESA TECNICA DEL CAFÉ Y CACAO EN LA REGION CUSCO 2015, las cifras del CENAGRO para la región Cusco, indica que en 25,554 Unidades Agropecuarias hay un

total de 52,222.57 hectáreas; La Convención (91%) y Calca (9%) son las dos provincias donde se cultiva café en la región. En diez distritos de La Convención y uno de Calca es donde se concentra la producción de café, así tenemos, Echarati (37%), Quellouno (17%), Yanatile (9%), Santa Ana (7%), Vilcabamba (7%), Santa Teresa (5%), Kimbiri (5%), Maranura (4%) y Ocobamba (4%). En cuanto a las hectáreas cultivadas, Cusco ocupa el cuarto lugar, después de Junín, Cajamarca y San Martín.

Figura 2

Zonas de producción cafetaleras por distritos en la provincia de La Convención.



Fuente: Mesa Técnica del Café, 2015

2.2.2. Descripción del café

El café es una bebida que se obtiene de la infusión de las semillas tostadas y molidas de las plantas del café (*Coffea*). El café es un arbusto de hoja perenne de la familia de las Rubiáceas. El fruto de estos arbustos contiene dos semillas o granos de café, elementos para el consumo posterior. Este fruto se produce a partir de las flores blancas y aromáticas que crecen en el

nacimiento de las hojas. Es del tipo drupa, con una primera capa carnosa y una segunda endurecida, como acartonada, conocida como pergamino, donde contiene las semillas. Tiene color rojizo y, debido a su parecido en tamaño a una cereza, se le conoce como café cereza (Besora, 2016).

Las plantas que producen café comercialmente pertenecen al género *Coffea* y por su considerable importancia económica requieren atención especial. Detalles de la botánica de éstas han sido motivo de inseguridad y controversia entre botánicos. Los representantes de este género crecen en los trópicos y aunque incluye un gran número de especies sólo unas pocas son de importancia económica. Desde el punto de vista agrícola alrededor de 12 especies son de valor e interés. (Monroig, 1998)

2.2.3. Clasificación Botánica

A continuación, la clasificación botánica del café

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Sub-Clase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Genero	<i>Coffea L</i>
Especie(s)	<i>arabica, canephora, liberica</i>

(Monroig, 1998)

2.3. Variedades

Entre las especies cultivadas comercialmente, el Coffea Arabica es la que produce una bebida más agradable, aromática y fina. Cleves, (1998)

2.3.1. Typica.

Es la base a partir de la cual muchas variedades de café se han desarrollado.

Al igual que los otros varietales que se han desarrollado a partir de ella, las plantas de café Typica tienen una forma cónica con troncos: un tronco vertical y otros verticales secundarios que crecen con una ligera inclinación. Typica es una planta que llega a 3,5-4 m de altura. Esta variedad tiene una producción muy baja, pero una calidad excelente (Vergara, 2012, pag 14).

2.3.2. Bourbon

Estas plantas producen un 20 a 30% más café que la variedad Typica, pero aún tienen una cosecha más pequeña que la mayoría de variedades. Tiene una forma menos cónica con más ramas secundarias. Las hojas son anchas y onduladas en los bordes. El fruto es relativamente pequeño y denso. Las cerezas maduran rápidamente y tienen mayor riesgo de caerse durante vientos fuertes o lluvias. Los mejores resultados para el café Bourbon se realizan entre 1000 y 2000 metros de altura. La calidad de la taza es excelente y similar a la Typica. Variedad Caturra. (Vergara, 2012, pag 14).

2.3.3. Caturra

Es una mutación de la variedad Bourbon descubierta en Brasil con una alta producción y buena calidad, pero que requiere de una amplia atención y fertilización. La planta es más baja, con un núcleo grueso y muchas ramas secundarias. Tiene hojas grandes con bordes ondulados similares al Bourbon. Se adapta bien a casi cualquier ambiente, pero mejor entre los 500 y 1700 metros con precipitaciones anuales entre 2500- 3500 mm. A mayor altitud aumenta la calidad, pero

disminuye la producción. (Vergara, 2012, pag 14)

2.3.4. Catimor

Es un cruce entre Timor (híbrido de robusta y arábica muy resistente a la oxidación) y Caturra. Fue creada en Portugal en 1959. La maduración es temprana y la producción es muy alta, por lo que deben ser monitoreados de cerca. Relativamente pequeños en estatura, tienen grandes frutos y semillas de café. Se adapta bien a regiones más bajas pero a una altura mayor tiene una mejor calidad de taza. (Vergara, 2012, pag 14).

2.4. Cosecha

2.4.1. Recolección de semillas

Este proceso debe hacerse solo cuando los frutos estén maduros, de color rojo. Si el punto de maduración no es el correcto el producto obtenido es de baja calidad. Se puede notar en el sabor del café en taza, aumentando el sabor amargo si el grano está verde, y sabor fuerte y áspero, cuando el fruto es demasiado maduro. Durante este proceso hay que evitar que junto con los granos vayan hojas, palos o cualquier objeto extraño. También evitar dañar las plantas de café y usar siempre recipientes limpios y en buen estado. (Besora, 2016)

2.4.2. Recibo del café

Es importante que el fruto esté maduro y no mezclarlo con el verde, ni con el seco, ni con impurezas. El café verde se puede procesar en una línea distinta. No dejarlo expuesto al sol.

2.5. Beneficio del café (Coffea arábica)

El beneficio es la etapa del proceso a través de una serie de procedimientos se convierte el café cereza obtenido en la recolección en café pergamino.

Existen dos tipos de beneficio los cuales se diferencian en las técnicas de aplicación y los procedimientos que lleva cada uno.

a. Por vía seca

El beneficiado también difiere radicalmente, en Brasil este café se seca con todas las cubiertas exteriores del grano o endospermo, valga decir la pulpa o exocarpio, el mucilago o endocarpio. El proceso se simplifica así y la inversión inicial requerida en maquinaria es menor, lógicamente. Sin embargo, el volumen de café a manejar y la cantidad de agua a evaporar son mucho mayores, lo cual encarece y retarda el proceso considerablemente (Cleves, 1998).

b. Por vía húmeda

En los países que procesan por vía húmeda, la recolección es selectiva, osea que se cosecha la fruta solo madura, por lo que es necesario hacerlo en dos o tres etapas.

En el beneficiado por vía húmeda se sigue todo un cuidadoso proceso que se inicia en el tanque de recibo o “sifón”, con agua, para evitar el calentamiento y fermentación de la fruta y para hacer una primera clasificación por densidad, del café de inferior calidad. Luego se despulpa y clasifica en proceso continuo, con variados tipos de maquinarias. A continuación, se elimina el mucilago por medio de la fermentación natural, finalmente se procede al lavado, operación muy cuidadosa en la que se clasifica nuevamente el café por densidad (Cleves Serrano, 1998).

2.5.1. Beneficio Húmedo

a. Por vía húmeda

Se realiza en diferentes canales de agua. Se eliminan las impurezas y los frutos poco o demasiado maduros, por flotación. Posteriormente, se clasifican por su tamaño pasando por una serie de cribas y compuertas. Esta clasificación es necesaria para un mejor rendimiento en el despulpado (Besora, 2016).

b. Despulpado

Consiste en desprender la pulpa (epicarpio) y parte del mucílago de las semillas con la utilización de agua, para soltar los granos con presión. Este proceso debe hacerse dentro de las 10 horas posteriores a su recolección, sino el fruto iniciaría un proceso de fermentación. Para evitar contaminación hay que reservar la pulpa y el agua de despulpado para un tratamiento posterior. Al final del proceso es necesaria la utilización de un tamizador para separar los granos que no han sido despulpados (Besora, 2016).

c. Desmucilaginado

El objetivo es desprender el mucílago de las semillas. Se puede realizar con la fermentación o de forma mecánica. En el caso de la fermentación, se deja fermentar entre 12 y 20 horas para que los fragmentos de pulpa se descompongan por las enzimas naturales del mucílago, dejando el grano sólo con la capa de pergamino. Es necesario lavarlo posteriormente. En el caso del desmucilaginado mecánico, el desprendimiento del mucílago se hace a través de medios físicos y mecánicos. Con este proceso se ahorra agua, se consigue un flujo continuo del proceso, mejorando los rendimientos, y sin afectar a la calidad. Se requiere mucha energía y el secado debe ser inmediato. Es conveniente para grandes producciones de café (Besora, 2016).

d. Lavado

Este proceso sirve para quitar la capa de miel que queda adherida al pergamino. Este lavado puede ser manual, por medio de la inmersión y paso de una corriente de agua, o bien, mecánico, mediante la acción de bombas que impulsan agua en un flujo constante por canales de clasificación. En este proceso es importante el ahorro de agua, por eso está previsto un circuito de recirculación (Besora, 2016).

e. Clasificación

Con la acción del canal clasificador se separa el café de calidades diferentes. (Besora, 2016, pag 5). En esta etapa se elimina los flotes o cafés vanos (vacíos), que pueden haber sido dañados por plagas o insectos.

f. Secado

Es uno de los principales procesos en la obtención del café, ya que la humedad influye notablemente en el almacenado del grano de café. Consiste básicamente en disminuir la humedad de valores alrededor del 55%, a valores próximos al 12%.

Es importante secar el café inmediatamente después del lavado, ya que su contenido de humedad es muy elevado y puede ser afectado por sobrefermentación, hongos o microorganismos que dañan irremediablemente la calidad del café. Consiste en secar de forma natural o artificial los granos de café para obtener una humedad adecuada para su correcto almacenamiento, sin riesgo para la calidad (Besora, 2016).

- Secado al sol

Es el proceso tradicional, le atribuye al café cualidades importantes, sobre todo de sabor. secado en carros o silos: Son cajones montados en una estructura que puede ser de madera o de hierro. (Besora, 2016)

- Patio de cemento: es el sistema habitual, el café es esparcido en un patio de cemento, expuesto a la radiación solar, con espesores de menos de 10 cm y removido cada cierto tiempo, hasta que el grano haya perdido entre un 43 y 48% del agua en relación a su peso.
- Tiempo de secado: entre 8 y 15 días para llegar al nivel óptimo de humedad.
- Beneficios: simple y barato
- Inconvenientes:

- Requiere características específicas del aire: alta temperatura y baja humedad.
- Alto trabajo operativo: guardar en caso de lluvias y por la noche.
- El grano está expuesto a contaminantes y la lluvia.
- Existen alternativas para aprovechar mejor la radiación solar:
- Camas africanas y bandejas: Con la finalidad de que el café no este expuesto o tenga contacto con el suelo.
- Secador solar: Es económico pero el tiempo de secado es largo, pudiendo pasar los 8 a 10 días, dependiendo del clima.
- Secado mecánico: El secado mecánico se realiza con la ayuda de máquinas, es mucho más rápido, pero se corre el riesgo de afectar la calidad del café, las máquinas utilizadas para el secado mecánico envían aire caliente a unos 50°C al fruto, algunas de las máquinas más utilizadas son secador estático sin cámara de presecado, silo secador de CENICAFÉ y el secador de dos pisos entre otros. (CENICAFÉ, 2004).

g. Almacenamiento

Debido al desfase temporal entre producción estacionaria y comercialización, se requiere almacenar los granos de café hasta su venta. Es imprescindible mantener la calidad y la cantidad de café en el almacenamiento, ya sea en silos, bodegas o sacos. Para esto es necesario protegerlo del ambiente y del clima, de los cambios bruscos de temperatura (siempre alrededor de 20°C) y de altas temperaturas que pueden ser destructivas, de los insectos, de los malos olores, de la contaminación y de los robos; evitar, también, el desarrollo de hongos y microorganismos por demasiada humedad (humedad relativa del ambiente promedio 65%).

Mendoza, *et al.*, (1991), mencionan que para preservar la calidad del producto se debe evitar la perforación de los sacos y no permitir la entrada de oxígeno en estos ya que deteriora la

calidad de la bebida que al mayor tiempo de almacenamiento, mayor pérdida de aroma.

Se recomienda evitar colocar los sacos de café en la proximidad de materiales o productos aromáticos, ya que el grano tiene la característica de absorber cualquier clase de olores fuertes, deteriorando su calidad, Sotomayor, (1993).

2.6. Bioquímica de la fermentación del café

2.6.1. Sustrato

La materia prima del proceso de fermentación está compuesta por los granos de café en baba contienen cantidades variables de mucilago y su calidad depende de la frescura y los controles en el beneficio y despulpado (Puerta, 2012).

Al despulpar las cerezas del café maduro queda expuesto el mesocarpio o mucilago, adherido al pergamino, constituido por tejidos hialinos ricos en azúcares y pectinas, los cuales no contienen cafeína ni taninos, (Cleves, 1998). Químicamente la composición del mucilago de café podemos observar en el cuadro 1:

Tabla 1*Composición química del mucilago del café*

- Componentes	- (%)
- Materias pécticas totales	- 85.0
- Azúcares reductores	- 30
- Azúcares no reductores	- 20
- Celulosa y cenizas	- 17

Fuente: (Cleves, 1998)

Su contenido de humedad es muy variable de acuerdo con las condiciones climáticas que prevalezcan durante la recolección, pues debido a su condición coloidal se hidrata o deshidrata con mucha facilidad. De acuerdo con ese contenido de humedad el mucilago representa del 15.5% al 22% en peso del fruto maduro (Cleves, 1998).

Los microorganismos del café en baba provienen de diferentes fuentes como suelo, aire, agua, vegetales, personas, animales, insectos, equipos, instalaciones y utensilios de beneficio. En el café despulpado se encuentran primordialmente levaduras y bacterias lácticas, pero también otras bacterias y algunos hongos.

Las principales levaduras fermentadoras del mucílago son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. lipolytica*, *C. parasilopsis* y *C. pintolopesii*, que producen etanol y CO₂. Las bacterias lácticas del mucílago son *Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecalis*, entre otras, las cuales producen ácido láctico, alcohol, ácido acético, ácido fórmico y dióxido de carbono. La población de levaduras y de algunas bacterias aerobias y aerobias facultativas aumenta en las primeras horas de la fermentación del café en sistemas abiertos y sin agua (Puerta, 2012).

2.6.2. Factores de la fermentación del café

Durante la fermentación del café ocurren diferentes procesos bioquímicos, en los cuales las enzimas producidas por las levaduras y bacterias presentes en el mismo mucílago fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos, y los convierten en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas.

En la fermentación del café ocurren varios procesos, básicamente las levaduras y las bacterias del mucilago mediante sus enzimas naturales, oxidan parcialmente los azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácidos láctico, acético y dióxido de carbono. Además, se obtienen otros alcoholes como propanol, butanol, ácidos como el succínico, fórmico, butírico y otras sustancias olorosas como aldehídos, cetonas y esterés. También se degradan los lípidos del mucilago de café y cambian color, olor, densidad, acidez, pH, sólidos solubles, temperatura y la composición química y microbiana del sustrato (Puerta, 2012).

Las largas cadenas de varios cientos de unidades de ácido poligalacturónico que constituyen los materiales pécticas, se rompen por la acción de las enzimas y los microorganismos. Este proceso de degradación no es reversible, y por este motivo no es posible obtener pectinas del mucilago del café, después de la fermentación. Los azúcares presente en las mieles se transforman también durante la fermentación, dando primero alcohol etílico y luego ácidos orgánicos de bajo peso molecular. Inicialmente la fermentación es alcohólica y láctica (Cleves, 1998).

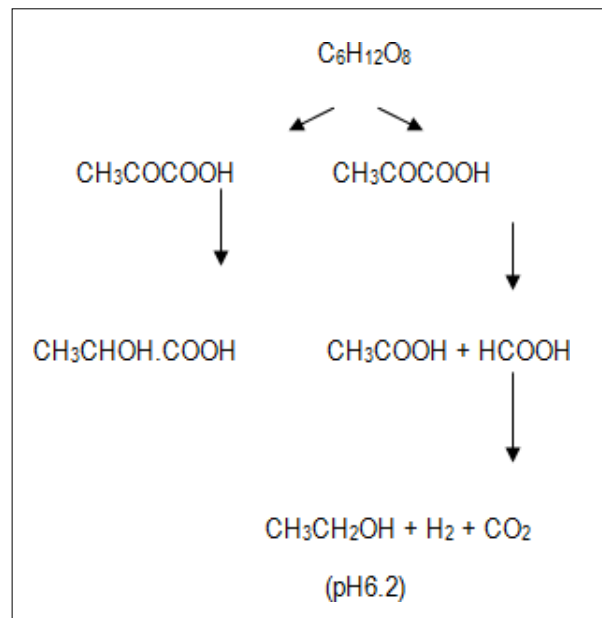
2.6.3. Cambios que resultan en la fermentación del café

La producción de CO_2 y H_2O como productos de la respiración, indica claramente que está ocurriendo pérdida de Carbono, Hidrogeno y Oxígeno, componentes de los carbohidratos. Lógicamente esta pérdida implica una disminución en el peso.

El hidrogeno es producido debido a la degradación de los azúcares por bacterias del grupo de los coliformes, *Escherichia coli* que metaboliza la glucosa en presencia de una mezcla ácida y a pH 7.8 (Masoud y Jespersen, 2006).

Figura 3

Productos de la fermentación de café



Entre las bacterias presentes en la fermentación del café tenemos las bacterias del género *Leuconostoc* y *Lactobacillus* -productoras de ácido láctico-, bacterias coliformes –donde destacan las especies del género *Aerobacter* y *Escherichia* (café de Brasil)- especies pectinolíticas del género *Bacillus* y alguna variedad de hongo filamentoso pectinolítico (Masoud y Jespersen, 2006).

