

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



TESIS

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces sp*) EN EL
PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR : INDER GLEY SANCHEZ DE LA CRUZ

ASESOR : Ing. SEGUNDO VÍCTOR OLIVARES MUÑOZ

CHACHAPOYAS- PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por la contribución constante, por brindarme sostenibilidad emocional y espiritual

A mi esposa e hija por ser el motivo de superación y la seguridad de un futuro feliz.

Al asesor y profesores de la UNTRM-A, por la formación académica lo cual contribuyó al logro de esta meta.

Inder Gley

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, bendecirme con una hermosa familia, cuidar de nosotros cada día para alcanzar la prosperidad y felicidad.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, en especial a los profesores que cumplen su labor con lealtad y servicio; a los técnicos encargados de los laboratorios, los cuales coadyuvaron para la ejecución del proyecto de tesis.

Al Ing. Segundo Víctor Olivares Muñoz, asesor de la tesis, por su tiempo, paciencia, dedicación y conocimientos aportados para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los señores Maria Gilma Montoya Tafur y Segundo Gil Muños Montano, los cuales aportaron la materia prima para la ejecución del presente trabajo, sobre todo agradecer su hospitalidad y accesibilidad.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÈMICO

Dra. FLOR TERESA GARCIA HUAMAN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ms. EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR

El profesor de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **EFFECTO DE LA ADICIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces sp*) EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**, ejecutada por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial **INDER GLEY SANCHEZ DE LA CRUZ**

Asimismo, el suscrito da **VISTO BUENO**, para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 16 de octubre de 2018

Ing. Segundo Victor Olivares Muñoz
Profesor UNTRM - A

JURADO DE TESIS

Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza

Presidente

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Secretario

MsC. Julio Mariano Chávez Milla

Vocal

ACTA DE EVALUACION DE SUSTENTACION DE TESIS

(SE TIENE QUE SACAR COPIA Y COLOCAR)

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD	IV
VISTO BUENO DEL ASESOR	V
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	VI
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	5
III. MARCO TEÓRICO	6
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	13
V. RESULTADOS	21
VI. DISCUSIONES	28
VII. CONCLUSIONES	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones adecuadas para a producción de café.....	6
Tabla 2. Promedios de la composición química del grano de café almendra, según la especie, porcentaje en base seca	9
Tabla 3. Contenido de ácidos en granos de café almendra, según la especie; % base seca	9
Tabla 4. Sabores de algunos de los ácidos del café.....	10
Tabla 5. Grupos de compuestos de algunos aromas del café almendra	10
Tabla 6. Distribución de tratamientos.....	13
Tabla 7. Resultados promedio de la evaluación física	21
Tabla 8. Resultados de la evaluación química del café tostado.....	21
Tabla 9. Resultados de la evaluación sensorial	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma para el beneficio del café.	17
Figura 2. Porcentaje de humedad en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado.....	22
Figura 3. Porcentaje de humedad y ceniza en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado	22
Figura 4. Porcentaje de extracto etéreo en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado	23
Figura 5. Porcentaje de fibra cruda en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado.....	23
Figura 6. Porcentaje de proteína total en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado	24
Figura 7. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado	24
Figura 8. pH en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado.....	25
Figura 9. Energía bruta en el tratamiento testigo y tratamientos 5 y 9 de café tostado..	25
Figura 10. Calificación sensorial de cada tratamiento como café tostado	26

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Trabajo en campo.....	36
Anexo 2: Resultados de las pruebas de laboratorio.....	41
Anexo 3. Estudio estadístico	44
Anexo 4: fotos de la investigación	45

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces sp*) y el tiempo en proceso de fermentación de café (*Coffea arabica*), para lo cual empleó un diseño factorial 3A x 3B, donde el factor A es el tiempo de fermentación (4, 8 y 12 horas) y el factor B, la dosis de levadura (20, 40 y 60 mL), más un testigo. El café fue cosechado con madurez organoléptica, seleccionado, despulpado, fermentado con manejo de tratamientos, lavado, secado, almacenado, tostado; según prueba Friedman no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo la evaluación sensorial demostró diferencia en la calificación de perfiles; el mejor perfil fue caracterizado con “Mucha caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja, frambuesa”; obtenido de la fermentación con adición de 60 mL de (*Saccharomyces sp*) y un tiempo de 12 horas (Tratamiento 9); y características fisicoquímicas de café almendra como humedad 13,8%, rendimiento 74%; y café tostado como humedad 3,683%, ceniza 3,55%, Extracto etéreo 7,85%, fibra cruda 21,293%, proteína 16,409 %, Extracto libre de nitrógeno 47,214%, pH 5,01 y Energía bruta 5794 kJ/kg; llegando a la conclusión que existe efecto positivo en la calidad del café.

Palabras claves: Café, características fisicoquímicas y sensoriales, fermentación, levadura.

ABSTRACT

The effect of the addition of yeast (*Saccharomyces* sp) and the time in the fermentation process of coffee (*Coffea arabica*) was evaluated, for which it used a factorial design 3A x 3B, where the factor A is the fermentation time (4, 8 y12 hours) and factor B, the dose of yeast (20, 40 and 60 mL), plus a control. The coffee was harvested with organoleptic maturity, selected, pulped, fermented with handling treatments, washed, dried, stored, roasted; according to the Friedman test, there is no significant difference between the treatments, however the sensory evaluation showed a difference in the profiling; the best profile was characterized with "Mucha cane, nuts, plums, red apple, raspberry"; obtained from fermentation with the addition of 60 mL of (*Saccharomyces* sp) and a time of 12 hours (Treatment 9); and physicochemical characteristics of almond coffee as humidity 13.8%, yield 74%; and roasted coffee such as moisture 3.683%, ash 3.55%, Ethereal extract 7.85%, crude fiber 21.293%, protein 16.409%, Nitrogen free extract 47.214%, pH 5.01 and Gross energy 5794 kJ / kg, arriving at the conclusion that there is a positive effect on coffee quality.

Key words: Coffee, physicochemical and sensory characteristics, fermentation, yeast.

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica*) es un producto fundamental en la economía de diversos países dentro de ellos Colombia, Brasil, Perú, Costa Rica y Etiopía. Se cultiva en casi todos los países tropicales y aparece como uno de los productos más preciados de la agricultura. La actividad cafetalera en el Perú involucra a más de 2 millones de peruanos. Esto se da toda vez que nuestro café se produce en 338 distritos rurales, de 68 provincias, ubicadas en 12 regiones. (Misti, 2017)

De acuerdo a la Organización Internacional del café, (OIC), aproximadamente la industria del café genera cada año más de 120 millones de empleos a nivel mundial y ventas anuales mayores a los 90 mil millones de dólares (más de 65 mil millones de euros) a nivel mundial. En el comercio mundial, el café es el segundo producto natural de exportación más vendido después del petróleo (Queirolo, 2010).