Las enzimas de hongos son las más conocidas en la degradación del mucilago, así por

ejemplo encontramos hongos del género *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* que han sido aisladas del café despulpado (Mahmoud y Jespersen, 2006).

2.6.4. Efecto de la fermentación

Si el proceso se prolonga mucho, después de que ya se ha producido la sociabilización del mucilago, se presentan fermentaciones acéticas, propiónicas y butíricas que perjudican lamentablemente la calidad del café (Cleves, 1998).

Por otro lado, el crecimiento de microorganismos en las semillas de café se ha relacionado con el desarrollo de olores y sabores desagradables y con la presencia de micotoxinas, así el 2,4,6-tricloroanis, producido por hongos, ha sido detectado en semillas de café que muestran desviaciones organolépticas y que rebajan su calidad. (Pandey et al., 2000c; Zuluaga, 1989).

2.7. Factores que intervienen en la fermentación

2.7.1. pH

El valor del pH se mide en un potenciómetro o pH-metro y mediante tiras de color que están impregnadas de reactivos indicadores especiales. El pH del café en baba fresco es ácido, con valores que dependen de la madurez, del tiempo entre la recolección y el despulpado, y de la manipulación de los frutos y granos en baba; así, el café en baba clasificado sólo por zaranda presenta pH entre 4,9 y 5,6, con un promedio de 5,2; mientras que los granos en baba obtenidos de frutos clasificados con agua y después de despulados por zaranda tienen un pH de 5,1 a 5,6, y un promedio de 5,4. Por su parte, en sistemas sumergidos, cuando para la fermentación se agrega agua en un 30% del peso de café en baba, el pH inicial es de 5,3 a 5,5 y para 50% alcanza valores de 5,6 a 6,0. Puerta, (2012).

2.7.2. Temperatura

Los microorganismos fermentadores del café son mesófilos. La mayoría de las levaduras

crecen entre 5 y 39°C, con óptimos de 28 a 35°C, algunas se desarrollan entre 3 y 10°C y todas mueren por encima de 50°C. Las bacterias lácticas crecen entre 25 y 30°C, pero pueden reproducirse a 0°C, mientras que las bacterias entéricas se desarrollan entre 22 y 37°C.

Por su composición microbiana y química, el mucílago se fermenta en forma natural en las condiciones ambiente de las zonas cafeteras que presentan temperatura del aire entre la noche y el día de 12 a 34°C, según la altitud, con promedios en la temperatura mínima de 16,4°C, media de 20,7°C y máxima de 26,2°C. Durante la fermentación del café se presentan variaciones de la temperatura de los granos debido a los procesos metabólicos de los microorganismos con la consecuente producción de energía, así, en algunos momentos la temperatura del sistema es mayor que la temperatura del aire externo. Puerta, (2012)

2.7.3. Grados Brix

Con los grados Brix se expresa el porcentaje de sacarosa en la caña de azúcar, las frutas y los jugos, y en los vinos su contenido de glucosa. Sin embargo, en un producto, los sólidos solubles en agua no están conformados sólo de azúcares. En café, los sólidos solubles del mucílago contienen principalmente sacarosa, glucosa, fructosa, ácidos málico, láctico, acético, succínico, oxálico, fórmico, fosfórico, galacturónico, etanol y otros alcoholes, ésteres, polisacáridos, proteínas y cenizas. Los grados Brix del mucílago de café fresco son un indicador de la madurez del grano su medición durante la fermentación permite hacer seguimiento y control del proceso. Puerta, (2012)

2.8. Insumos usados para acelerar la fermentación

Se tiene una gran variedad de métodos que han venido siendo utilizados para acelerar los tiempos de fermentación del café, entre ellos tenemos:

2.8.1. *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo Saccharo (azúcar), myces (hongo) y cerevisiae (cerveza). Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa. El uso más extendido está enmarcado en la panificación y en las industrias de fabricación de cerveza, vinos y alcohol. (Suárez-Machín, 2016)

2.8.2. EM (Microorganismos Efectivo)

Es un producto de origen natural, probiótico compuesto por microorganismos benéficos y altamente eficientes. No son patógenos, no están genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Funciona en los ecosistemas promoviendo la rápida descomposición de la materia orgánica, acelerando la ruptura de compuestos como proteínas, azúcares, grasas, minerales y fibras, a través de un proceso de fermentación (y no de putrefacción). (Biopunto, 2020)

Es una abreviación del inglés que significa Microorganismos eficaces; el producto es una solución líquida concentrada de color ámbar, que contiene un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, presentes en ecosistemas naturales, sin manipulación genética y fisiológicamente compatibles entre sí. Estos grandes grupos representan unas 80 especies de microorganismos. (Cespedes, *et al* , 2010).

2.8.3. Sosa caustica

La **soda cáustica** es uno de los nombres más comunes con los que se conoce el hidróxido sódico o **hidróxido de sodio (NaOH)**, un producto químico que se encuentra en forma líquida, sólida, en escamas o cristalina. Es producido de forma comercial mediante dos métodos principales: celdas electrolíticas y proceso químico. Se considera como uno de los compuestos

con más usos a nivel doméstico y comercial, por lo que su venta es bastante común. (Amoquimicos, 2021)

Al disolverse en agua o al neutralizarse con un ácido, desprende una gran cantidad de calor, suficiente como para encender materiales combustibles y la disolución acuosa se denomina lejía de sosa. (QuimiNet.com, 2012).

2.9. Métodos de fermentación

En la práctica, en este proceso que sucede espontáneamente, los controles se realizan a través de la experiencia adquirida por los caficultores, utilizando métodos como establecer un tiempo fijo para el proceso. Sin embargo, se ha identificado un amplio rango de variación en el tiempo de fermentación, debido a que existen muchos factores que inciden en la forma como ocurre el proceso (Peñuela *et al*, 2013).

2.9.1. Enzimático

Las enzimas son proteínas producidas por las células vivas. Actúan como catalizadores (aceleradoras) o reguladoras de las reacciones de procesos químicos, por lo que resultan esenciales para el metabolismo de todo ser vivo. Se caracterizan por ser específicas, en la industria del café también se han utilizado estas sustancias especialmente para la preparación de concentrados líquidos de café, reducción de la viscosidad y degradación del mucilago del café despulpado, buscando disminuir el tiempo del proceso de fermentación (Peñuela *et al*, 2011).

Existen métodos enzimáticos como el antiguo Benfax o el más reciente Ultrazym y otras enzimas y levaduras que aceleran la fermentación (Cleves, 1998).

2.9.2. Método químico

Se han utilizado: el hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, cloruro de calcio, ácido sulfúrico, óxido de magnesio y amoníaco. El más conocido fue el propuesto por Carbonell y

Villanova en El Salvador, a base de soda cáustica.

2.9.3. Método de fermentación natural o bioquímico

La fermentación natural es la manera más sencilla y tradicional para degradar el mucílago, dado que en ella se interrelacionan los agentes suministrados naturalmente por el ambiente. El mucílago del café con su composición rica en azúcares y agua, es un medio propicio para que los microorganismos, como levaduras, mohos y bacterias, realicen las transformaciones de estos compuestos, generando sustancias como alcoholes y ácidos orgánicos, que son solubles en el agua, por lo que se facilita el lavado posterior. La fermentación se debe realizar para degradar el mucílago, porque la degradación de otros compuestos causa daños sobre la calidad del producto, por esta razón se hace importante que se realicen controles adecuados, con el fin de evitar defectos (Peñuela *et al*, 2013).

De igual manera, se utilizan métodos tradicionales como la observación del agujero dejado por un madero cuando es introducido en la masa de café (orificio en la masa) y la sensación áspera detectada por el tacto, al tomar una muestra de granos de café (método del tacto) (Peñuela *et al*, 2013).

2.10. Control de calidad.

2.10.1. Control de calidad físico

Según Marín, (2013), se toma una muestra representativa de café pergamino del lote (350gr.) y se evalúa de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Contenido de humedad del café verde (11 a 12%)
- Olor fresco
- Color (verde a verde azulado)
- Tamaño del grano (granulometría), para su evaluación se usa tamices del 13 al 20.

- Defectos físicos: son deformaciones que sufre el grano de café en su forma, color, olor y tamaño, debido a malas prácticas en el manejo del cultivo, beneficio húmedo y almacenamiento.

- Estado fitosanitario.

- El control de calidad es importante para lograr un mejor precio en el mercado.

a. Características del café pergamino de calidad: Según la Norma Técnica Peruana tiene las siguientes características:

- Contenido de humedad: 11 – 12%

- Rendimiento exportable mayor a 80%

- Color homogéneo (verde a verde azulado)

- Olor fresco

- No debe tener hongos, insectos, ni impurezas.

b. Características del café verde: El café verde de calidad se expresa en grados según la Norma SCAA. Para ello debe someterse a dos tipos de análisis: el físico y el sensorial.

2.10.2. Control de calidad organoléptica

De acuerdo al **Manual del catador de cafés especiales**, señala que el control de calidad es un proceso en donde se analiza de manera sistemática las características organolépticas del café. Es una actividad compleja que demanda un laboratorio bien equipado y mucha experiencia de los catadores.

- FRAGANCIA, Es captado por los receptores olfativos durante la prueba de taza cuando el café

- ha sido tostado y molido. Un buen café es calificado usualmente como de aroma

delicado, fino, fragante y pronunciado. También se presentan caracterizaciones de tipo floral, achocolatado, acaramelado y cítrico entre otros.

- AROMA, Esta se determina una vez se ha hecho la infusión (o se ha agregado agua caliente al
- café tostado y molido).
- ACIDEZ, Normalmente, la acidez es una de las categorías principales usadas por los catadores
- profesionales en la prueba de taza. Los cafés de altura y frescos son los que generalmente presentan una mayor acidez.
- CUERPO, Asociado con el contenido de cafeína en el café. Es uno de los elementos de mayor interés de las pruebas de Catación toda vez que existen nichos de mercado que generan una gran demanda de cafés con esta característica muy pronunciada.
- CATACIÓN, Es el resultado de la combinación de varias percepciones captadas durante la prueba de taza: Aroma, acidez, cuerpo. Los cafés que han tenido deficiencias desde su cultivo hasta su comercialización pueden presentar sabores desagradables que son considerados defectuosos en algunos casos como, reposo, fermento, vinagre, fenol, químico, combustible, etc.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general:

Se puede reducir los tiempos de fermentación y acelerar la degradación pectolítica del café, con la aplicación de cuatro métodos de fermentación (natural, levaduras, enzimático y químico).

3.1.2. Hipótesis específicas:

- Para la aplicación de cuatro métodos de fermentación, es necesaria la recolección de frutos selectos (solo maduros).
- La aceleración de la degradación pectolítica está relacionada con los cuatro métodos de fermentación (natural, levaduras, enzimático y químico) aplicados.
- La reducción de los tiempos de fermentación a temperatura del ambiente está influenciada por la aplicación de los cuatro métodos de fermentación.
- En la evaluación organoléptica las muestras con menor tiempo de fermentación y mayor degradación pectolítica obtiene buen puntaje en Catación.

3.2. Variables

3.2.1. Identificación de Variables

- Variable Independiente: Métodos de Fermentación
- Variable dependiente: Calidad en Taza

3.2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 2

Variables Independientes

VARIABLES INDEPENDIENTES

METODOS DE FERMENTACION	SUB VARIABLE	TIEMPOS DE FERMENTACION	INDICADORES	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS
Fermentación Natural				Tapers de Plástico
Fermentación con levadura <i>Saccharommyces cereviceae</i> :				Balanza analítica
Fermentación enzimática EM-1 (Microorganismos Eficaces)	Condiciones Externas	4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas	T°, Ph , °Bx	Cintas de pH
				Refractómetro
				Termómetro digital
Fermentación química (Soda Caustica)				Cronometro, Ficha de registro

Tabla 3*Variables Dependientes*

VARIABLES DEPENDIENTES				
VARIABLE	SUB VARIABLE	TIEMPOS DE FERMENTACION	INDICADORES	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS
Calidad del café	Calidad sensorial	4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas	Aroma - fragancia Sabor Acidez Cuerpo Uniformidad Balance Taza limpia Dulzor Puntaje final de catador	Ficha de catación de la Specialty Coffee Association of America (SCAA)

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización

4.1.1. Ubicación de materia prima

El distrito de Vilcabamba, ubicado en la provincia de La Convención que se caracteriza por tener café de calidad, es por ello que uno de los productos que dinamiza la economía local es el cultivo de café. Debido a su calidad este representa la principal fuente de recursos económicos. Este distrito por ser muy extenso cuenta con microclimas en las diferentes microcuencas que es un factor importante para obtener café de calidad

Para la presente investigación se ha trabajado en el Sector de Sigitay con una altitud promedio de 1750 m.s.n.m.

4.1.2. Ubicación geográfica

Ubicación política

Departamento	: Cusco
Provincia	: La Convención
Distrito	: Vilcabamba
Sector	: Sigitay

Ubicación geográfica

Altitud Min.	: 1600 m.s.n.m
Altitud Max.	: 1882m.s.n.m
Coordenadas UTM	:1327.3mS
	: 724959.8Mn
Humedad relativa	: 80%
Precipitación	: 677mm

T° media anual : 15.8°C

- **Zona de estudio**

El estudio se realizó en el centro poblado de Sigitay (Ubigeo: 0809090056, Longitud -72.832300, Latitud: -13.036214), situado en el distrito de Vilcabamba, Provincia La Convención - Cusco.

El análisis sensorial se realizó en la Central de Cooperativas Agrarias COCLA Quillabamba – CUSCO.

4.2. Materiales y equipos

4.2.1. Materia prima e insumos

a. Materia Prima

Se utilizaron cerezas de café, variedad Typica, recolectadas en estado de madurez óptimo, realizando la cosecha selectiva.

b. Insumos

- Levadura: *Saccharomyces cereviceae*
- Enzima EM-1
- Soda Caustica
- Agua destilada

4.2.2. Equipos y materiales

a. Equipo y material (parcela)

- Despulpadora “CHURA”
- Módulo de secado solar tradicional
- Zaranda de lavado de café
- Taper de plástico

b. Material de laboratorio

- Refractómetro KRUSS
- Cintas de pH
- Termómetro digital
- Medidor de humedad para granos automático
- Zarandas de laboratorio malla 14
- Balanza analítica Marca RoHS, modelo HZY-224/323 con aproximación de 0,1mg
- Tostador de dos bocas, marca Pinhalense, capacidad de 500g, hornilla a gas, motor 1hp
- Molino para café marca IMSA, capacidad de 500g., graduación de molienda 3
- Pipetas volumétricas de 50 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Bolsas polietileno
- Bandejas de plástico IMSA
- Sacos de Yute

c. Equipo y/o material de escritorio

- Laptop portátil
- Cámara fotográfica digital
- Fichas SCAA
- Papel bond A4
- Calculadora
- Lapiceros
- Tableros
- Etiquetas

4.3. Metodología

Trabajo de investigación básica científica, cuantitativa tipo experimental. Para lo cual se toma como base las investigaciones realizadas en CENICAFE. EL experimento se lleva a cabo en el sector de Sigitay, distrito de Vilcabamba, de propiedad de la Sra Betty Saca con una altitud de 1750 msnm, quien cuenta con .3.0 has de cafetales.

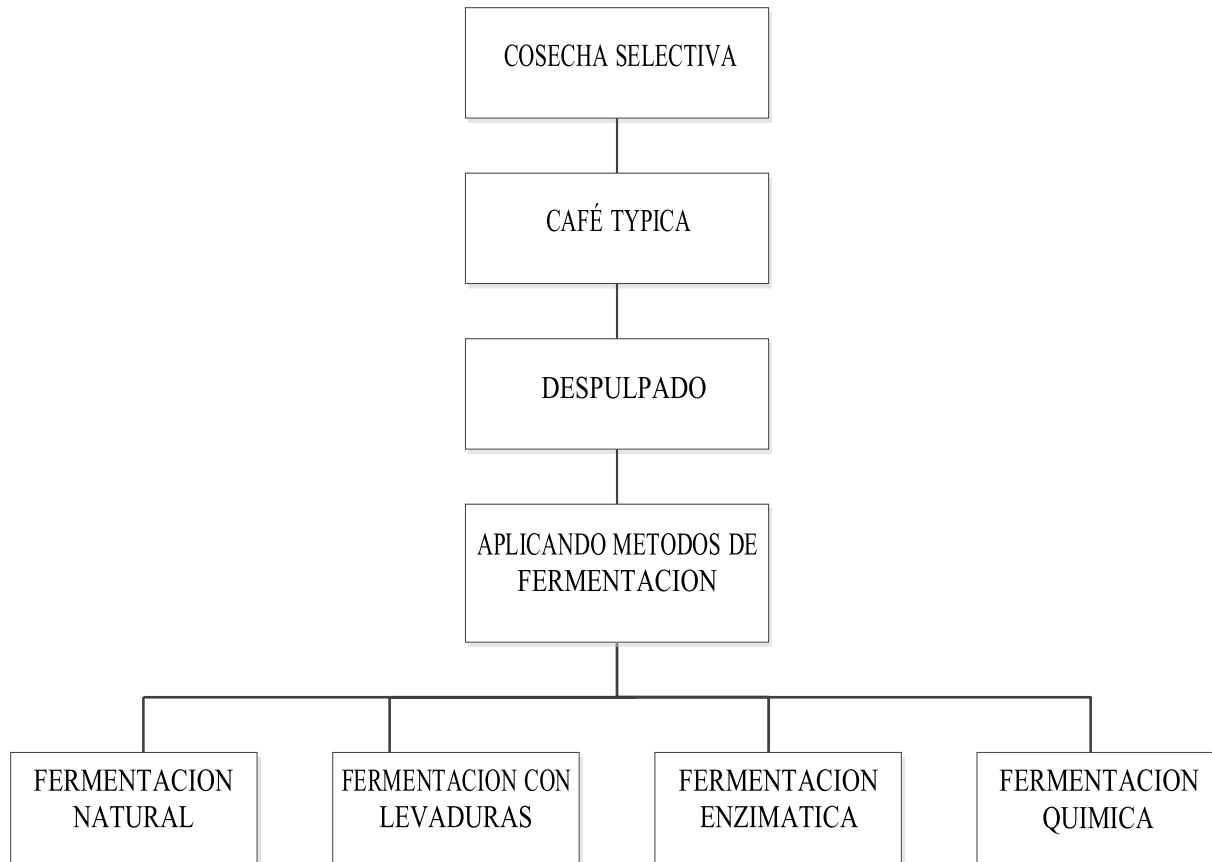
4.3.1. Aplicando Métodos de Fermentación

Para aplicar los cuatro métodos de fermentación, primero se realiza la cosecha selectiva de 2 kg de muestra para cada tratamiento, es decir solo los granos maduros, luego se procede al despulpado obteniéndose una muestra de 1 kg de café en baba y luego se procede a la aplicación de los cuatro métodos de fermentación (natural, levaduras, enzimática, química). Los cuales son detallados a continuación:

- **Fermentación Natural:** Se trabajaron muestras individuales por cada tratamiento, y se tomará en consideración la temperatura de ambiente de la zona.
- **Fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae*:** Se utilizo 1 gr de levadura seca *saccharomyces cereviceae* para cada muestra, diluida en 10ml de agua.
- **Fermentación enzimática:** En este caso se utilizó 10 ml la enzima EM-1 (Microorganismos Eficaces) por cada muestra.
- **Fermentación química:** Asimismo se realizó la dilución (0.1 gr de soda caustica en 1000 ml de agua), de lo cual se utilizó 10 ml por muestra.

Figura 4

Diagrama de flujo para la aplicación de cuatro métodos de fermentación natural, levaduras, EM – 1, Soda caustica

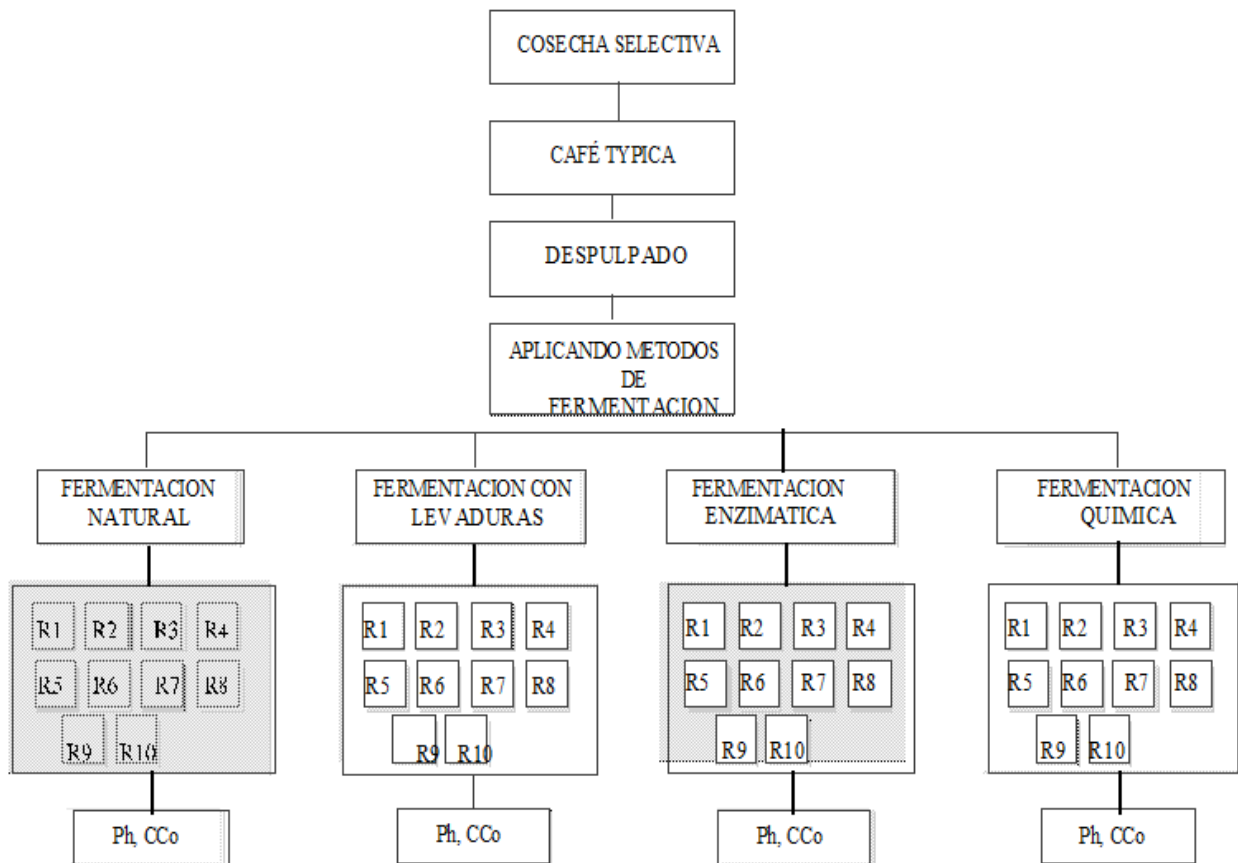


4.3.2. Evaluación la degradación pectolítica del (Coffea arábica L.)

Las muestras sometidas a los cuatro métodos de fermentación, han sido evaluadas tomando en consideración el tiempo y la temperatura de ambiente, ya que se han considerado diez tiempos por método de fermentación, es decir en total se tuvo cuarenta muestras, a las cuales se fue realizando la evaluación de la degradación pectolítica a medida que transcurría el tiempo.

Figura 5

Aplicación de métodos de degradación pectolítica



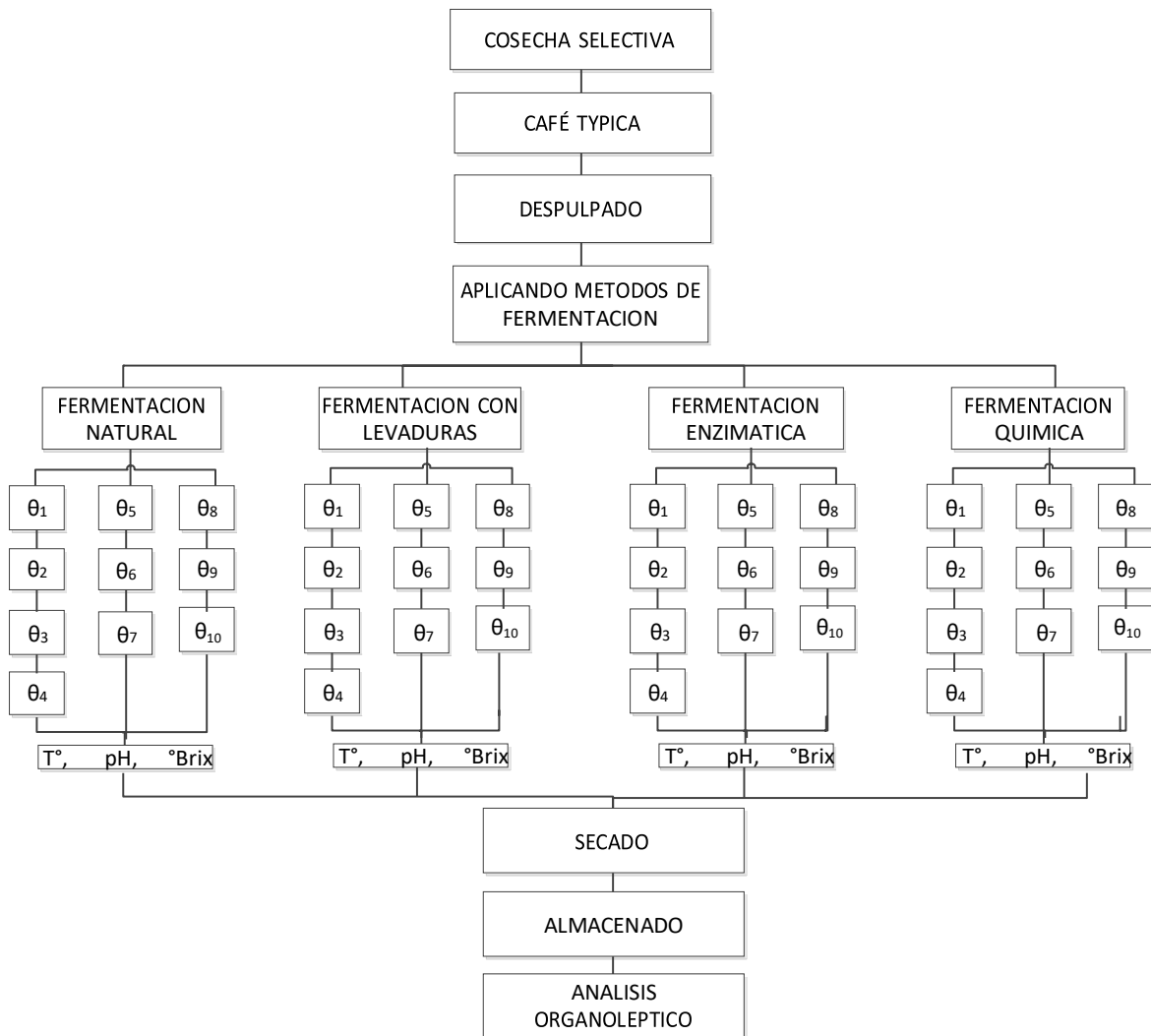
Donde R son los tratamientos aplicados por método

4.3.3. Determinar el tiempo óptimo de fermentación

En esta etapa se realiza la evaluación al finalizar la fermentación de las 44 muestras, ya que estas se determinarán por la eliminación completa del mucilago del grano, para lo cual se ha tomado en consideración rangos de tiempos de evaluación: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas, haciendo un total de diez muestras. Los mismos que serán refrendados por el análisis sensorial (formulario SCAA) de las muestras. Al culminar el proceso de fermentación en cada rango de tiempo, se procede a medir la temperatura, pH, °Brix:

Figura 6

Diagrama de eliminación de mucilago en función al tiempo de fermentación



Donde θ son los tiempos aplicados

4.3.4. Evaluación de la organoléptica

Luego de culminar el trabajo de campo, se procede evaluar organolépticamente las muestras de café, para tal efecto se trabajó con el formulario de la SCAA en el laboratorio de control de calidad de la Central de Cooperativas Agrarias COCLA la cual, por ser especialista en este rubro, cuenta con catadores entrenados.

Al laboratorio se le entregan las 40 muestras codificadas, estas muestras son evaluadas en formatos de catación de la SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América) por catadores experimentados de la Central de Cooperativas COCLA.

Figura 7

Diagrama de flujo para el análisis sensorial del café



4.3.5. Diseño experimental para el análisis estadístico

Se aplicó, el diseño experimental utilizado es el ANOVA para las evaluaciones sensoriales, una vez obtenido los resultados se aplicará la prueba de TUKEY entre las muestras.

V. RESULTADO Y DISCUSIONES.

5.1. Aplicando métodos de fermentación.

De acuerdo a la metodología indicada se han aplicado los cuatro métodos de fermentación (natural, enzimática, *Saccharomyces Cereviceae*, soda caustica), realizando la evaluación en diez rangos de tiempos diferentes.

Según Puerta Q., (2010) En café, en la etapa de fermentación que se desarrolla en el beneficio húmedo, ocurren varios procesos de transformación del mucílago, que incluyen despolimerizaciones, fermentaciones, oxidaciones, cambios físico-químicos y se producen ácidos y otros compuestos. De esta forma, el mucílago se descompone y se desprende del grano, y las sustancias formadas se eliminan de los granos por medio del lavado. El tipo y la cantidad de las sustancias producidas en la fermentación dependen de los microorganismos, de la calidad del sustrato y de las condiciones en el beneficio del café.

La separación del mucílago del grano de café es necesaria en el beneficio húmedo, para facilitar el secado del grano y producir bebidas suaves, y además, es crítica para la calidad del grano y de la bebida, debido a que cualquier defecto que se ocasione por falta de control es un daño irreversible, que no se puede modificar en los procesos siguientes del beneficio, ni en la preparación de la bebida

Peñuela *et.al*, (2010), Indican que, en el café procesado por vía húmeda, la remoción o eliminación del mucílago es necesaria para obtener los llamados cafés “suaves lavados”. Para ello se puede utilizar los métodos bioquímicos como la fermentación natural, adición de enzimas, o métodos mecánicos a través de la fricción.

5.1.1. Fermentación natural

Para este método de fermentación, se procedió a cosechar, despulpar y colocar 1 kg de granos en cada taper previamente codificado, ya que los microorganismos naturales del café se encargaran de realizar este proceso, tal como lo indica, Peñuela M., (2010), Quien menciona que la fermentación es una de las etapas del proceso del café de mucho cuidado, puesto que fermentaciones largas o no completadas producen defectos como grano negro, cardenillo y vinagre, considerados dentro del primer grupo, ocasionando rechazo de los lotes que contengan este tipo de granos, manifestándose pérdidas económicas para el caficultor y para el gremio cafetero.

Tradicionalmente, el método más empleado ha sido la fermentación natural, en la que actúan levaduras, bacterias y enzimas propias del café, que solubilizan los compuestos del mucílago, permitiendo su eliminación por medio del lavado. (Peñuela, 2010)

5.1.2. Fermentación enzimática con Microorganismos efectivos

Para el método de fermentación enzimática, se ha utilizado los microorganismos efectivos (EM-1), ya que al utilizar enzimas pectolíticas en el proceso se acelera la transformación del mucilago en compuestos solubles, los cuales son eliminados en el lavado del café y adicional a ello permite controlar el proceso, lo cual evita la aparición de defectos atribuibles a la prolongación excesiva del proceso de fermentación o a la remoción incompleta del mucilago. Peñuela, (2010)

5.1.3. Fermentación con levadura *Saccharomyces Cereviceae*

En el método de fermentación con levadura, se le adiciona *Saccharomyces cereviceae* en diferentes concentraciones ya que tal como lo indica Puerta Q., (2012) indica que las principales

levaduras fermentadoras del mucilago son *Saccharomyces cereviceae*, *Candida albicans*, *Candida tropicalis*, *Candida Krusei* y otras que producen etanol y CO₂.

5.1.4. Fermentación química (soda caustica)

En el método de fermentación química se utilizó la dilución (0.1 gr de soda caustica en 1000 ml de agua), de cuya dilución se aplicó 100 ml por muestra del hidróxido de sodio o más conocido como la soda caustica, para evaluar el efecto en la fermentación del café, este método ha sido probado antes, Pineda M. *et. al.*, (2010), indica que esta forma de desmucilaginado del grano de café, es parecido al desmucilaginado natural o al que se le adicionan enzimas, con la diferencia que para acelerar la fermentación en este caso, se le adicionan sustancias químicas como Ca (OH)₂, SO₄Fe₂, CaCl₂, NaOH.

Por su parte (Cleves Serrano, 1998), también hace mención dentro de los métodos químicos al uso de la soda caustica, siendo el más conocido y eficiente, indica el propuesto por Carbonell y Vilanova en El Salvador.

5.2. Evaluación de la degradación pectolítica (*Coffea arabica* L.)

La degradación pectolítica es la eliminación del mucilago del grano del café, se pudo apreciar que con la aplicación de los diferentes métodos la degradación era mas rápida a comparación de la muestra que no tenía estos productos. (Puerta-Quintero G. I., 2009), indica que en los países que procesan el café por la vía húmeda, el mucílago se retira del grano de café por diferentes métodos: por la fermentación natural, que es un proceso bioquímico; por la remoción mecánica mediante equipos desmucilagadores; o por medio de la adición de diferentes sustancias a los granos y frutos, con el fin de acelerar esta remoción.

5.2.1. Degradación pectolítica por método natural.

Tabla 4

Evaluación de la degradación pectolítica aplicando el método natural

Horas	HR	Tiempo (Θ)		pH		°Brix		T° amb
		Inic	Fin	Inic	in	Inic	Fin	
4	60,00	12:03 PM	4:03 AM	6,0	5,80	17,0	18,00	20,2 °C
6	60,00	12:04 PM	6:00 PM	5,8	5,30	18,0	17,00	20,5 °C
8	59,50	11:56 PM	7:56 PM	5,7	5,10	17,0	15,00	20,3 °C
10	61,50	12:48 AM	10:48AM	5,7	5,00	21,0	21,00	19,0 °C
12	61,50	12:48 AM	12:48PM	5,4	5,30	21,5	21,00	19,0 °C
14	61,50	12:48 AM	2:48 PM	5,5	4,60	21,0	21,00	19,0 °C
16	61,50	23:31 PM	3:31 PM	5,6	4,70	21,0	21,00	19,8 °C
18	61,50	23.31 PM	5:31 PM	5,4	4,80	21,0	20,00	19,7 °C
20	61,50	23.31 PM	7:31 PM	5,6	4,60	21,0	18,00	19,9 °C
22	61,50	23.31 PM	9:31 PM	5,5	4,80	21,0	17,00	19,9 °C

De acuerdo a la Tabla N° 4, La degradación pectolítica en el método de fermentación natural se puede observar a través del pH el cual ha descendido de 6 a 4.8, Puerta, (2012) Indica que en la fermentación del café el pH del mucilago disminuye. Sin embargo en los °Brix se puede observar que en muchos de los casos se mantiene constante, en especial de la hora 10 a la hora 16 y de las 18 horas a la 22 vuelve a descender nuevamente, sin embargo la única muestra donde se incrementa es en la muestra 4, lo cual demostraría que para 1 kg de café en las condiciones trabajadas ese sería el tiempo de fermentación, ya que como indica (Puerta, 2012), en sistemas sumergidos los °Brix del medio aumentan a medida que transcurre la fermentación del café.