El Perú exporta café en cerca del 3% del mercado mundial. La caficultura es la principal actividad agrícola lícita en los valles de la selva del país (los mayores rendimientos se obtienen en regiones como Amazonas, San Martín y Cajamarca), donde posee como el cultivo alternativo más importante frente a la coca, constituyéndose en su mayoría como el principal sustento económico de las familias. Las plantaciones se encuentran localizadas en las montañas tropicales de los Andes cultivándose entre los 600 y 2,700 msnm (Agrobanco, 2007).

Dentro de la superficie agrícola en Perú y superficies agrícolas con cultivos (4 155 678 hectáreas), destacan las dedicadas tanto a cultivos industriales, entre ellos podemos mencionar el café que constituye el 10,2% del total de superficie. (CENAGRO, 2012).

La región Amazonas según el Ministerio de Agricultura y Riego; aporta el 13% de la producción nacional, principalmente café tipo (*C. arabica*), (Minag, 2011); el precio varía desde 2 a 10 soles. Situación que ha permitido que el café sea una actividad agrícola de cultura, costumbre o simplemente no sea atractivo para el agricultor y se termine reduciendo las hectáreas de cultivo conforme sucede en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Utcubamba, Bagua y Luya; lo cual lo corrobora el Instituto nacional de estadística cuando menciona que

el año 2017 en marzo la producción de café en la región Amazonas se ha reducido en un -27,2% respecto al mismo mes de año anterior (Inei, 2017)

Durante toda la historia dentro del área investigativa para el café ha existido una serie de trabajos que han tratado de desarrollar nuevos conocimientos para acentuar cada vez más la calidad del café, es así que se estudió los principales microorganismos del mucílago de café son levaduras *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida* *Rhodotorula*; las bacterias *Lactobacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus* y *Streptococcus*; y algunos hongos cuyo recuento depende de la manipulación de los frutos de café durante la recolección y de las condiciones en que permanecen los granos en el beneficio del café (Rodríguez, 2009).

López, *et al* (2015), realizó el registro durante 80 horas continuas del comportamiento de algunas variables (pH, T° ambiente, Humedad relativa, °Brix) asociadas al proceso de fermentación de café y se determinó que el tiempo de fermentación afecta la calidad de la bebida de café. Se pudo determinar la disminución de la concentración de pH, grados brix en función del tiempo de fermentación e incremento de la calidad entre la hora 50 y 60.

La investigación bibliográfica sobre el proceso de fermentación aerobia del café orgánico, seleccionándose 53 artículos, de lo que permitió determinar que estos aspectos influyen en la generación de sustancias volátiles o atributos sensoriales, que permiten diferenciar organolépticamente este tipo de café, entre los que se destacan: perfiles a frutas, mayor acidez y por lo tanto mejores puntajes en taza, permitiendo dar mayor valor agregado al café orgánico (Arcos, 2017).

Puerta (2013), cuantificaron concentraciones de azúcares totales, azúcares reductores, acidez y etanol del mucílago de café durante 74 h de fermentación a temperatura ambiente. Se hallaron cambios en las concentraciones de azúcares, ácidos y etanol en la fermentación del mucílago con el tiempo; inicialmente la velocidad fue lenta, luego más rápida hasta que alcanzó un valor máximo, después la tasa disminuyó hasta que las concentraciones del sustrato y de los productos permanecieron casi constantes.

Puerta (2000), evaluó la calidad en taza de mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L., la intensidad de las propiedades organolépticas varió con el grado de tostación: a mayor grado se intensificaron el amargo y el cuerpo y disminuyó la acidez organoléptica

y titulada. Las mejores propiedades sensoriales se presentaron para pérdidas de peso de tostación de 14% a 15%. Las mezclas que contenían variedad Colombia de fruto amarillo se destacaron por su alta acidez.

En Cenicafé, se desarrolló la escala para calificar el aroma del café molido, el aroma de la bebida, la acidez, el amargo, el cuerpo y la impresión global (sabor) del café, basados en la descripción y vocabulario para café tostado y molido de acuerdo con el proceso y preparación. Las categorías 9, 8 y 7 describen las cualidades deseables en todos los atributos, o tazas de calidad superior, siendo 9 la mejor calificación propia de una bebida de características equilibradas, específicas y naturales al café. Las desviaciones en la calidad se califican en el rango medio 6, 5, 4 y son tazas de cualidades tolerables. Los defectos se califican de 3 a 1, donde tazas con características de total rechazo como contaminado, stinker y fenol se califican como 1, (Puerta, 1996).

El mejor café del mundo se produce mediante la recolección manual de los granos de café rojo, las civetas alimentadas con esos granos, su posterior digestión, la recogida y lavado de los granos enteros y a medio digerir de las heces, un procedimiento fascinante en el que los jugos gástricos de la civeta rompen las proteínas que hacen los granos tradicionalmente amargos y lo vuelven más dulzones. Este es el secreto del Kopi Luwak, un café que según quienes lo han probado tiene un aroma y sabor embriagador, además de uno de los precios más elevados del momento. Una taza de Kopi Luwak puede costar 40 dólares y la bolsa de medio kilo llega a venderse entre 100 y 400 dólares. (Maitres y profesionales de la sala de Aragón , 2012)

Cardenas (2014), evaluó la fermentación natural del café mediante la utilización del método mecánico (ECOMILL- CENICAFÉ) en la remoción del mucílago. También evaluó comparativamente el comportamiento del pH a lo largo del tiempo, controlando factores de temperatura, con la finalidad de comparar datos obtenidos en campo y los estudios previos efectuados por CENICAFÉ, por otro lado, se logró determinar el tiempo de duración del proceso para situar el café en un pH ideal de 3,5 teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 20° C y una altura que oscila entre los 1,470 – 1,500 m.s.n.m.

Días y Perdomo (2015), estudiaron características fisicoquímicas de dos variedades de café (Catuaí y Lempira), realizando análisis de pH, sólidos totales, color y polifenoles totales a cada tratamiento. Evaluando también la calidad en taza del café por catadores y consumidores. En el análisis de taza se determinó diferencias significativas entre variedades, obteniendo un mayor puntaje la variedad (Lempira), mientras en el análisis fisicoquímico se halló diferencias por el lugar de procedencia.

Valencia, *et al* (2015), determinó la calidad en taza, de granos de café producidos en diferentes lugares de Colombia. Evaluándose las características fisicoquímicas, componentes volátiles y perfil sensorial. Encontrándose perfiles de taza críticos, florales, a especias, frutos rojos y uva Isabela, los cuales demostraron la gran variedad de perfiles sensoriales de los cafés que se cultivan en Quindío, Colombia.