5.2.2. Degradación pectolíticas aplicando enzimas (EM-1)

(Duicela *et al*, 2009), El mucilago que recubre los granos de café está compuesto principalmente de pectina la cual con el tratamiento enzimático puede ser degradada rápidamente.

(Peñuela *et al*, 2010), La adición de enzimas pectolíticas al proceso, acelera la transformación del mucílago en compuestos solubles, que son eliminados mediante el lavado del café, y adicionalmente, permite controlar el proceso, evitando la aparición de defectos en la calidad del café, atribuibles a la prolongación excesiva del proceso de fermentación o a la remoción incompleta del mucílago.

Tabla 5*Evaluación de la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1*

Horas	HR	Tiempo (Θ)		pH		°Brix		T° amb
		Inic	Fin	Inic	Fin	Inic	Fin	
4	57,50%	12:31 PM	4:31 PM	6,10	4,90	17,00	15,00	20,2 °C
6	59,75%	12:31 PM	6:31 PM	6,00	4,60	17,00	16,00	20,7 °C
8	57,75%	12:30 PM	8:30 PM	6,00	4,70	18,00	13,00	20,3 °C
10	61,00%	1:21 AM	11:21 AM	5,70	4,90	21,00	18,00	19,4 °C
12	58,25%	1:19 AM	1:19 PM	5,70	5,10	21,00	19,00	18,5 °C
14	58,00%	1:19 AM	3:19 PM	5,50	5,00	21,50	18,50	19,8 °C
16	58,00%	1:18 AM	5:18 PM	5,60	4,90	21,00	18,00	19,9 °C
18	59,00%	1:15 AM	7:15 PM	5,80	4,60	21,00	20,00	20,0 °C
20	58,25%	1:14 AM	9:14 PM	5,70	4,70	21,50	16,00	19,7 °C
22	58,00%	1:13 AM	11:13 PM	5,80	4,70	20,00	15,00	20,0 °C

Figura 8

Variación del pH en la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1

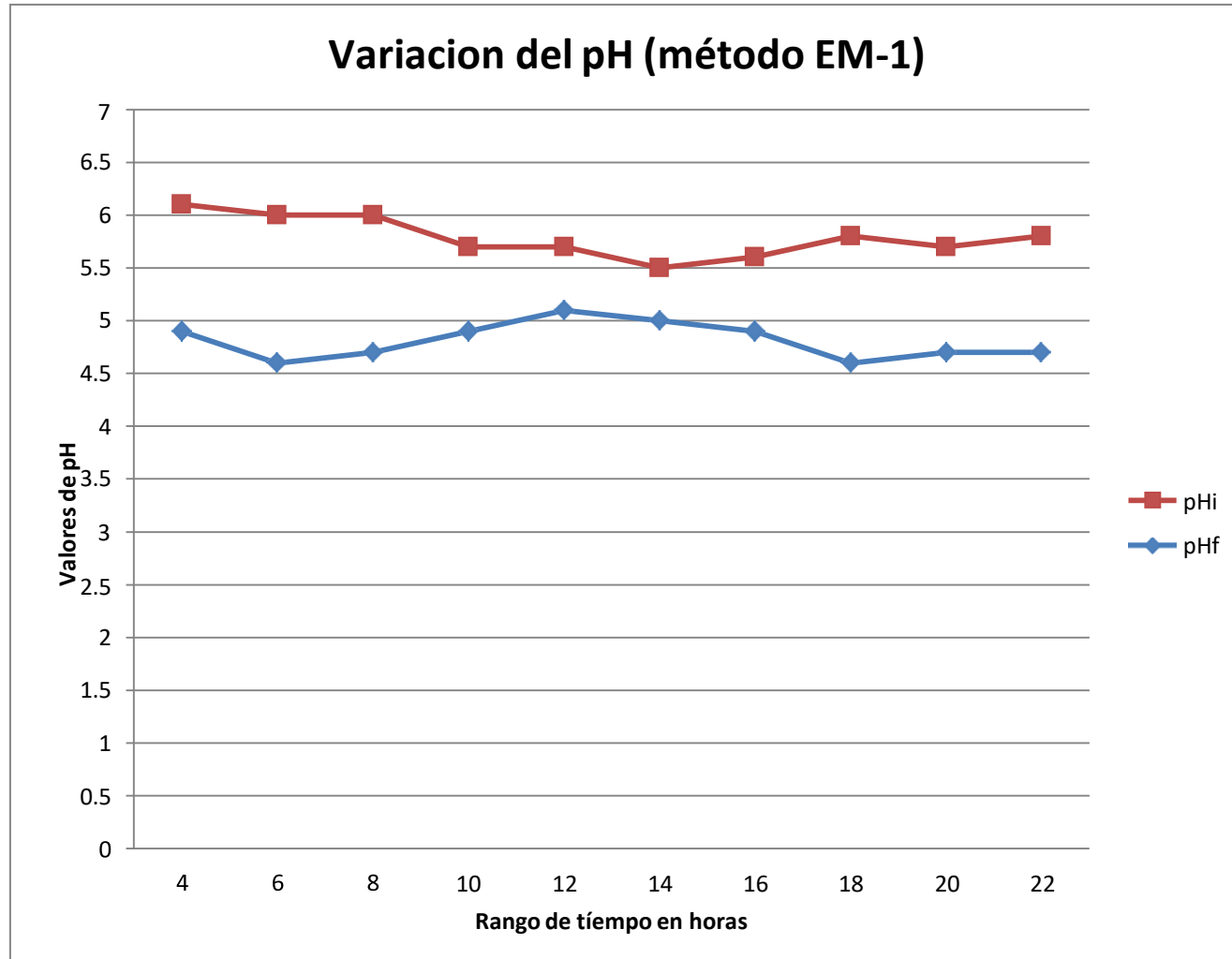
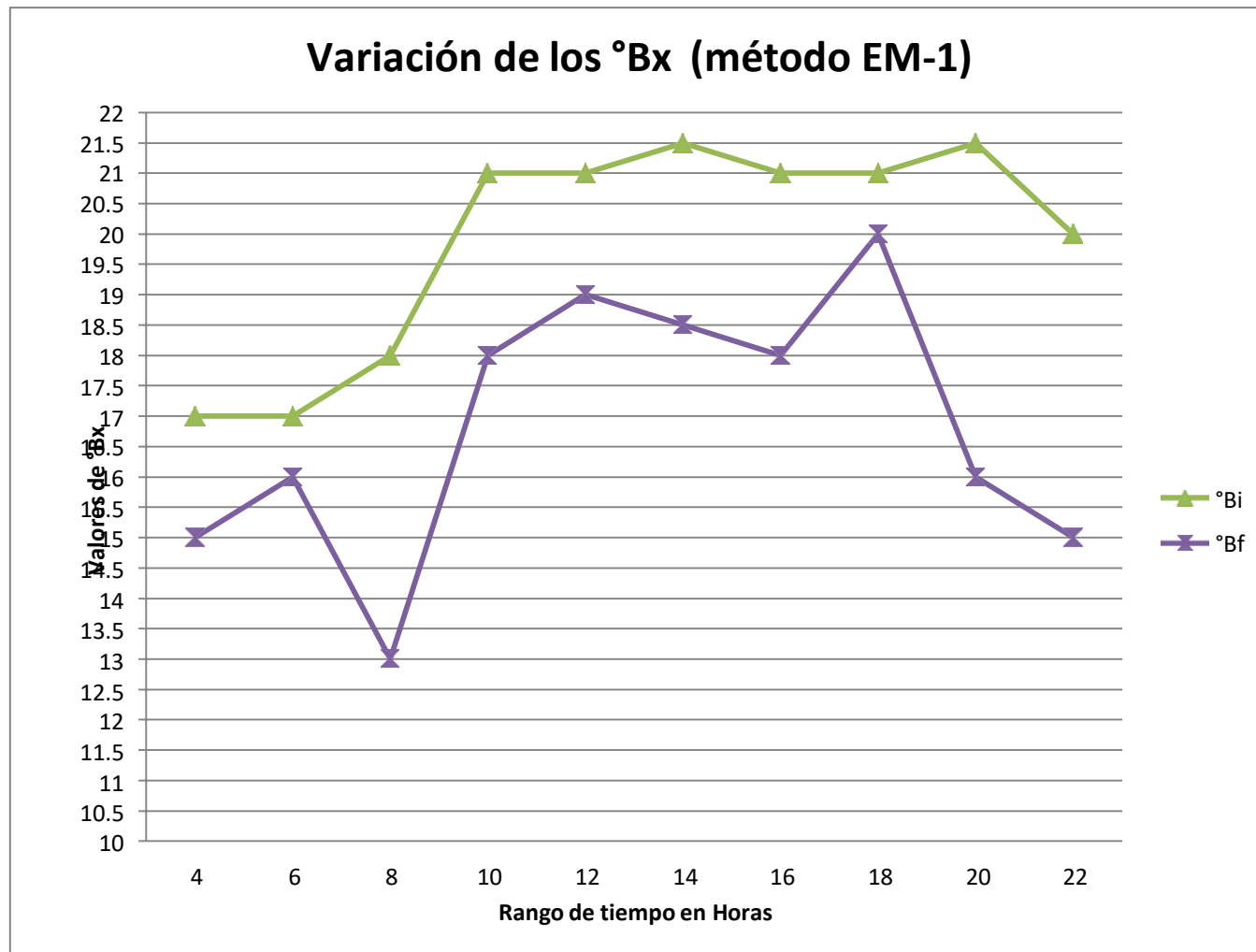


Figura 9

Variación de °Bx en la degradación pectolítica con la aplicación de EM-1



En la figura N° 8, podemos observar que el descenso tanto del pH, asimismo en la figura N°9 el descenso de los °Brix se dio de manera notoria, esto es debido a las enzimas adicionadas, tal como lo indica (Cleves Serrano, 1998), quien indica que el uso de enzimas es más bien un recurso para acelerar la fermentación natural. Asimismo, según (Peñuela Martinez, Pabon Usaquen, Rodriguez Valencia, & Oliveros Tascon, 2010), Para degradar la pectina del café en el proceso de desmucilaginado actúa principalmente la pectinasa, específicamente es la pectin-liase producida a partir de *Aspergillus niger* que cataliza las reacciones de ruptura de la pectina en menor peso molecular.

5.2.3. Degradación pectolítica aplicando levaduras *Saccharomyces cereviceae*

Los principales microorganismos fermentadores son las levaduras. Según (Puerta *et al*, 2012), entre las principales levaduras fermentadoras del mucilago esta la *Saccharomyces cereviceae*.

Tabla 6*Evaluación de la degradación pectolítica aplicando Saccharomyces cereviceae*

Horas	HR	Tiempo (Θ)		pH		°Brix		T° amb
		Inic	Fin	Inic	Fin	Inic	Fin	
4	57,25%	1:30 PM	5:30 PM	6,00	5,00	19,00	18,00	20,6 °C
6	58,25%	1:26 PM	7:26 PM	6,10	4,90	17,00	15,00	20,2 °C
8	57,75%	1:26 PM	9:26 PM	6,10	4,80	17,00	14,00	20,0°C
10	61,50%	00:59 AM	10:59 AM	5,50	4,90	21,00	19,00	19,3 °C
12	59,25%	00:59 AM	12:59 PM	5,70	4,80	21,00	20,00	19,5 °C
14	57,50%	00:58 AM	2:58 PM	5,70	4,70	21,00	20,00	20,0 °C
16	58,00%	00:55 AM	4:55 PM	5,70	4,70	21,00	17,00	20,0 °C
18	59,00%	00:55 AM	6:55 PM	5,60	4,70	21,00	15,00	19,7 °C
20	58,25%	00:54 AM	8:54 PM	5,60	4,50	21,00	14,00	20,0 °C
22	58,00%	00:58 AM	10:53 PM	5,80	4,60	20,00	12,00	20,0 °C

Figura 10

Variación del pH en la degradación pectolítica con la aplicación de Saccharomyces Cereviceae

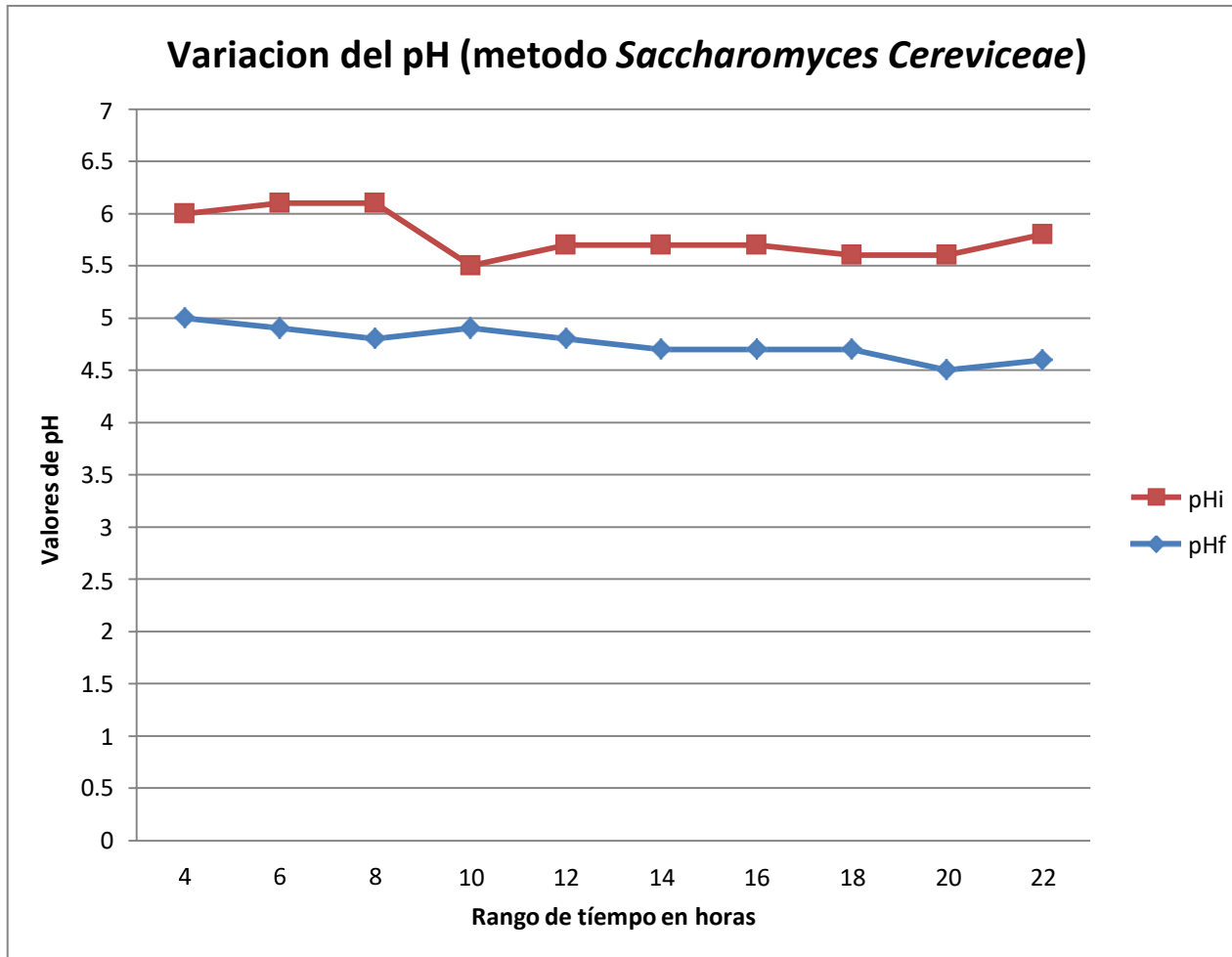
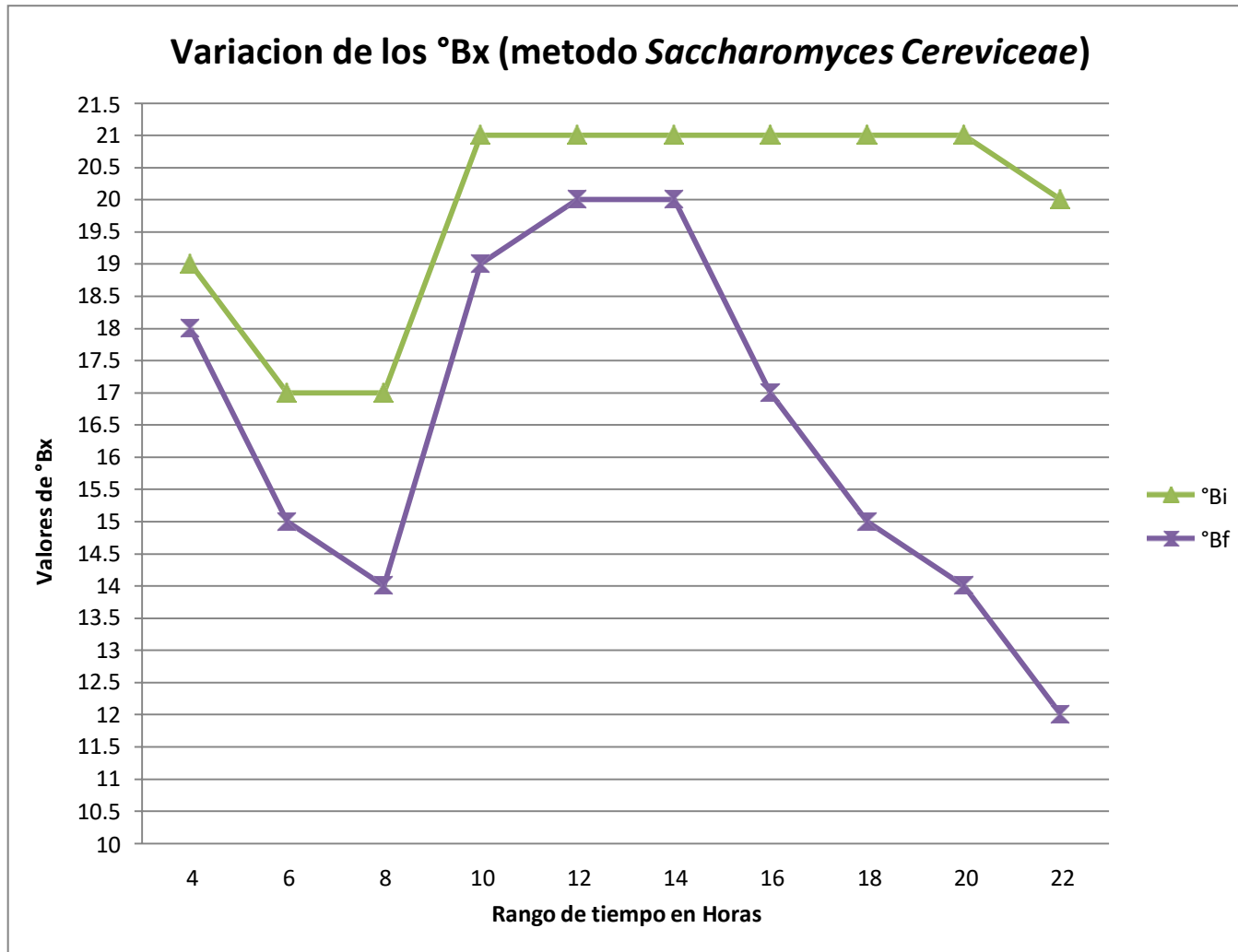