Dada la importancia del café como producto promisorio para el país, se ha ejecutado el presente trabajo en base a la problemática que se identifica en el proceso de beneficio; específicamente en la fermentación, donde no se tienen un control, lo cual genera alta variabilidad en la calidad del café lo que causa pérdidas económicas. En el proceso de fermentación que es un proceso biológico que consolida las propiedades de un producto, los factores más influyentes son la presencia de levaduras, el tiempo y temperatura; en ese sentido en la investigación se propuso la evaluación fisicoquímica y organoléptica de café (*C. arabica*) fermentado en un biodigestor a diferentes concentraciones de *Saccharomyces sp* y tiempos, con lo cual se pretendió encontrar un tratamiento que permita obtener un café con mejor valoración fisicoquímica y organoléptica.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces sp*) y el tiempo en proceso de fermentación de café (*C.arabica*)

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la adición de levadura y del tiempo en las características fisicoquímicas
- Determinar el efecto de la adición de levadura y del tiempo en las características organolépticas

III. MARCO TEORICO

3.1. Café

Es un cultivo permanente, producido por el árbol del cafeto. Estos arbustos requieren una temperatura elevada (20 a 25° C) y una humedad atmosférica importante. Es una planta de semi sombra, que hay que proteger de los vientos y de las temperaturas bajas (Agrobanco, 2007)

Taxonomía:

Grupo: Fanerógama

Clase: Angiospermas

Sub – Clase: Dicotiledónea

Orden. Rubiales

Familias: Rubiácea

Género: Coffea

Especie: Arabica L.

Nombre científico: *Coffea arabica*

Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café

El crecimiento y desarrollo vegetativo del café, están relacionados con factores medioambientales y edáficos de las zonas cafetaleras (Desco, 2012)

Tabla 1. Condiciones adecuadas para a producción de café

Condiciones	Rangos
Altitud (m.s.n.m)	1000 – 1600
Precipitación pluvial (mm)	1000 – 2500
Temperatura (°C)	18 – 22
Humedad relativa (%)	70 – 95
Luminosidad (Horas de brillo solar)	1500 - 2500

Fuente: Desco – Programa selva central, 2012

Proceso de beneficio del café cerezo

Cosecha: la cosecha se debe realizar de los frutos o cerezas maduras de café en horas frescas del día y no deben pasar más de ocho horas entre la recolección de las cerezas de café y el inicio de su beneficiado; se debe cosechar una por una dejando el pedúnculo

adherido a la rama. Se debe colocar en canastas para facilitar la aireación y separar los frutos sobre maduros para no anticipar la fermentación (Caballero y Cruz, 2015)

Recepción: el café cerezo se debe colocar en un recipiente de lámina o depósito de concreto, luego se debe agregar agua hasta el nivel del depósito, para que de esa manera se pueda realizar la limpieza de frutos vanos, verdes, secos, hojas, palos u otra materia extraña. (Caballero y Cruz, 2015)

Despulpado: se realiza con la finalidad de retirar la cascara y parte de la pulpa (mucílago); se debe realizar dentro de las primeras ocho horas; se recomienda usar despulpadoras de cilindro, calibrados en función del promedio del tamaño del grano. (Caballero y Cruz, 2015)

Fermentación: para eliminar el resto de mucílago que queda junto al pergamino. Se debe colocar en fermentadores abiertos para dejarla en reposo por periodo de 15 a 40 horas según la temperatura del lugar, no se debe sobrepasar el tiempo de fermentación para evitar que se generen defectos como el grano manchado, decolorado y vinagre; así como los sabores agrio y rancio en la bebida (Puerta, 2006)

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. (Puerta, 2015)

Durante la fermentación natural 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. Estas sustancias formadas cambian las características de olor, color, pH y composición del sustrato (el mucílago) y también de los granos de café (Puerta, 2010)

Fermentaciones sólidas. El café despulpado se deposita en el fermentador, no se adiciona agua. El desagüe del fermentador se mantiene cerrado. (Puerta, 2015)

Fermentaciones sumergidas. El café en baba se deposita en el fermentador y luego se agrega agua, en cierta cantidad, con relación a la masa de café a fermentar, de esta forma cambian la composición química y microbiológica del sustrato. Los sistemas de fermentación sumergidos son más homogéneos que los de sustrato sólido. Para el café se recomiendan fermentaciones sumergidas al 30%. Se taponan el desagüe del fermentador y se adicionan 30 L de agua limpia por cada 100 kg de café baba (Puerta, 2012)

Lavado: se realiza con la finalidad que el mucilago se desprenda completamente del pergamino del grano de café. Se recomienda agregar agua al tanque de fermentación para eliminar los productos de la degradación bioquímica del mucilago y para separar los granos vanos (Caballero y Cruz, 2015)

Secado del café: con el propósito de disminuir la humedad del café de 52% a 11% se recomienda el secado del café en un secador solar tipo invernadero (Caballero y Cruz, 2015)

Composición fisicoquímica de del café tostado

El café, químicamente se compone de agua y materia seca. La materia seca de los granos del café almendra está constituida por minerales y por sustancias orgánicas que son los carbohidratos, lípidos, proteínas, alcaloides, como la cafeína y la trigonelina, así como, por ácidos carboxílicos y fenólicos, y por compuestos volátiles que dan el aroma a la almendra (Puerta, 2011)

Tabla 2. Promedios de la composición química del grano de café almendra, según la especie, porcentaje en base seca

Componente químico	Arábica (%)	Robusta (%)
Polisacáridos	50,80	56,40
Sacarosa	8,00	4,00
Azúcares reductores	0,10	0,40
Proteínas	9,80	9,50
Aminoácidos	0,50	0,80
Cafeína	1,20	2,20
Trigonelina	1,00	0,70
Lípidos	16,20	10,00
Ácidos alifáticos	1,10	1,20
Ácidos clorogénicos	6,90	10,40
Minerales	4,20	4,40
Compuestos aromáticos	Trazas	Trazas

Fuente: Macrae, (1985); Clarke y Vitzthum, (2001); Illy, (2005); citado por Puerta, (2011)

Tabla 3. Contenido de ácidos en granos de café almendra, según la especie; % base seca

Ácido	Arábica (%)	Robusta (%)
Cítrico	1,16 a 1,38	0,67 a 1,00
Málico	0,46 a 0,67	0,25 a 0,38
Fosfórico	0,11 a 0,11	0,14 a 0,22
Oxálico	Trazas a 0,2	Trazas a 0,2
Succínico	Trazas a 0,15	0,05 a 0,35
Fórmico	Trazas a 0,14	Trazas a 0,39
Acético	Trazas	Trazas a 0,2

Fuente: Kampmann y Maier, (1982); Van Der Stegen y Duijn, (1987); citados por Puerta, (2011)

Tabla 4. Sabores de algunos de los ácidos del café

Ácidos	Sabor
Clorogénico	Amargo, astringente
Quínico	Amargo y ácido
Cítrico	Ácido intenso como limones
Acético	Agrio
Málico	Manzana verde
Fórmico	Ácido fuerte, acre
Fosfórico	Ácido refrescante
Glicólico	Ácido fuerte
Láctico	Agridulce
Fumárico	Muy ácido pero no picante
Maleico	Irritante, acre
Succínico	Amargo y salado
Tartárico	Ácido fuerte a uvas negras

Fuente: Puerta, (2011)

Tabla 5. Grupos de compuestos de algunos aromas del café almendra

Grupo de compuesto	Olor en el café almendra
Piridinas	Verde desagradable, hierbas verdes, tabaco, astringente, nauseabundo, fuerte a tierra
Furanos	Acetona, chocolate, dulce, quemado, mohoso, caramelo, herbal, madera
Aminas	Picante, desagradable
Pirazinas	Arveja, pimienta
Aldehídos	Madera, pepino, grasa frita, rosa, miel Jacinto
Cetonas	Fruta cocinada, rosas
Alcoholes	Floral, ligeramente cítrico
Ácidos	Queso, acre
Otros azufrados	Papa cocinada

Fuente: Puerta, (2011)

Producción y comercialización de café en el Perú y la región Amazonas

En marzo 2017, la producción de café registró 20 mil 19 toneladas y se incrementó en 21,4% respecto al mes de marzo 2016, lo dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), mediante el Informe Técnico Perú: Panorama Económico Departamental marzo 2017, elaborado con información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Riego, Ministerio de Energía y Minas, así como la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, entre otros.

Este resultado se explicó por las adecuadas condiciones climáticas que favorecieron el desarrollo del cultivo, que se reflejó en la mayor producción de este grano en los departamentos de San Martín (41,5%), Junín (34,2%) y Cajamarca (13,6%) que en conjunto concentraron el 77,1% de la producción nacional. (INEI, 2017),

Asimismo, aumentó en los departamentos de Ayacucho (116,3%), Huánuco (11,7%), Pasco (10,3%), Madre de Dios (9,9%) y La Libertad (1,1%). Por el contrario, fue menor en Ucayali (-39,1%), Amazonas (-27,2%) y Cusco (-7,0%). (INEI, 2017),

Descripción de las características organolépticas del café en infusión

La acidez: Esta característica se percibe en las partes laterales de la lengua. Aquellos cafés que muestran una acidez alta son considerados de calidad superior que aquellos que muestran una acidez baja. Problemas en el beneficio producen sabores ácidos desagradables (vinagre y fermento).

El aroma: Intensidad de los compuestos aromáticos percibida en la infusión recién preparada. Entre más intensa sea esta característica, mayor será su calificación, siempre y cuando corresponda a un café sin defectos.

El sabor: es la impresión combinada de cuatro factores básicos: dulce, salado, ácido y amargo de las características del café, se perciben por el gusto y olfato.

El cuerpo: caracteriza la consistencia de la bebida, sensación de llenura, pesadez en la boca; es el carácter y fuerza de la bebida. Un café con bajo cuerpo da una sensación de aguado, aunque tenga la concentración correcta. Entre mayor sea la calificación mejor será la bebida.

Defectos en taza: son sabores extraños que se notan al momento de la degustación del café, se pueden ordenar en cuatro grupos.

3.2. La fermentación

En los alimentos se hace uso de la acción controlada de los microorganismos seleccionados para modificar la textura, conservarlos o producir ácidos y alcohol y desarrollar en ellos delicados aromas que aumenten su calidad y valor nutritivo. Los principales factores que controlan el crecimiento microbiano en las fermentaciones alimentarias son: (Fellows, 1994). la disponibilidad de carbono y nitrógeno, así como de nutrientes específicos; el pH del sustrato, temperatura de incubación, el contenido de agua, el potencial de óxido reducción y la presencia de otros microorganismos competidores

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Ubicación geográfica del campo de cultivo de café

La finca de café se ubicó en el distrito de San Nicolás, en la provincia de Rodríguez de Mendoza; región Amazonas; que se encuentra a una altitud de 1656 msnm; latitud de 06°30'35" sur; longitud 77°30'35" Oeste

4.2. Objeto de estudio

Las características fisicoquímicas y organolépticas de café (*C. arabica*) fermentado a diferentes tiempos y dosis de levadura

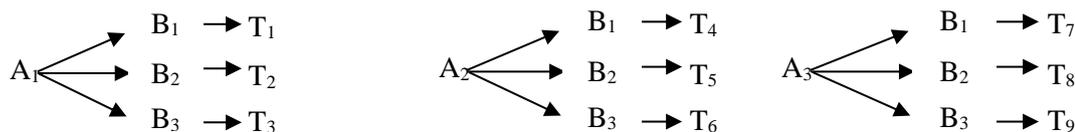
4.3. Diseño de la investigación

La presente investigación por sus características experimentales empleó un diseño de contrastación de hipótesis de estímulo creciente (Goode & Hatt, 1986) donde se utilizó diferentes tiempos de fermentación y dosis de levadura.

Con un experimento factorial 3A x 3B bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones (Montgomery, 2004); donde el factor A estuvo representado por el tiempo de fermentación y el factor B por las dosis de levadura empleadas para cada tratamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Distribución de tratamientos

Factor	Descripción	Nivel del factor	
		Símbolo	Referencia
A	Tiempo de fermentación	A ₁	4 horas
		A ₂	8 horas
		A ₃	12 horas
B	Dosis de levadura	B ₁	20 ml
		B ₂	40 ml
		B ₃	60 ml



Tratamiento de muestras (A₁, A₂, A₃: tiempo de fermentación y B₁, B₂, B₃: Dosis de levadura)

Muestra de cada tratamiento, 3 repeticiones, se colocaron en un recipiente acondicionado adecuadamente para la fermentación; teniendo en total 27 tratamientos y un testigo, que será una muestra que no recibió ningún tratamiento. Luego se terminó la fermentación de acuerdo a los tiempos establecidos de las muestras 4, 8 y 12 horas de fermentación

4.4. Población, muestra y muestreo

Por su característica de ser un trabajo experimental la población y la muestra fueron todas las unidades experimentales conformadas por la combinación de los niveles de las variables independientes.

El café cerezo, (*C. arábica*) variedad típica fue cosechado en el distrito de San Nicolás; en la asociación de cafetaleros Monte verde, provincia de Rodríguez de Mendoza, región de Amazonas.

Se recolectaron café cerezo al azar, en saco de 50 kg; en cada balde se depositó 2.5 kg de café despulpado por tratamiento.

La unidad experimental estuvo constituida por café cerezo con madurez fisiológica total, es decir que presente principalmente el color rojo intenso del exocarpio, ya que al momento de la cosecha se indicó que sea de manera selectiva en función del color.