Figura 11

Variación de los °Bx en la degradación pectolítica con la aplicación de Saccharomyces Cereviceae



En las figuras N° 10 y 11 de acuerdo a los datos de pH y °Brix podemos observar que las levaduras han actuado acelerando la fermentación, ya que podemos notar los descensos de pH y °Brix, tal como (Cleves Serrano, 1998) indica que las levaduras comúnmente usadas en panificación acortan el periodo de fluidificación del mucilago, y constituyen una buena alternativa cuando la capacidad de los tanques es insuficiente.

5.2.4. Degradación pectolítica aplicando Soda Caustica

En este caso, la degradación pectolítica se realizó dentro de los dos primeros minutos luego de su aplicación, lo cual está dentro de los tiempos obtenidos por (Carbonell & Vilanova, 1952), quienes realizaron una investigación de agentes digestores del mucilago, seleccionando el hidróxido de sodio como el más eficiente, ya que los tiempos indicaron que el tiempo de digestión puede variarse de 2 min a 1 hora, casi a voluntad, cambiando la concentración del alcalino, los resultados también demostraron que el hidróxido de sodio digiere el mucilago de manera mucho más rápida que cualquier otro método existente, sin causar efectos dañinos en la calidad del café.

5.3. Determinación del tiempo óptimo de fermentación

Al trabajar las fermentaciones controladas, a medida que pasa el tiempo de fermentación, de acuerdo a los tiempos experimentados de un límite de rango, existe la posibilidad que los granos de café inmersos en el sustrato sólido o sumergido absorban los compuestos resultantes de la fermentación del mucilago. De esta manera, según el tiempo, la temperatura y el sistema de fermentación se modifican las características (Puerta, 2015).

En el proceso de fermentación el tiempo requerido para degradar el mucilago es afectado por diferentes factores como son las condiciones ambientales, la variedad de café, los estados de maduración, la calidad de la materia prima, el empleo de agua en el proceso de beneficio. (Peñuela *et al*, 2010).

5.3.1. Determinación del tiempo óptimo en la fermentación natural.

Según (Peñuela *et al*, 2010), el uso de fermentación natural es un método de remoción de mucilago de bajo costo, que requiere de poca infraestructura, sin que esto signifique que al ser un proceso sencillo llevado a cabo por la naturaleza, se esté realizando de la mejor manera y se obtengan los mejores beneficios de la actividad.

La determinación del tiempo óptimo en la fermentación natural se ha venido evaluando con la variación de pH y °Brix.

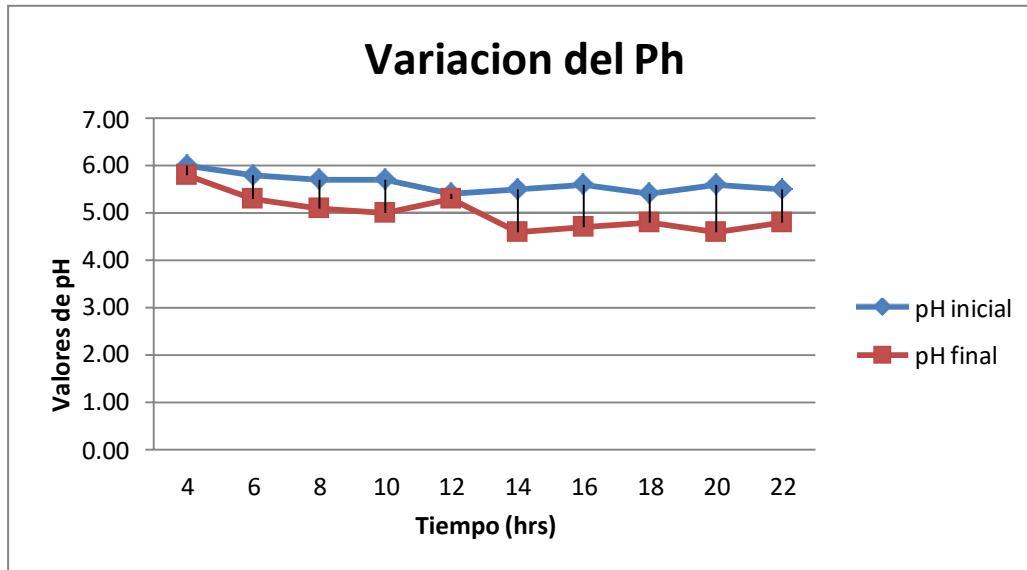
Tabla 7

Valores de pH en la determinación del tiempo óptimo en la fermentación natural.

Horas	pH		T° amb
	Inic	Fin	
4	6,00	5,8	20,2 °C
6	5,80	5,3	20,5 °C
8	5,70	5,1	20,3 °C
10	5,70	5,0	19,0 °C
12	5,40	5,3	19,0 °C
14	5,50	4,6	19,0 °C
16	5,60	4,7	19,8 °C
18	5,40	4,8	19,7 °C
20	5,60	4,6	19,9 °C
22	5,50	4,8	19,9 °C

Figura 12

Variación del pH, en la determinación del tiempo óptimo en la fermentación natural.



Según el Tabla N° 7 y la figura N° 12, podemos observar que, en la aplicación de tiempos de fermentación, se ha visto que los valores finales de pH varían entre 4,6 a 5,8, sin embargo (Cordoba Castro & Guerrero - Fajardo, 2016), indica que un pH final de 4,6 puede ser un valor óptimo utilizado como indicador para finalizar el proceso de fermentación en el tiempo adecuado sin generar problemas de sobrefermentado en el grano.

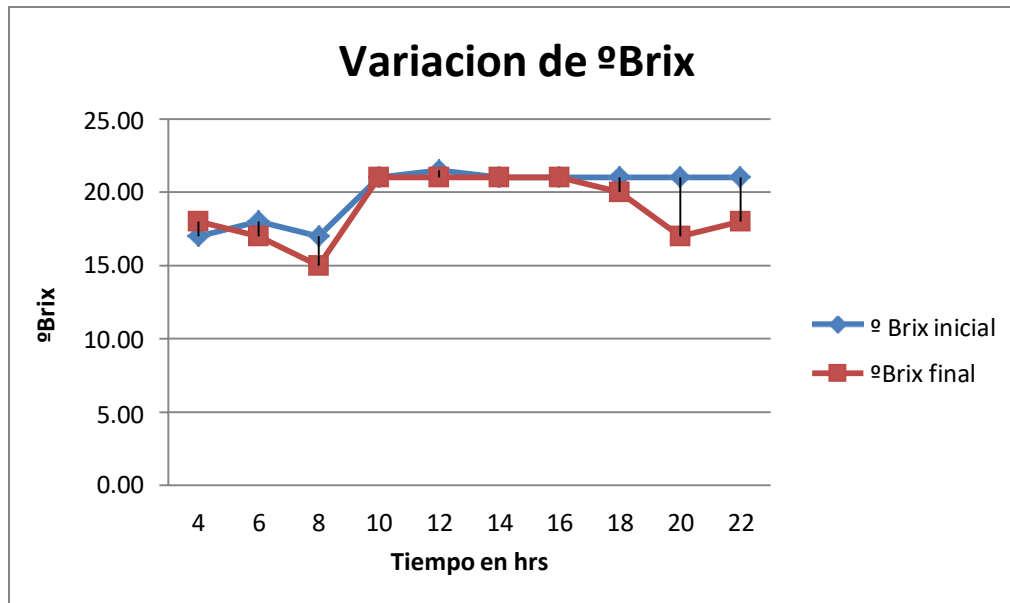
Tabla 8

Variación de °Brix en la determinación del punto óptimo en la fermentación natural.

Horas	°Brix		T° amb
	Inic	Fin	
4	17,00	18,00	20,2 °C
6	18,00	17,00	20,5 °C
8	17,00	15,00	20,3 °C
10	21,00	21,00	19,0 °C
12	21,50	21,00	19,0 °C
14	21,00	21,00	19,0 °C
16	21,00	21,00	19,8 °C
18	21,00	20,00	19,7 °C
20	21,00	17,00	19,9 °C
22	21,00	18,00	19,9 °C

Figura 13

Variación de °Brix en la determinación del punto óptimo en la fermentación natural.



De acuerdo a lo observado en el Tabla N° 8 y la figura 13, pudimos verificar que el descenso de los grados brix se dio de manera gradual, es decir que a medida que pasan las horas se puede observar el descenso de los grados brix, esto debido a la degradación del mucilago en el proceso de fermentación natural.

5.3.2. Determinación del tiempo óptimo en la fermentación enzimática (EM-1)

Según Puerta, (2009), el uso de diversas preparaciones de enzimas pectolíticas para acelerar la remoción del mucilago del café ya había sido usada en la caficultura de países africanos, asiáticos y centroamericanos habiendo logrado el desprendimiento del mucilago del grano de café luego del despulpado, esto se experimentó en diferentes tiempos, el mismo que tuvo variación dependiendo del tipo y concentración del preparado enzimático. En la presente investigación se ha aplicado 10 ml de EM-1 por cada muestra.

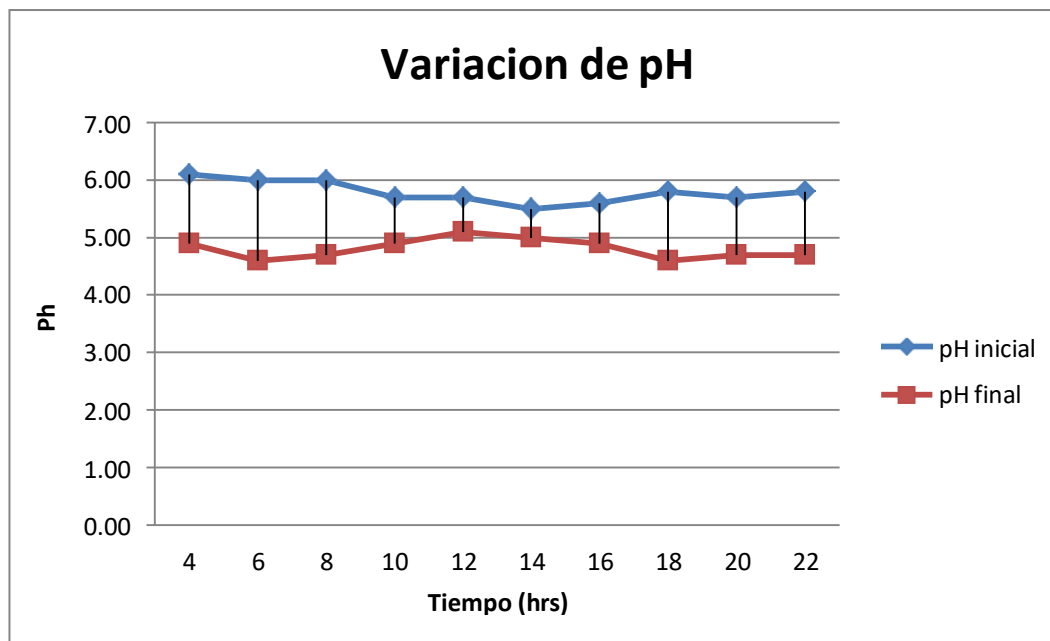
Tabla 9

Variación de pH en la determinación del tiempo óptimo de fermentación con enzimas EM – I

Horas	pH		T° amb
	Inic	Fin	
4	6,10	4,90	20,2 °C
6	6,00	4,60	20,7 °C
8	6,00	4,70	20,3 °C
10	5,70	4,90	19,4 °C
12	5,70	5,10	18,5 °C
14	5,50	5,00	19,8 °C
16	5,60	4,90	19,9 °C
18	5,80	4,60	20,0 °C
20	5,70	4,70	19,7 °C
22	5,80	4,70	20,0 °C

Figura 14

Variación del pH en la determinación del tiempo optimo en la fermentación enzimática.



En el Tabla N° 9 y figura 14, que el pH inicial es de 6 el mismo que va disminuyendo hasta la hora 20, al respecto Puerta., (2012) indica que en la fermentación del café, el pH del sustrato baja de manera considerable en las primeras 20 horas, ya que la fermentación láctica genera la formación y disociación de ácido láctico; en las heterolácticas y en la acetificación del alcohol se produce el ácido acético, debido al ácido málico presente en los granos de café y otros generados en el metabolismo celular como los ácidos: cítrico, oxálico, fórmico, fosfórico y succínico. De la fermentación butírica, tenemos el butírico y cuando se fermenta el ácido láctico, está presente el ácido propiónico. Es más fuerte el efecto en el pH del ácido láctico que del ácido acético.

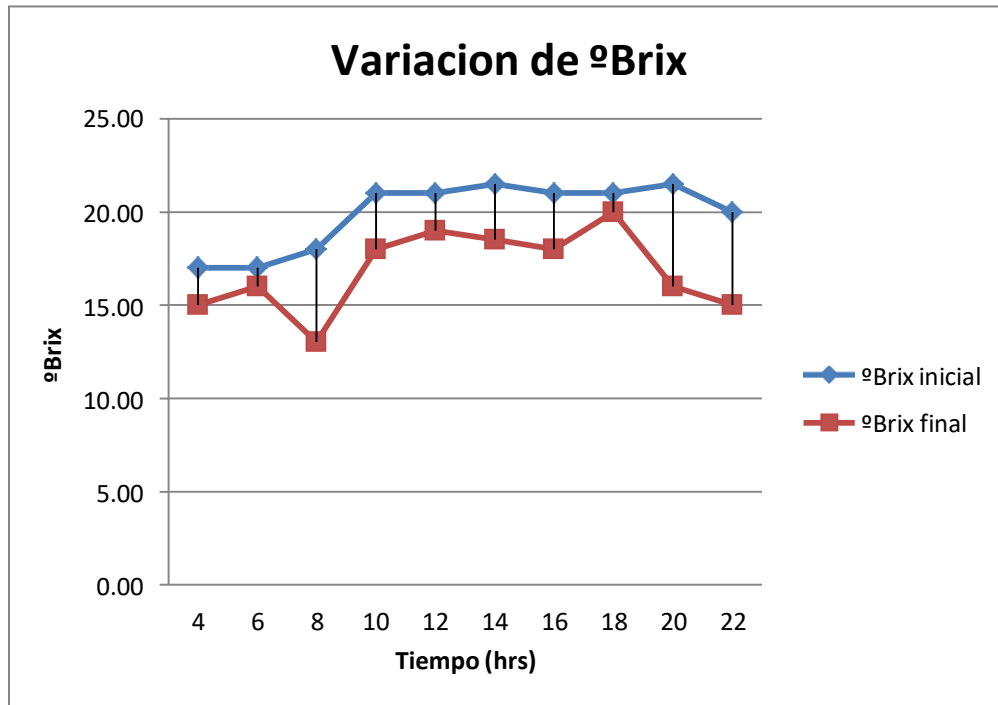
Tabla 10

Variación de °Brix en la determinación del tiempo óptimo en la fermentación enzimática EM - 1

Horas	°Brix		T° amb
	Inic	Fin	
4	17,00	15,00	20,2 °C
6	17,00	16,00	20,7 °C
8	18,00	13,00	20,3 °C
10	21,00	18,00	19,4 °C
12	21,00	19,00	18,5 °C
14	21,50	18,50	19,8 °C
16	21,00	18,00	19,9 °C
18	21,00	20,00	20,0 °C
20	21,50	16,00	19,7 °C
22	20,00	15,00	20,0 °C

Figura 15

Variación de los grados brix en la determinación del tiempo optimo en la fermentación enzimática.