4.5. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos

Métodos

El método científico utilizado fue experimental, deductivo porque se realizó la fermentación del café despulpado a diferente tiempo y dosis de levadura con la finalidad de determinar la mejor calificación organoléptica y fisicoquímica del café almendra; para que de esa forma se evalúe el efecto y así determinar cuáles son los parámetros óptimos para la fermentación del café consecuentes de la investigación.

Por lo tanto, con la finalidad de determinar cuáles son las características fisicoquímicas y organolépticas de café (*C. arabica* L.) fermentado a diferentes concentraciones de adición de levadura y tiempos; realizado en el distrito de San Nicolás; se ha diseñado el equipo para la fermentación que fue un prototipo de fermentador donde se controló el ingreso de oxígeno y temperatura que se deben mantener constantes y un orificio con tapa. El diseño estadístico usado para la evaluación de resultados fue una factorial 3A x 3B bajo un diseño completamente al azar (DCA), análisis de varianza y comparaciones de medias para establecer las diferencias entre tratamientos; el proceso de beneficiado del café se llevó a cabo de acuerdo a la ejecución de un flujograma en condiciones de inocuidad

Técnicas e instrumentos

- Selección del campo de cultivo de café
- Diseño del equipo para la fermentación que deberá ser un tanque donde se pueda controlar el ingreso de oxígeno, con controles de temperatura y presión que se deben mantener constantes y un orificio con tapa.
- Diseño estadístico para efectuar la fermentación en base a los tratamientos (Factorial 3A x 3B bajo un diseño completamente al azar (DCA), análisis de varianza y comparaciones de medias para establecer las diferencias entre tratamientos
- Ejecución de un flujograma para beneficio del café en condiciones de inocuidad
- Controles de temperatura, pH, Potencial oxido reducción durante el tiempo de fermentación.
- Evaluación física de café verde
- Evaluación organoléptica de café verde y bebida obtenida en cada tratamiento por un experto catador de café (según NTC 2324)
- Evaluación fisicoquímica de la bebida de mayor cualificación en un laboratorio acreditado

Procedimiento:

El beneficio del café se realizó en función de un diagrama de flujo desarrollado en base a la Norma Técnica Colombiana n° 3314

- **Cosecha:** es la operación inicial en la cual se recolectó el café según el grado de madurez, es decir se cosechó café que presenta madurez fisiológica total, el indicador será el color rojo intenso.
- **Selección:** se efectuó esta operación tecnológica con la finalidad de clasificar las cerezas de café según su tamaño, densidad y grado de madurez, mediante clasificación manual y visual
- **Despulpado:** se realizó para eliminar el exocarpio y tanto como sea posible parte del mesocarpio por medios mecánicos, mediante una despulpadora para café. Nota: Una porción del mesocarpio mucilaginoso suele quedar adherida al endocarpio (pergamino).
- **Fermentación:** se realizó con especial interés ya que en esta operación se basa o fundamenta la investigación. En esta operación se controló la temperatura y el tiempo fermentación, en un tanque diseñado para cumplir función de biodigestor que trabajó a las siguientes condiciones: pH: 7, fermentación aeróbica 80% del tiempo, fermentación anaeróbica 20% del tiempo, eliminación paulatina de gases con N₂ y CO₂, actividad de agua 0.95 – 0.97 y potencial redox: -300 a +300
- **Lavado:** se realizó para eliminar por medio de agua todos los residuos del mesocarpio mucilaginoso adheridos a la superficie del pergamino.
- **Secado del café pergamino:** se efectuó para reducir el contenido de humedad del café pergamino hasta un nivel que permita la trilla en condiciones técnicas satisfactorias, y que no sea perjudicial para el almacenamiento adicional del café; mediante la exposición del café en un secador de bandejas con temperatura a 60°C o uso de los rayos solares.
- **Trilla:** se realizó para eliminar el endocarpio seco del café pergamino para producir café verde; mediante una maquina trilladora.

- **Clasificación:** se realizó operaciones tecnológicas destinadas a eliminar materias extrañas, fragmentos de café y granos defectuosos del café verde; mediante la clasificación visual
- **Envasado:** se efectuó para lograr que se establezca las condiciones de almacenamiento del café, en bolsas de papel, **se realizará según NTC n° 2167 y NTC n° 512**

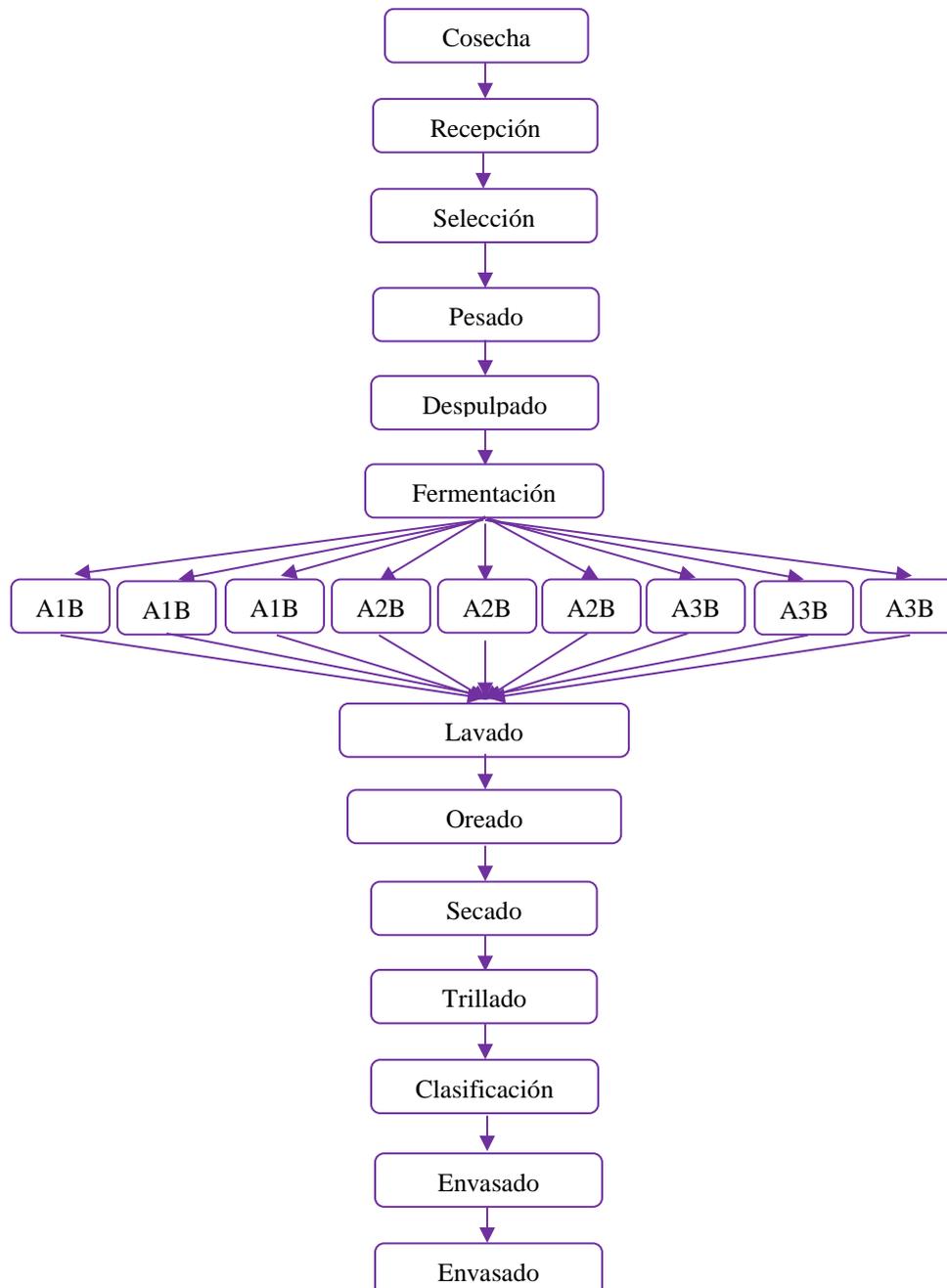


Figura 1. Flujograma para el beneficio del café.

a) Evaluación física de café verde

- Humedad: se utilizaron analizadores de humedad para saber el contenido de humedad del café verde
- Defectos físicos: se realizaron mediante la observación sabiendo que 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.
- Rendimiento: se realizó mediante la evaluación de pesos de entrada y salida después del proceso; ayudados por un balance de materia

b) Evaluación organoléptica de café verde obtenida en cada tratamiento por un experto catador de café

- Examen olfativo de café verde (según NTC 2324)

Se llevó la muestra completa a la nariz tan cerca como sea posible y se olfateó agudamente. Esta prueba se debe realizar antes que cualquier otra, se deben reportar toda la información de la muestra en un formato. Si no se detecta ningún olor extraño o desagradable es "olor natural", si se detecta un olor extraño o desagradable es un "olor anormal", y si es reconocible debe describirse indicando la materia a la cual pertenece o se sugiere que pertenece.

- Examen Visual de café verde (según NTC 2324)

Se esparció la muestra sobre una superficie naranja o negra bajo luz día difusa (no bajo luz solar directa) o bajo luz artificial que asemeje la luz del día. Se examinó la apariencia en general de la muestra, como: su origen botánico, el tipo de café de acuerdo a su procesamiento, el color (azulado, verdoso, blancuzco, amarillento y café) y su uniformidad.

c) Elaboración de café tostado en bebida para la evaluación organoléptica de cada tratamiento por expertos catadores (Según NTC 3566)

Tostado: se estabilizó la tostadora antes de tostar la muestra; verificando que su temperatura se encuentre entre los 180°C y 200°C, se tostarán de 100 g a 300 g cuidadosamente hasta que alcancen un color castaño ligero o mediano, el tiempo de tuestión no debe ser mayor a 12 min ni menor a 8 min.

Inmediatamente se tuesta el café, se vacían los granos en la placa perforada y se introduce aire a presión a través de la cama de granos caliente para ser enfriados.

Molienda y preparación de la muestra de ensayo: se realizó el molido inicialmente 50 g de la muestra y se desecharon, posteriormente se muele toda la muestra, la bebida se preparará durante un máximo de 90 min después de molida.

Porción de ensayo: Según el volumen de agua que se requiera para preparar la bebida, se pesó una cantidad de muestra que corresponda preferiblemente a una razón de $7,0 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ de café por cada 100 cm^3 de agua.

Preparación de la bebida: se colocó en la taza la porción de ensayo, se calentó el agua en el calentador hasta el punto de ebullición, se mide el volumen requerido y se vierte en la taza, se dejó decantar la infusión durante 5 min (se agita el contenido suavemente para contribuir a la sedimentación), se eliminaron los residuos de la superficie de la bebida y se dejó enfriar la bebida hasta una temperatura no mayor de 55°C .

d) Evaluación sensorial

Ureña y Arriego (1999), recomiendan que la evaluación sensorial afectiva se da usando como medida el grado de preferencia. Para las bebidas elaborados en la presente investigación. La prueba fue conducida en una sala de evaluación sensorial. La evaluación se efectuará por un catador especializado.

e) Evaluación fisicoquímica de café tostado

Esta evaluación se realizó a tres mejores tratamientos según la evaluación organoléptica

- Humedad: en una balanza de humedad (AOAC 925.09)
- Ceniza: Mediante el uso de una mufla (AOAC 942.05)
- Fibra cruda: (AOAC 978.10 – Van soest)
- Extracto éter (AOAC 920.39)
- Proteína (AOAC 976.05)

- Extracto libre de nitrógeno (AOAC 923.03)
- pH: método potenciométrico (A.O.A.C, 918.12). pH-metro QUIMIS, modelo Q400MT
- Energía bruta: Bomba calorimétrica

4.6. Análisis de datos

Diseño estadístico para el análisis

Para el análisis sensorial se empleará un diseño completamente al azar con 1 panelistas entrenado, quienes evaluarán la acidez, sabor, aroma, cuerpo defectos en taza.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde: $i = 1, 2, 3$ (Niveles del factor A)

$j = 1, 2, 3$, (Niveles del factor B)

$k = 1, 2, 3$ repeticiones

Y_{ijk} : cuantificación de características físico químicas de las muestras de café verde o bebida, registrada en el i -ésimo tiempo de fermentación; j -ésima dosis de levadura, observado en la k -ésima repetición.

μ : Efecto de la media poblacional

A_i : Efecto del i -ésimo tiempo de fermentación

B_j : Efecto de la j -ésima dosis de levadura

$(AB)_{ij}$: efecto del i -ésimo tiempo de fermentación; j -ésima dosis de levadura

ϵ_{ijk} : efecto del error experimental en el i -ésimo tiempo de fermentación y j -ésima dosis de levadura

Nivel de significación (α): 5% = 0.05

Nivel de confianza ($1-\alpha$): 95% = 0.95

Comparación de medias

Para las diferencias entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Friedman.