En la figura N° 15, se puede observar que los resultados de pH y °Brix no guardan relación con los tiempos evaluados, esto se puede corroborar con lo indicado por (Cespedes *et al*,2010), quien indica en su estudio no observo correlación del pH con el tiempo de fermentación.

5.3.3. Determinación del tiempo optimo en la fermentación con levadura

Saccharomyces cereviceae

Tabla 11

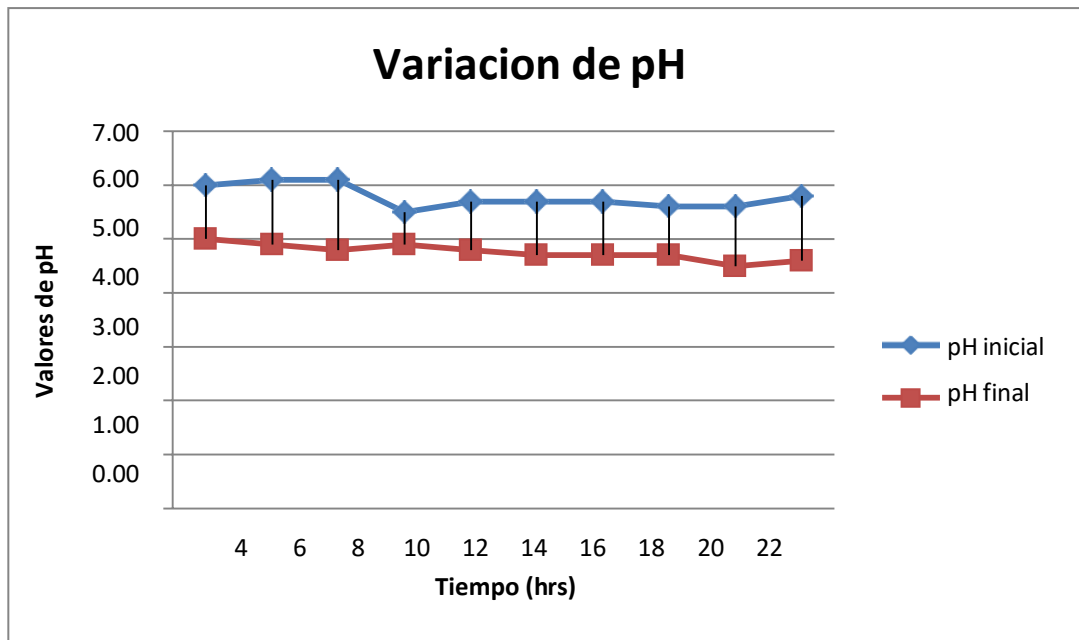
Variación de pH en la determinación del tiempo optimo en la fermentación con levaduras

Saccharomyces cereviceae

Horas	pH		T° amb
	Inic	Fin	
4	6,00	5,00	20,6 °C
6	6,10	4,90	20,2 °C
8	6,10	4,80	20,0°C
10	5,50	4,90	19,3 °C
12	5,70	4,80	19,5 °C
14	5,70	4,70	20,0 °C
16	5,70	4,70	20,0 °C
18	5,60	4,70	19,7 °C
20	5,60	4,50	20,0 °C
22	5,80	4,60	20,0 °C

Figura 16

Variación del pH en la determinación del tiempo óptimo de fermentación con levadura



Del Tabla N° 11 y la Figura 16, con el uso de la levadura *Saccharomyces cereviceae* el descenso del pH se ha dado de forma gradual llegando a un pH final a las 22 horas de 4,60, sin embargo a las horas se puede observar que el pH es 4,5 lo cual puede deberse a que la fermentación ha culminado.

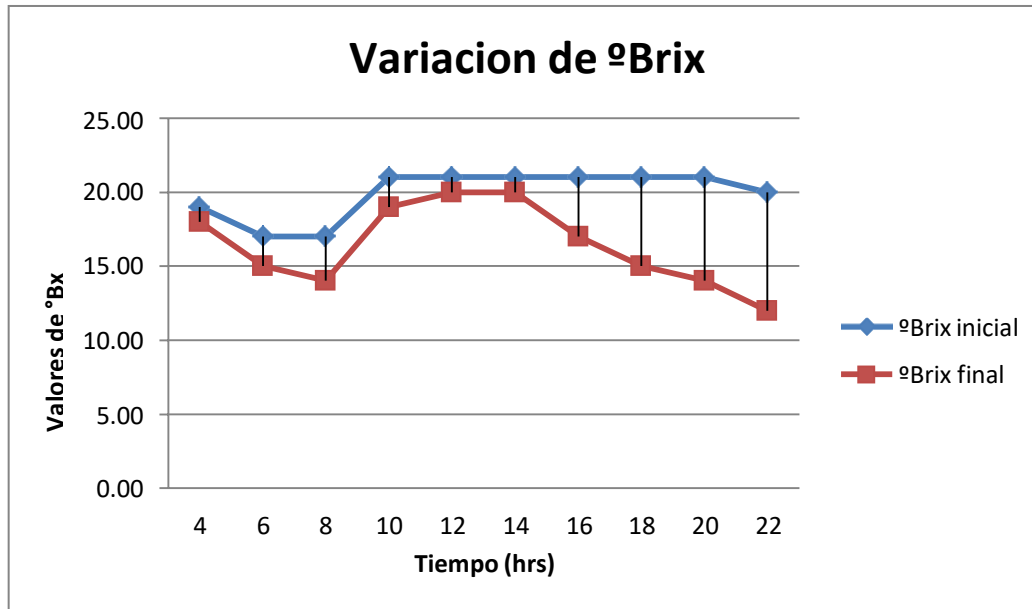
Tabla 12

Variación de los °brix en la determinación del punto óptimo de fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae*.

Horas	°Brix		T° amb
	Inic	Fin	
4	19,00	18,00	20,6 °C
6	17,00	15,00	20,2 °C
8	17,00	14,00	20,0°C
10	21,00	19,00	19,3 °C
12	21,00	20,00	19,5 °C
14	21,00	20,00	20,0 °C
16	21,00	17,00	20,0 °C
18	21,00	15,00	19,7 °C
20	21,00	14,00	20,0 °C
22	20,00	12,00	20,0 °C

Figura 17

Variación de los °Brix en la determinación del punto óptimo de fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae*



En la Tabla N° 12, se puede observar que respecto a valores de pH la disminución es gradual sin embargo, en la disminución de los grados Brix no se ha dado esto, puesto que a las 8 y 20 horas los valores de °Brix era de 14 y a las 6 y 18 horas era de 15 °Brix. Según (Puerta, 2012) esto puede ser debido a que la población de levaduras y de algunas bacterias aerobias y aerobias facultativas aumenta en las primeras horas de fermentación. En el mucilago de café maduro *Saccharomyces* crece continuamente durante la fermentación, es por ello que se puede observar que a las 22 horas tenemos 12 °Brix.

5.3.4. Determinación del tiempo óptimo en la fermentación química (soda caustica)

En el caso de la soda caustica, el efecto de remoción de mucilago fue inmediato debido al efecto químico que actuó de inmediato sobre la melaza de café. El (Centro Nacional de

Agronomía, 1952), indica que la calidad se ve afectada por los actuales sistemas de beneficiado de café, por tanto se pudo constatar la necesidad de desarrollar nuevos procesos que permitan hacer del beneficiado, una operación más eficiente en que se pudiera ejercer mejor control sobre la uniformidad del producto, uno de estos métodos es la utilización del hidróxido de sodio, sin embargo (Cleves Serrano, 1998) menciona que estos métodos exigen un control riguroso en lo que se refiere a preparación de soluciones alcalinas y los aspectos prácticos de su aplicación y mezcla con el café. En nuestro caso la degradación pectolítica se dio a los dos minutos de adicionada la soda caustica, pero para fines de evaluación organoléptica las muestras fueron lavadas en los diferentes tiempos de evaluación.

5.4. Evaluación de la calidad sensorial

La evaluación de la calidad sensorial es de vital importancia ya que es el indicador de calidad del café, asimismo nos ayuda a evaluar si los métodos utilizados influyen en la calidad sensorial del café.

Puerta, (2001), indica que por medio del control de la calidad del café en cada etapa de producción se logra ofrecer al consumidor un producto competitivo en sabor, aroma, calidad física y libre de contaminaciones y defectos.

Según (Puerta Quintero, 2009), la Catación es el método usado para conocer el sabor y la sanidad del café. Llamado también prueba de taza y/o evaluación sensorial, la cual se realiza con la finalidad de medir la característica sensorial e intensidades de atributos como aroma, acidez, dulzor, sabor, cuerpo; que engloba la calidad del café.

5.4.1. Evaluación sensorial a muestras con Fermentación Natural

Tabla 13

Evaluación sensorial del tratamiento fermentación natural de (Coffea arabica)

Horas	Tratamiento	Nº muestra	Puntaje final	DESCRIPCION
4		133	82,58	Dulce, Chocolate, duradero, manzana rojo, denso
6		209	84,08	Caramelo, afrutado, cremoso, intenso, balanceado, miel
8		168	82,42	Afrutado, dulce, cítrico, Chocolate
10		145	81,13	Cítrico, dulce, frutuosa, Nuez, Agrio, Flojo
12	Fermentación	163	80,67	Chocolate, madera, viejo, dulce, suave, aspero, aguado
14	Natural	152	79,42	Suave, medio, madera, aspero, amargo, ligero
16		127	80,00	Madera, dulce, cereales, aspero, astringente
18		190	77,92	Guardado, suave, aspero/duro, Madera, viejo, duro.
20		172	80,17	Afrutado, Chocolate, mandarina, asperol, aguado
22		203	81,33	Afrutado, suave, medio, Chocolate, ligero madera

En Tabla N° 13, se puede observar los resultados de la Catación realizada a los tratamientos con fermentación natural, de los cuales se puede observar que las muestras con mayor puntaje fueron las muestras sometidas a fermentación natural siendo por orden de mérito el de 6, 4 y el de 8 horas, siendo no solo las de mayor puntuación en este grupo sino también a nivel del total de muestras evaluadas

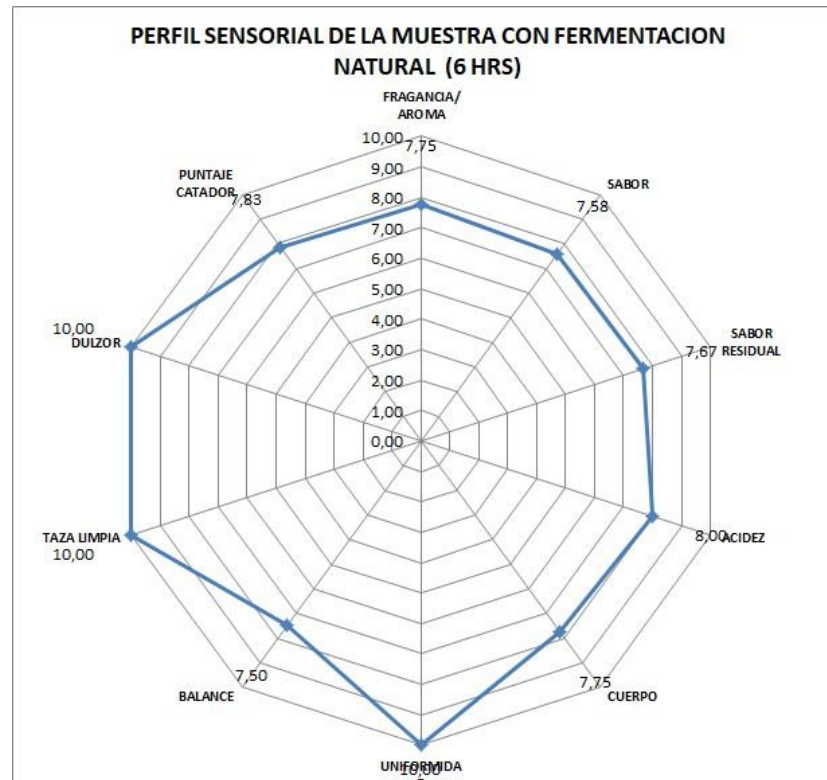
Por otro lado a partir de la muestra con 14 horas de fermentación natural se ha podido observar como uno de los principales defectos está el sabor madera, sabores ásperos, astringentes, aguados, lo cual puede ser debido a una sobre fermentación, ya que de acuerdo a (Puerta, 2016) indica que la fermentación por tiempo prolongado es un factor que afecta negativamente la calidad del café cuando éste se procesa sin previa clasificación y se aplican malas prácticas durante el beneficio. Es por ello que a medida que pasa el tiempo se van desarrollando sabores desagradables, tales como agrios, cebollas y stinker en la bebida de café, debidos al ácido acético, propiónico y características del café vinagre Acidez desagradable, aroma y sabor agrios, fermento, hediondo, nauseabundo, stinker .

En tal sentido procedemos a mostrar los resultados individuales y su respectivo diagrama del perfil de taza de las tres mejores muestras.

Figura 18

Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (6 horas)

Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Puntaje Final
7,75	7,58	7,67	8,00	7,75	10,00	7,50	10,00	10,00	7,83	84,08



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19

Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (4 horas)

Fragancia /Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Puntaje Final
7,58	7,50	7,42	7,50	7,58	10,00	7,42	10,00	10,00	7,58	82,58

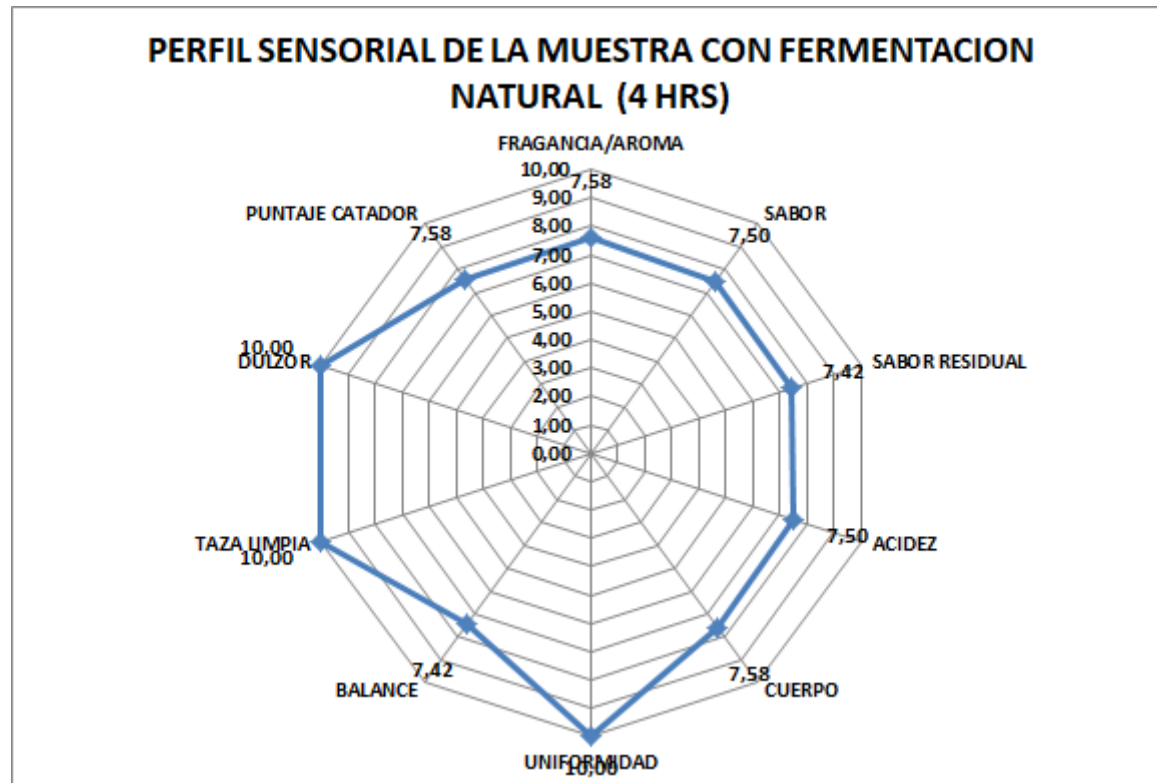
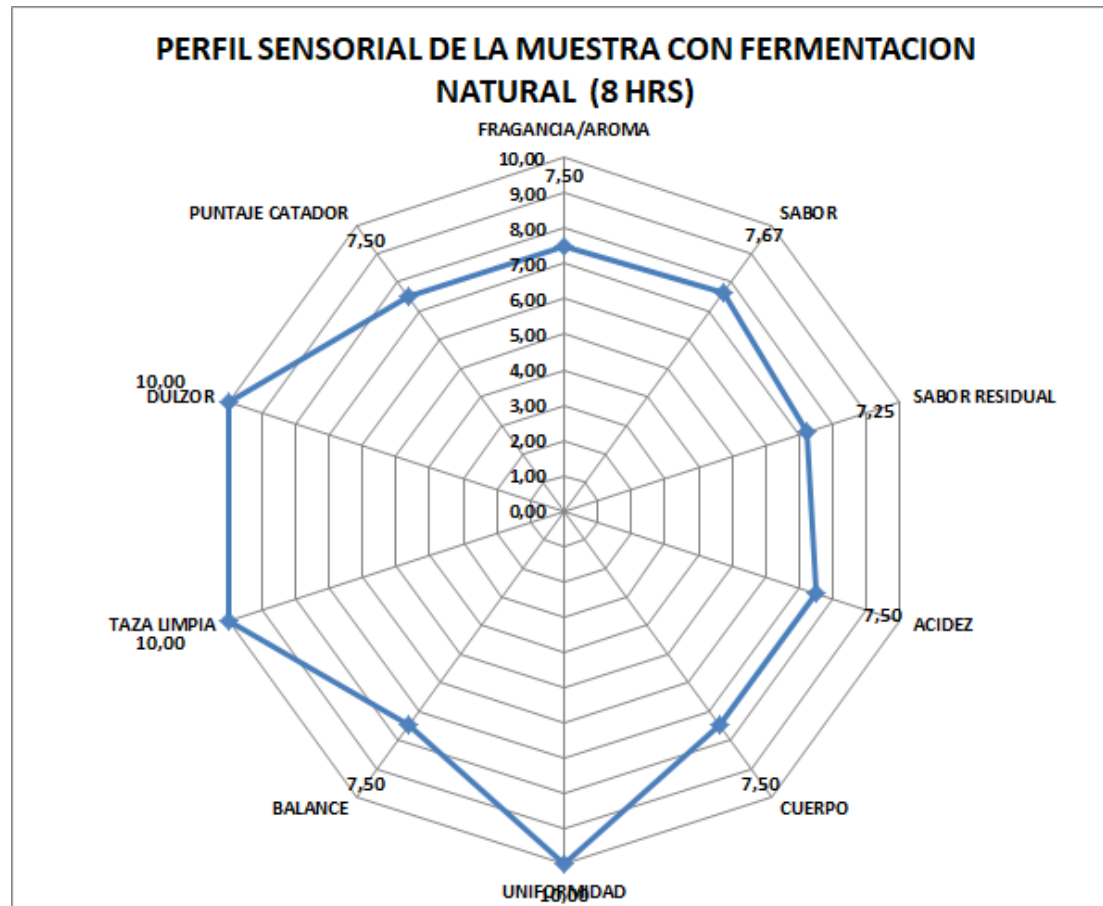