V. RESULTADOS

5.1. Evaluación sensorial

Tabla 7. Resultados de la evaluación sensorial

Códigos	T4	T6	T9	T3	T7	TE	T5	T8	T2	T1
Fragancia/aroma	7,75	7,5	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,5
Sabor	7,5	7,25	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,5
Sabor residual	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,75	7,5
Acidez	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,5	7,5
Cuerpo	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,75	7,75	7,75	7,5	7,75
Balance	7,5	7,5	7,75	7,5	7,5	7,75	7,75	7,5	7,5	7,75
Uniformidad	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Dulzor	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Taza limpia	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Punt. Catador	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Total	82,75	82,25	84,0	83,0	83,0	84,0	83,5	83,25	83,25	83,0

En la tabla 9, se muestra los resultados de la evaluación sensorial; donde al realizar la sumatoria de puntuación de las muestras y según recomendación de los catadores los mejores resultados se le otorga al tratamiento 9 (T9) y tratamiento 5 (T5); además de la comparación con el testigo; a pesar que no existe diferencia significativa en el análisis estadístico. (Anexo 3)

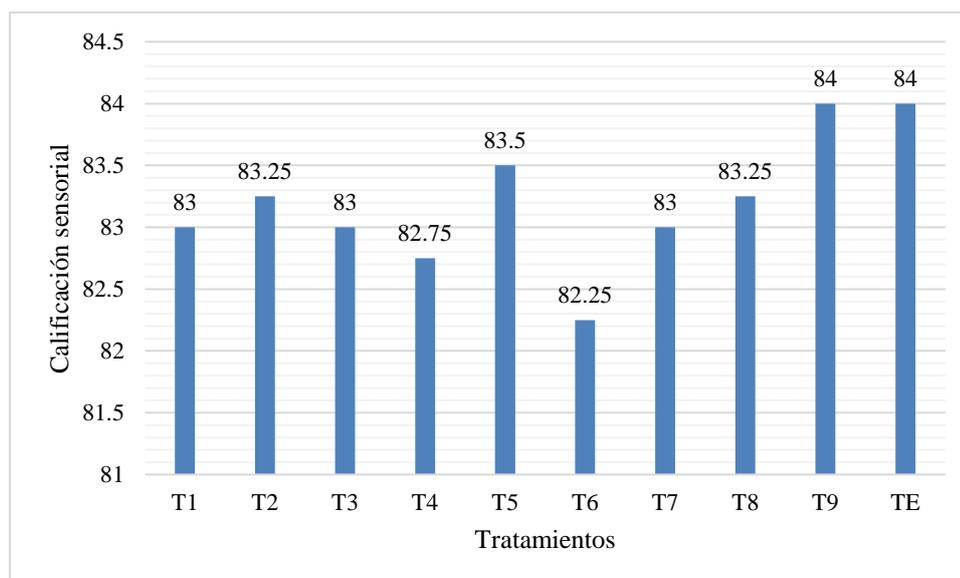


Figura 2. Calificación sensorial de cada tratamiento como café tostado

En la figura 2, se observa la calificación sensorial de cada tratamiento; notándose que la calificación total está en un rango de 83 a 84; según los catadores otorgándole a cada tratamiento y al testigo un perfil sensorial que ayuda a la valoración de cada café; como se detalla a continuación.

Perfiles:

T4: Notas de cereza madura con miel y un final medio

T6: Cáscara de limón con panela y un final corto con notas a tabaco

T9: Mucha caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja, frambuesa

T3: Notas herbales, cuerpo y final áspero

T7: Afrutado, durazno, vainilla, con un toque cereal, cuerpo suave y balance medio

TE: Fragancia a vainilla, con un toque de cereal, cuerpo suave y balance medio

T5: Frutos secos, chocolate bitter, acidez málica con un balance medio

T8: Melaza floral, frutal, acidez a mandarina

T2: Leve cereal, aterciopelado, plano

T1: Herbal, plano, leve metal

5.2. Análisis fisicoquímico del café pergamino

Tabla 8. Resultados promedio de la evaluación física

Tratamientos	Humedad %	Rendimiento %
T1	13,4	71,6
T2	12,9	73,6
T3	13,3	71,3
T4	13,4	72,3
T5	13,4	72,6
T6	13,4	72,0
T7	13,5	73,0
T8	13,3	72,3
T9	13,8	74,0
TE	13,8	73,6

La tabla 8, muestra los valores de humedad y rendimiento del café en cada tratamiento, notándose que la humedad del tratamiento 5, tratamiento 9 y tratamiento testigo registro, 13,4%, 13,8% y 13,8% y el rendimiento 72,6%,

74,0% y 73,6; respectivamente; considerados como los mejores tratamientos por recomendación de los panelistas.

Tabla 9. Resultados de la evaluación química del café tostado

Muestra	Humedad (%)	Ceniza (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Extracto libre de nitrógeno (%)	pH	Energía bruta (kJ/kg)
Muestra TE	3,802	3,498	6,647	20,305	16,345	49,404	4,91	5686
Muestra T5	3,388	3,578	7,727	22,142	16,403	46,762	4,98	5782
Muestra T9	3,683	3,55	7,85	21,293	16,409	47,214	5,01	5794

La tabla 9, muestra la evaluación química del café resultado de los tratamientos T5 y T9; que fueron los mejores tratamientos en la evaluación sensorial; además de la muestra testigo (TE); donde se resalta el pH con 5,01 para el tratamiento 5, lo que indica menor acidez en comparación al testigo

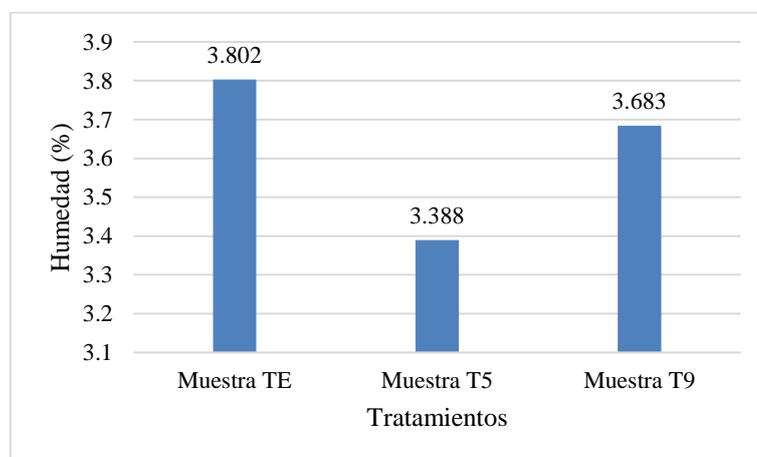


Figura 3. Porcentaje de humedad en el tratamiento testigo (TE), tratamiento 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

En la figura 2, se observa el porcentaje de humedad de las muestras de café tostada; donde resalta el tratamiento 5 (T5) con 3,388; demostrando así que mejores condiciones para el molido.