Figura 20

Perfil sensorial de la muestra con fermentación natural (8 horas)

Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Puntaje Final
7,50	7,67	7,25	7,50	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,42



En la Figura 20, podemos apreciar que la muestra que obtuvo mayor porcentaje en general promedio entre los tres catadores fue la muestra sometida a 6 horas de fermentación, obteniendo un puntaje de 84.08 en taza, con descriptores de caramelos, cremoso, intenso, balanceado, lo mismo que se puede observar en la figura 15, en la cual se graficó el perfil sensorial de la taza tomando en cuenta los atributos evaluados

Del mismo modo se procedió con las muestras sometidas a 4 y 8 horas de fermentación, las mismas que obtuvieron puntajes de 82,58 y 82,42 en taza respectivamente tal como se puede apreciar en el cuadro N°12, resaltando en el primer sabor dulces, chocolate, manzana roja y en el segundo sabores afrutados, cítrico, chocolates. En las Figuras 18 y 19 se puede apreciar el perfil sensorial de ambas muestras tomando en consideración atributos ya antes mencionados, los ~~min~~ que están plasmados en el formato de Catación de la SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América).

Asimismo, en estas tres muestras no se ha podido apreciar defecto alguno, pero si a partir de las 14 horas de fermentación se tuvo presencia de sabores ásperos, aguados entre otros sabores defectuosos, los cuales ya han sido explicados.

5.4.2. Evaluación sensorial a muestras de fermentación enzimática

En la evaluación de resultados por el método de fermentación enzimática el rango de puntajes obtenidos en taza esta entre 75.5 – 81,92.

Tabla 14

Resultados de la evaluación sensorial a tratamiento con enzimas (EM-1)

Hrs	Tratamiento	N° Muestra	Puntaje	Descripción Final
4	Fermentación con EM-1	176	79,58	Afrutado, dulce, medio, cebolla, fenol, aguado, plano, amargo
6	Fermentación con EM-1	192	81,31	Dulce, baja acidez, limpio, cerealoso, medio, denso
8	Fermentación con EM-1	143	81,67	Caramelo, cítrico, floral, madera, paja, viejo, ligero, cremoso
10	Fermentación con EM-1	201	77,25	Nuez, Verde, suave, ac baja, dulce bajo, madera, cartón
12	Fermentación con EM-1	198	81,17	Afrutado, suave, medio, seco, bajo, denso, chocolate, ligero
14	Fermentación con EM-1	148	76,33	Guardado, áspero, duro, herbal, Ligero a madera
16	Fermentación con EM-1	138	76,67	Herbal, trigo, áspero, plano, Nuez, dulce, paja, madera, aguado
18	Fermentación con EM-1	123	81,92	Chocolate, dulce, áspero, cremoso
20	Fermentación con EM-1	174	77,08	Frutosa, plana, áspero/duro, Paja
22	Fermentación con EM-1	186	75,50	Madera, terroso, seco, bajo, denso

En la Tabla N°14, se puede observar que el mayor puntaje obtenido con este tratamiento es 81.92, asimismo dentro de los descriptores podemos observar defectos tales como cebolla, fenol, aguado, entre otros defectos lo cual puede ser debido a la adición de las enzimas tal como lo indica (Puerta., 2010) que adicionando dosis enzimáticas se puede acelerar la remoción del mucilago del café y disminuir tiempos en el proceso de beneficio, sin embargo, el pergamino puede mancharse por la coloración de la solución enzimática o por lavado anticipado del café es un daño que puede afectar la calidad de la bebida.

5.4.3. Evaluación sensorial a muestras con levadura *Saccharomyces cereviceae*

En el siguiente cuadro se puede observar resultados de los tratamientos a los que se les aplico la levadura:

Tabla 15

Resultados de la evaluación sensorial a tratamientos con levadura

Hras	Tratamiento	Nº Muestra	Puntaje	Descripción Final
4	Fermentación con Levadura	156	82,25	Dulce, limpio, suave, caña, ligero denso
6	Fermentación con Levadura	165	81,31	Dulce, chocolate, fruto seco, Almendras
8	Fermentación con Levadura	136	81,67	Chocolate, limón, floral, Sobre maduro
10	Fermentación con Levadura	205	77,25	Nuez, paja, bajo, áspero, frutos secos
12	Fermentación con Levadura	120	81,17	Dulce, chocolate, seco, áspero, insípido
14	Fermentación con Levadura	188	76,33	Madera, paja, áspero, seco, plano.
16	Fermentación con Levadura	195	77,67	Madera, paja, aguado
18	Fermentación con Levadura	141	81,92	Caramelo, Dulce, inconsistente, amargo, astringente
20	Fermentación con Levadura	154	77,08	Paja, madera, fermento, cebada, bajo, ligero denso
22	Fermentación con Levadura	125	75,50	Viejo, madera, seco, agrio, medio humedo

En la Tabla N° 15, se puede observar que de los resultados obtenidos la muestra con 4 horas de fermentación a la que se añadió levaduras a obtenido un puntaje de taza de 82,25, siguiendo de cerca la muestra sometida a 8 horas de fermentación natural cuyo puntaje en taza fue de 82,42. Esto nos indica que utilizando la levadura podríamos reducir a la mitad el tiempo de fermentación sin afectar la calidad organoléptica de la misma.

Sin embargo dentro de los descriptores como caña frutos secos, tal y como lo indica en sus conclusiones (Sanchez de la Cruz, 2018), que en el presente trabajo también se logró calificaciones de perfiles a frutas por los catadores, siendo más notorio en el tratamiento 9; que fue calificado como “Mucha caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja, frambuesa” y los demás tratamientos también lograron diversos perfiles; demostrando así que la fermentación es un proceso que potencia las características sensoriales del café.

5.4.4. Evaluación sensorial a muestra con Soda Caustica

Resultados obtenidos a los tratamientos a los cuales se les ha aplicado la soda caustica.

Tabla 16*Resultados de la evaluación sensorial a tratamientos con soda caustica*

Hrs	Tratamiento	Nº muestra	Puntaje Final	Descripción
4	Fermentación Soda Caustica	231	77,69	Madera, seco, áspero, aguado
6	Fermentación Soda Caustica	207	79,67	Madera/riego, sucio, agrio, bajo
8	Fermentación Soda Caustica	182	76,88	Madera, Paja, madera, áspero, punzante
10	Fermentación Soda Caustica	177	77,83	Almacenado, agrio, duro, Paja, madera, ligero, astringente
12	Fermentación Soda Caustica	131	78,31	Paja, madera, Quaker
14	Fermentación Soda Caustica	124	75,00	Seco, astringente, bajo, inconsistente
16	Fermentación Soda Caustica	166	76,94	Guardado, viejo, acidez baja, áspero, aguado
18	Fermentación Soda Caustica	158	79,19	Madera, paja, dulce bajo, ac debil, aguado
20	Fermentación Soda Caustica	144	79,92	Madera, paja, astringente, seco
22	Fermentación Soda Caustica	149	78,25	Guardado, tierra, debil, ralo, asapero, Madera

En los resultados de la Tabla N°16 podemos observar que todas las muestras tienen rangos de puntaje en taza entre 75 – 79.92, lo cual puede ser debido al lavado rápido de las muestras ya que como mencionamos anteriormente el desmucilaginado se realizó en los dos primeros minutos, pero las muestras pese a ello se enjuagaron en los tiempos estimados es por ello que podemos notar sabores a viejo, madera , entre otros.

5.5. Evaluación comparativa de la Catación de los cuatro tratamientos

De los resultados obtenidos, se ha elaborado un cuadro global, con los resultados de la Catación de los cuatro tratamientos.

Tabla 17*Evaluación comparativa de la Catación de los cuatro tratamientos*

Horas	Natural	EM-1	Levaduras	Soda Caustica
4	82,58	79,58	82,25	77,69
6	84,08	81,31	81,31	79,67
8	82,42	81,67	81,67	76,88
10	81,13	77,25	77,25	77,83
12	80,67	81,17	81,17	78,31
14	79,42	76,33	76,33	75,00
16	80,00	77,67	77,67	76,94
18	77,92	81,92	81,92	79,19
20	80,17	77,08	77,08	79,92
22	81,33	75,50	75,50	78,25
Promedio	80,97	78,95	79,21	77,97

En la Tabla N° 17, se muestran los resultados globales de la Catación de los cuatro tratamientos, donde podemos observar que los que obtuvieron mejores rendimientos en Catación fueron los tratamientos con fermentación natural.

Tabla 18*Análisis de varianza de la Catación de los cuatro tratamientos de (Coffea arábica)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los Cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	46,969	3	15,656	3,416	0,027	2,866
Dentro de los grupos	164,982	36	4,582			
Total	211,951	39				

En la Tabla N°18, los resultados nos indica que existe diferencia significativa entre las cuatro muestras evaluadas el 95% de significancia, debido a que $P < 0.05$. Por tanto, debemos aplicar la prueba de Tukey.

Para aplicar la prueba de Tukey primero tenemos que desarrollar el test HSD (Honestly-significant-difference), para este caso el valor es:

HSD 2,912

Tabla 19*Prueba de tukey*

	Natural	EM-1	Levadura	Soda Caustica
Natural	2,02		1,76	3,00
EM-1			-0,27	0,98
Levadura				1,25
Soda Caustica				

Por tanto para realizar la evaluación de Tukey, se procederá a comparar los datos promedios de la Tabla N°19 de cada tratamiento. Es así que en el cuadro 20 podemos

observar

que si existe diferencia significativa entre las muestras sometidas a fermentación natural, fermentación con M-1 y fermentación con levaduras, frente a la fermentación con soda caustica.

5.6. Análisis de resultados

Para esta investigación se tomó en cuenta factores primordiales tales como la altitud de la zona (1600 msnm), cosecha selectiva (solo granos maduros), y el proceso postcosecha. Esta investigación se ha realizado con la finalidad de reducir el tiempo de fermentación en el proceso postcosecha del café, aplicando para ello cuatro métodos como: La fermentación Natural o tradicional a la cual no se adiciono producto alguno pero si se tomó en cuenta rangos de tiempo, para el método de fermentación con enzimas se utilizó el EM-1 y se adiciono 10 ml de solución a cada muestra; para el método de fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae* se le adiciono 10 gr levadura seca activada en 10 ml de agua y en el caso del método de fermentación al que se le adiciono soda caustica se utilizó 10 ml de solución diluida (1 gr de soda caustica/1 L de agua), para la evaluación se tomó en cuenta tiempos de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas a temperatura ambiente.

De la aplicación de estos cuatro métodos la que actuó de manera inmediata es el de soda caustica, ya que esta al ser aplicada degrado las sustancias pécticas del café en el momento, la desventaja fue al momento del lavado, ya que fue difícil eliminar los restos de soda caustica del grano, de la evaluación organoléptica podemos indicar que en taza tampoco se obtuvo una buena puntuación. En el caso de la aplicación de las enzimas de EM-1 no hubo problema al momento del lavado y eliminación de residuos pero tampoco tuvo mayor relevancia en los resultados de evaluación organoléptica ya que los puntajes no sobrepasaron los 80 puntos. Por otro lado, en la aplicación de levaduras los otros métodos tanto en el de enzimas como en el de levadura no se tuvo mayor problema al momento del lavado, pero los resultados en taza superaron los 80 puntos.

Asimismo en los valores del pH evaluados se observó que en la fermentación natural la disminución del pH se fue incrementando a medida que los rangos de tiempo eran mayores, sin embargo en los métodos en los que se aplicó enzimas la disminución del pH fue mayor desde un inicio, esto debido a que las enzimas aceleraron el proceso de desmucilaginado; para las muestras que se aplicaron levadura la disminución de pH fue constante hasta las 8 horas, pasado este tiempo hubo una mínima variación, es decir que se mantuvo constante la disminución del pH.

En la variación de los grados brix, para la fermentación natural se dio de manera lenta ya que a las 4, 6 y 8 horas disminuyó en uno o dos puntos y luego se mantuvo constante hasta las 18 horas, es decir no hubo variación de los grados brix. Lo cual no ocurrió en la adición de enzimas ya que a las 8 horas mostró una disminución de cinco puntos. En las muestras a las que se les adicionó levaduras de igual forma a las 8 horas hubo una disminución de tres puntos. Estos resultados nos indican que los productos adicionados si nos ayudaron a desmucilaginar el café.

En la evaluación sensorial las muestras que obtuvieron mayores puntajes son los tratamientos de 6, 4 y 8 horas, obteniendo puntajes de 84.08, 82.58, 82.42 en taza respectivamente; otro de los tratamientos que obtuvo resultado 82,25 puntos en taza, fue al que se le aplicó levaduras *Saccharomyces cereviceae* y fermento por 4 horas; luego estuvieron las muestras a las que se les aplicó las enzimas; esto también fue demostrado estadísticamente ya que se pudo observar diferencias significativas entre las muestras a las que se adicionó soda caústica frente a las muestras de fermentación natural, fermentación con enzimas y fermentación con *Saccharomyces cereviceae*.

VI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- En el método de fermentación con adición de enzimas EM-1 se adiciono 10 ml de solución a cada muestra; para el método de fermentación a la que se le adiciono levadura *Saccharomyces cereviceae* se le adiciono 10 gr levadura seca y en el caso del método de fermentación al que se le adiciono soda caustica se utilizó 10 ml de solución diluida (0,1 gr de soda caustica/1 L de agua), a la fermentación Natural no se le adiciono producto alguno los tiempos aplicados fueron de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 22 horas a temperatura ambiente.
- En la degradación pectolítica, la reacción más resaltante es el de la soda caustica, porque al ser aplicada en los diferentes tratamientos degrado inmediatamente las sustancias pépticas del café dentro de los dos minutos de aplicada, el inconveniente fue al momento de enjuagar los granos ya que fue complicado eliminar trazas de la soda caustica. En orden de degradación pectolítica tenemos a las levaduras *Saccharomyces cereviceae* y luego las enzimas EM-1, tal y como se puede observar en los cuadros 4 y 5 respectivamente.
- Para determinar los tiempos óptimos de fermentación se tomó en consideración el pH y los grados Brix, de tal forma que para el pH se obtuvo rangos de (4,6 a 5,8) para la fermentación natural, (4,6 a 5,1) para la fermentación con enzimas EM-1; (4,6 a 5,0) para la fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae*. Respecto los grados °Brix del fruto, se ha tenido valores de (15-21°Brix) para la fermentación natural notándose una constante de 21 °Brix de las 10 a las 16 horas, para la fermentación con enzimas EM-1 se obtuvo (13-20°Brix) observando un descenso de los ° Brix hasta la hora 8 y es a partir de la hora 10 hasta la 16

una constante; por último, en el método de fermentación a la que se le añadió *Saccharomyces cereviceae* (12-20°Brix) observándose un incremento desde la hora 10 y manteniéndose constante hasta la hora 14 y comenzando a descender desde la hora 16 para llegar a la hora 22 con ° Brix.

- De la evaluación sensorial se ha podido observar que la muestra a la que se le añadió soda caustica es significativamente diferente a las muestras de fermentación natural, fermentación con enzimas EM-1 y fermentación con levadura *Saccharomyces cereviceae*. Asimismo, la muestra que obtuvo mayor puntaje son los tratamientos con 6, 4 y 8 horas de fermentación natural con puntajes en taza de 84.08, 82.58, 82.42 respectivamente, seguido de la muestra a la que se le adiciono levadura con 4 horas de fermentación que obtuvo 82,25 puntos. De esta manera podemos concluir que, si bien es cierto que los productos adicionados ayudaron a la degradación pectolítica, sin embargo, en la evaluación sensorial (Catación) no se obtuvo buenos resultados o no pudieron superar a la fermentación natural.
- Se determinó que existen diferencias significativas de las muestras a las que se le aplicaron soda caustica frente a las de fermentación natural, fermentación con enzimas EM-1 y a las muestras a las que se les adiciono levadura *Saccharomyces cereviceae*.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de investigación indistintos, utilizando diferentes dosis de soda caustica, EM-1, Saccharomyces cereviceae con la finalidad de poder optimizar los procesos de beneficiado.
- Realizar trabajos de investigación utilizando nuevos métodos tales como las aguas residuales en diferentes concentraciones, a fin de reducir los tiempos de fermentación.
- Realizar trabajos de investigación similares evaluando la actividad enzimática en la fermentación del café.
- Implementar equipos básicos para evaluación postcosecha del café tales como brixometros, pH metros, medidores de temperatura ambiental y humedad relativa a fin de facilitar la ejecución de trabajos de investigación en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Gestionar la implementación de un laboratorio de control de calidad de café, para facilitar trabajos de investigación a nivel de pregrado.

BIBLIOGRAFIA.

Amoquimicos. (12 de 07 de 2021). *Soda Caustica: que es características y precauciones.*

Recuperado el 10 de 07 de 2021, de

<https://www.amoquimicos.com/caracteristicas-de-la-soda-caustica>

Asquieri.E.R, Rabelo, A.M.D.S, & & Silva, A. G. D. (16 de Mayo de 2008). *scielo.br*. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n4/a18v28n4.pdf>

Besora Magen, J. (2016). *Manual de Tecnologías apropiadas para la caficultura; Secadores Solares.* Recuperado el 09 de 07 de 2021, de <http://infocafes.com/portal/biblioteca/tecnologias-apropiadas-para-la-caficultura-secadores-solares/>

Biopunto. (03 de 08 de 2020). *Ficha tecnica de EM 1.* Obtenido de <https://www.biopunto.cl/2020/08/03/ficha-tecnica-em1/>

Bolivar Forero, C. P. (2009). *Monografía sobre el galactomanano del grano de café y su importancia en el procesamiento para la obtención de café soluble.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnologías, Escuela de química, Programa de QUímica Industrial .

Carbonell, R., & Vilanova, M. (1952). *Beneficiado rápido y eficiente de café mediante el uso de soda caustica. El café de El Salvador* (Vol. 22). El Salvador.

Caridad Suarez, M., Garrido - Carralero, N., & Guevara Rodriguez, C. (Enero - Abril de 2016). Levadura *Saccaromyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *REDALYC*, 50(1), 20 - 28.
Centro Nacional de Agronomía. (1952). *Información que se ha publicado sobre el nuevo método de lavar café.* San Salvador.

Céspedes, C., Batista , I., & Jiménez, H. (2010). *Efecto de microorganismos eficaces (EM) en el*

- proceso de desmucilaginado del café (Coffea Arabica L.). Informe Técnico, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), La Vega, República Dominicana.*
- Céspedes, C., Batista, I., & Jimenez, H. (2010). *Efecto de microorganismos eficaces (EM) en el proceso de desmucilaginado del café (Coffea arabica L.). Informe Técnico, IDIAF.*
- Cleves Serrano, R. (1998). *Tecnología en beneficiado de café.* San Jose, Costa Rica.
- CODOCAFE (2001), Consejo Dominicano del café, Memorias de la calidad y atributos del café 2001, República Dominicana.
- Córdoba Castro, N. M., & Guerrero - Fajardo, J. E. (diciembre de 2016). Characterization of the traditional coffee fermentation processes in Nariño. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(2), 75 - 83.*
- Duicela, L., Corral, R., Farfan, D., & Alcivar, R. (2009). Pocosecha y calidad del café arábigo. (U. COFENAC, Ed.) *ANACAFE*, 10p.
- Félix Zamora, M. d. (2009). *Determinación de ácidos clorogénicos y cafeico, cafeína, polifenoles totales y actividad antioxidante de tres variedades de café (Coffea arabica L.).* Tesis para optar grado de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Industrias Alimentarias, Tingo María - Perú.
- Flores Ortega, C. A., Macchiavelli, R., Bosque, O., & Toledo, R. (January de 2016). Calidad y estado fisiológico del café al momento de la cosecha y su efecto en el rendimiento en Puerto Rico. *Journal Agric. Univ. P.R., N° 1.*
- García Oblitas, S., Brizuela, L., Montilla, G., Bianco, H., & López, A. (2014). Evaluación de las características físico - químicas de calidad del café verde y molido. *INAPYMI portuguesa.*
- Gotteland, M., & de Pablo V., S. (junio de 2007). Algunas verdades sobre el café. *Revista Chilena*

de nutrición, 34 (2), 110 - 115.

Hena Jaramillo, J. (1982). *El Café en Venezuela*. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Venezuela

Huacha Herrera, C. (2016). *Efecto del grado de tostado en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y calidad de la taza del café, variedad típica y bourbon*. Tesis de grado, Tingo Maria. Obtenido de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1258/HHC_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JNC. (2 de Septiembre de 2020). juntadelcafe.org.pe. Obtenido de <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>

Katzeff, P. (2001). *The Coffee Cupers Manifesto "El manifiesto de los catadores de café"*. California, Estados Unidos.

Marin Garcia, C., & Puerta Quintero, G. I. (28 de julio de 2008). Contenido de Ácidos Clorogénicos en granos de *Coffea arabica* y *C. canephora*, según el desarrollo del fruto. *CENICAFE*, 59(1).

Martos Lopez, A. (2013). *Determinación de ácido clorogénico en distintas variedades de berenjena (*Solanum melongena* L.)*. Tesis de Maestría, Universidad de Almeira, Química y Física.

Monroig Ingles, M. F. (1998). *Descripción Botánica del Cafeto*. Recuperado 9 de 07 de 2021, de https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1850/BOT_NICA_DEL_CAFETO.pdf

Nigam, P., & Singh, A. (2014). Cocoa and coffee Fermentations. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 485-492.

Nolte, G. E. (09 de 05 de 2020). *Report Name: Coffee Anual*. Obtenido de

https://juntadelcafe.org.pe/wp-content/uploads/2020/05/Coffee-Annual_Lima_Peru_05-15-2020.pdf

Peñuela Martines, A., Pabon Usaquen, J., & Zans Uribe, J. (2013). *Metodo FERMAESTRO: Para determinar la finalizacion de la Fermentacion del mucilago de cafe*. CENICAFE.

Recuperado el 12 de 07 de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/313695014_METODO_FERMAESTRO_Para_determinar_la_finalizacion_de_la_Fermentacion_del_mucilago_de_cafe

Peñuela Martinez, A. E., Pabon Usaquen, J., Rodriguez Valencia, N., & Oliveros Tascon, C. E. (2010). Evaluacion de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado de café. *CENICAFE*, 3(61), 241-250.

Peñuela Martinez, A., Pabon Usaquen, Y., & Oliveros Tason, C. (2011). *Enzimas: una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucilago de cafe*. CENICAFE. Recuperado el 12 de 07 de 2021

Peñuela-Martinez, A. E., Oliveros-Tascon, C. E., & Sanz-Uribe, J. R. (2010). Remocion del mucilago de café a través de la fermentacion natural. *CENICAFE*, 2(61), 159-163.

Perez Ochoa, M. L. (2016). *Compuestos fenolicos y perfil de acidos grasos en granos de cafe (Coffea arabica L.) verde y tostado de variedades e hibridos cultivados en Coatepec, Veracruz*. Tesis de Maestria, Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Basicas, COstepec, Veracruz.

Pineda Mejia, C. R., Reyes Fernandez, C., & Alonso Osaguera, F. (2010). Beneficiado y Calidad del Café. *CENICAFE*.

PROMECAFE. (2010). *Guia tecnica para el beneficiado de cafe protegido bajo una indicacion geografica o denominacion de origen*. (N. Omar Funez, G. Canet, & A. Garcia , Edits.)

- Guatemala: Litografía impresa. Recuperado el 7 de Agosto de 2019, de <http://www.iica.int>.
- Puerta Q., G., I. (2000). Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. *CENICAFE*, 2(51), 136-150.
- Puerta-Quintero*, G. I. (febrero de 2001). Como garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. *CENICAFE*.
- Puerta-Quintero, G. I. (2009). Efecto de enzimas pectolíticas en la remoción del mucilago de *Coffea arabica* L., según el desarrollo del fruto. *CENICAFE*, 4(60), 291-312.
- Puerta Quintero*, G. I. (marzo de 2009). Los catadores de Café. (S. M. Marin Lopez, Ed.) *CENICAFE*.
- Puerta-Quintero, G. I. (2010). Rendimientos y calidad de *Coffea arabica* L., según el desarrollo del fruto y la remoción del mucilago. *CENICAFE*, 1(61), 67 - 89.
- Puerta Quintero, G. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficiado del café. *CENICAFE*, *Avances técnicos* 402, 12 pag.
- Puerta Quintero, G. (2011). *Composición química de una taza de café*. Investigación, Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana, Manizales, Caldas, Colombia.
- Puerta Quintero, G. I. (agosto de 2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *CENICAFE* (422), 12.
- Puerta Quintero, Gloria Inés. (abril de 2015). Fermentación controlada del café: Tecnología hará agregar valor a la calidad. *CENICAFE* (454).
- Puerta Quintero, G. I. (noviembre de 2016). Buenas prácticas, para la prevención de los defectos de la calidad del café: fermento, reposado, fenólico y mohoso. *CENICAFE* (461).
- QuimiNet.com. (22 de febrero de 2012). <https://www.quiminet.com/articulos/las->

caracteristicas-mas-importantes-de-la-sosa-caustica-2683089.htm. Recuperado el 13 de
Noviembre de 2019

RAMOS SALVATIERRA, F. (16 de mayo de 2013). *repositorio.ug.edu.ec*. Obtenido de
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2564/1/FORMATO%20TESIS%20FINAL%
20ABRIL%202013.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2564/1/FORMATO%20TESIS%20FINAL%20ABRIL%202013.pdf)

Rojo Jimenez, E. (2014). Cafe I (G. Coffea). *Reduca (Biologia)*, 2(7), 113-132.

Rojo Jimenez, E. (2014). Cafe I (G. Coffea). *Reduca (Biologia). Serie Botanica*, 2(7), 113-132.

Romero, C. A. (2020). *Reporte de Observatorio de COMMODITIES 2020: Café*. Recuperado el
09 de 07 de 2021, de [https://www.inia.gob.pe/wp-
content/uploads/2020/04/Reporte_Obs_Commodities_Cafe.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/Reporte_Obs_Commodities_Cafe.pdf)

Sanchez de la Cruz, I. G. (2018). *Efecto de la adicion de levadura (Saccharomyces sp) en el
proceso de fermentacion de cafe (coffea arabica)*. Tesis de grado, Universidad Nacional
Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Ingenieria y Ciencias Agrarias,
Chachapoyas - Perú.

Sanchez Maroto, M. (2015). *El cafe, la cafeina y su relacion con la salud y ciertas patologias*.

Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina, TFG en Nutricion Humana, Valladolid

Sanchez-Ramirez, J., Anaya-Sosa, I., Vizcarra-Mendoza, M., Gutierrez-Lopez, G., & Santiago-
Pineda, T. (2007). Estudio de la hidrodinamica del cafe tostado (Coffea arabica L.) enlecho
fluidizado. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, 6(2), 185-192.

SIBONEY. (2019). <https://www.cafesiboney.com/varietales>. Recuperado el 03 de Setiembre de
2019, de
[https://www.cafesiboney.com/varietales/detalle/id=0xaa9d0915ce0c4231b603f8adc6dab
b 50](https://www.cafesiboney.com/varietales/detalle/id=0xaa9d0915ce0c4231b603f8adc6dab50)

Suárez-Machín, C. &.-C.-R. (2016). *Levadura Saccharomyces Cereviceae y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar.*

Recuperado el 12 de 07 de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

Valencia, J., Pinzon, M., & Gutierrez, R. (24 de Diciembre de 2015). Caracterización físicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. *Alimentos Hoy*, 23(36).

Vergara, S. A. (09 de 06 de 2012). *Reporte de inteligencia de mercados. Café peruano: Aroma y Sabor para nosotros.* Obtenido de <http://infocafes.com/portal/biblioteca/reportes-de-inteligencia-de-mercados-cafe-peruano-aroma-y-sabor-para-nosotros-y-el-mundo/>

Vidal Villeda, M. A. (2014). *Rango ideal de concentración de sólidos solubles durante la maduración del café y su influencia sobre la calidad de taza, en dos variedades y tres niveles altitudinales.* Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Facultad de ciencias agrícolas y ambientales, Guatemala

ANEXOS

Figura 21

Cosecha selectiva y despulpado



Figura 22
Codificación y Evaluación de Parámetros



Figura 23

Toma de muestra para medir T°, °Brix, pH en Enzima EM-1



Figura 24

Pesado y aplicación de la levadura *Saccharomyces Cereviceae*



Figura 25

Evaluación de parámetros a muestras codificadas



Figura 26

Aplicación de soda caustica



Figura 27

Evaluacion y Toma de Datos de Soda Caustica



Figura 28

Lavado y oreado de las muestras



Figura 29

Secado de muestras codificadas





Figura 30

Pesado y recodificacion de muestras



Figura 31

Tostado de Muestras



Figura 32

Preparacion de muestras y Evaluacion Sensorial





Figura 33

Informe de Analisis Sensorial



WEB SITE: www.coclaperu.com

Producers and Exporters of Coffee

INFORME DE CATAACION

SOLICITANTE: NEL SON JARA PINEDA

MUESTRA : CAFÉ PERGAMINO

OBJETIVO : CATAACION

FECHA : 06 DE MAYO DEL 2019

Nº	CODIGO	% DE HUMEDAD	PUNTAJE
1	193	12	82,58
2	209	12	84,08
3	168	12.2	82,42
4	145	10	81,13
5	163	10.5	80,67
6	152	12.1	79,42
7	127	12	80,00
8	190	12	77,92
9	172	12	80,17
10	203	12	81,33
11	176	12	79,58
12	192	12	81,31
13	143	10.5	81,67
14	201	10.7	77,25
15	198	12.2	81,17
16	148	12	76,33
17	138	12	77,67
18	123	10.5	81,92
19	174	10.2	77,08
20	186	12	75,50

CENTRALE DE COOPERATIVAS AGRARIAS
CAFETALERA "COCLA" S.A. Nº 281
Dr. JUSTO GERMAN SERRANO ESCOBAR
JEFE DE PRODUCCION Y CONTROL DE CALIDAD

PLANTA PROCESADORA:
Profg. Edgar de la Torre N° 1353 - Quillabamba - Cusco
E-mail: coclacof@gmail.com - logistica@centralcoclac.com

CUSCO:
Mezón de la estrella N° 137
Telf. (084) 239072
E-mail: cocla.cusco@gmail.com

21	156	10	82,25
22	165	11.2	81,31
23	136	10.7	81,67
24	205	10.5	77,25
25	120	11	81,17
26	188	12.2	76,33
27	195	11	77,67
28	141	10	81,92
2	154	10.7	77,68
30	125	11.5	75,50
31	231	12	77,69
32	207	12	79,67
33	182	10	76,88
34	177	11	77,83
35	131	12.2	78,31
36	124	12	75,00
37	166	10.7	76,94
38	158	12.1	79,19
39	144	10.6	79,92
40	149	12	78,25

- ❖ Formato SCAA
- ❖ 40 muestras que se evaluaron

CENTRAL DE COOPERATIVAS RORARIAS
 CAFETALERA "COCLA" S.A. N° 281

 DR. JUSTO GERMAN SERRANO ESCOBAR
 JEFE DE PRODUCCION Y CONTROL DE CALIDAD


PLANTA PROCESADORA:
 Prolog. Edgar de la Torre N° 1353 - Quillabamba - Cusco
 E-mail: coclacol@gmail.com - logistica@centralcocla.com

CUSCO:
 Mezón de la estrella N° 137
 Telf. (084) 239072
 E-mail: cocla.cusco@gmail.com

Figura 34

Formulario SCAA utilizado Evaluación Sensorial de café

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



SCAA
Specialty Coffee Association

Nombre: _____ Fecha: _____

CALIFICACIONES: 8.00 - Excelente 9.00 - Superlativo
 8.50 - Bueno 7.50 - Regular
 7.00 - Regular 6.50 - Regular
 6.00 - Regular 5.50 - Regular
 5.00 - Regular 4.50 - Regular
 4.00 - Regular 3.50 - Regular

Muestra #	Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score
Muestra #	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
	Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score
	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score	
	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score		
	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score			
	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score				
	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score					
	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score						
	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score							
	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score								
Puntaje Final											
Muestra #	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
	Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score
	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score	
	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score		
	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score			
	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score				
	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score					
	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score						
	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score							
	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score								
Puntaje Final											
Muestra #	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
	Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score
	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score	
	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score		
	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score			
	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score				
	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score					
	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score						
	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score							
	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score								
Puntaje Final											
Muestra #	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
	Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score
	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score	
	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score		
	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score			
	Uniformidad	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score				
	Taza Limpia	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score					
	Defectos	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score						
	Ligeros=2	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score							
	Rechuzos=4	Puntaje Catador	Total Score								
Puntaje Final											