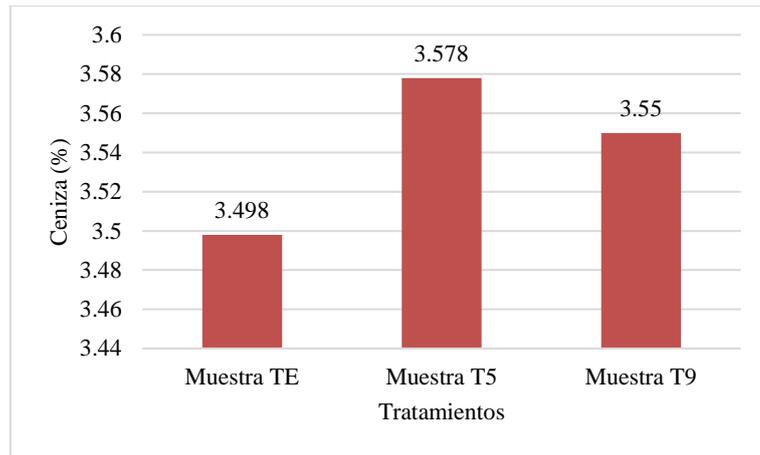


Figura 4. Porcentaje de ceniza en el tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

En la figura 4, se puede observar el porcentaje de ceniza del café tostado y molido oscila entre 3,498 y 3,578.

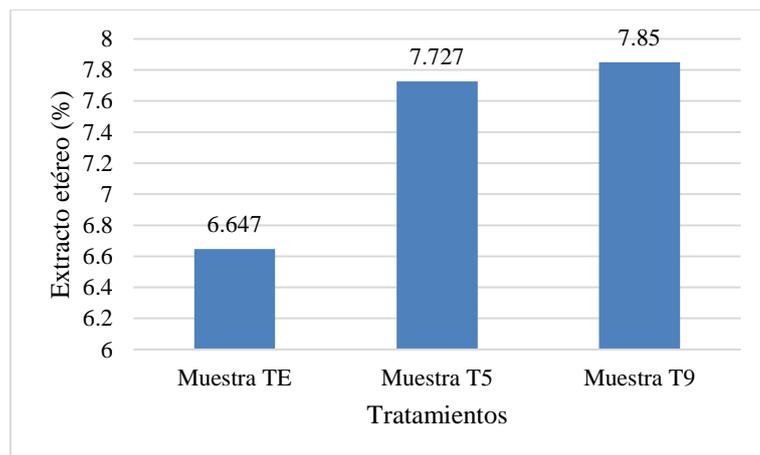


Figura 5. Porcentaje de extracto etéreo en el tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

Según la figura 5; podemos mencionar que el tratamiento 9 (T9), presenta mayor contenido de extracto etéreo con aproximadamente 7,8% en comparación al tratamiento testigo que obtiene alrededor de 6,6%

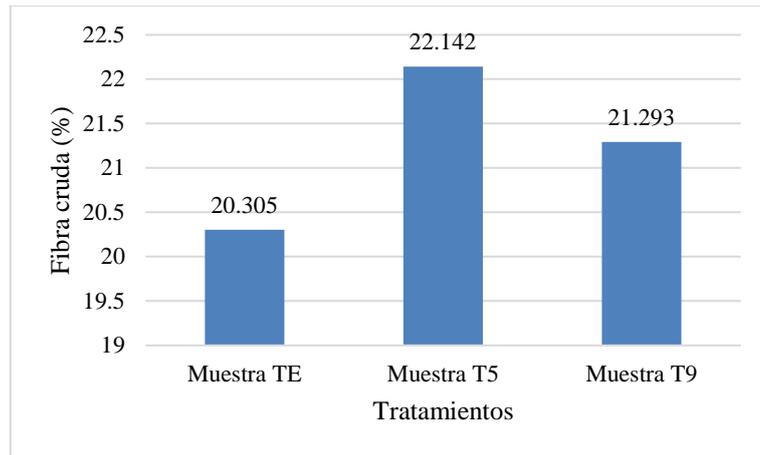


Figura 6. Porcentaje de fibra cruda en tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

De acuerdo a la figura 6, se puede mencionar que en contenido de fibra cruda el tratamiento 5 (T5), presenta mayor concentración de fibra cruda con alrededor de 22,142 %

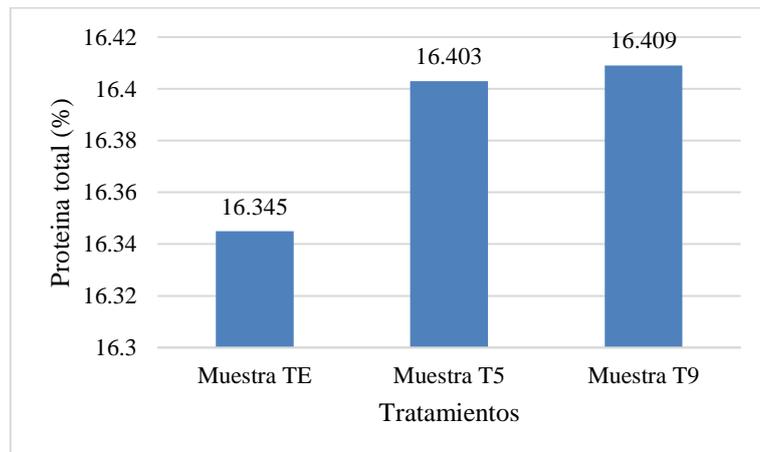


Figura 7. Porcentaje de proteína total en el tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

De acuerdo a la figura 7, los tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado presentan una concentración similar de proteína con alrededor de 16,4 %.

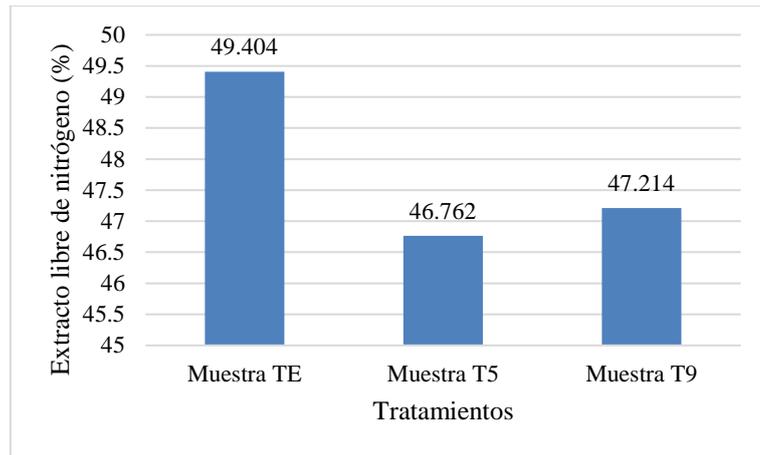


Figura 8. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

En la figura 8, se observa que el tratamiento testigo presenta mayor concentración de extracto libre de nitrógeno con alrededor de 49,404 %.

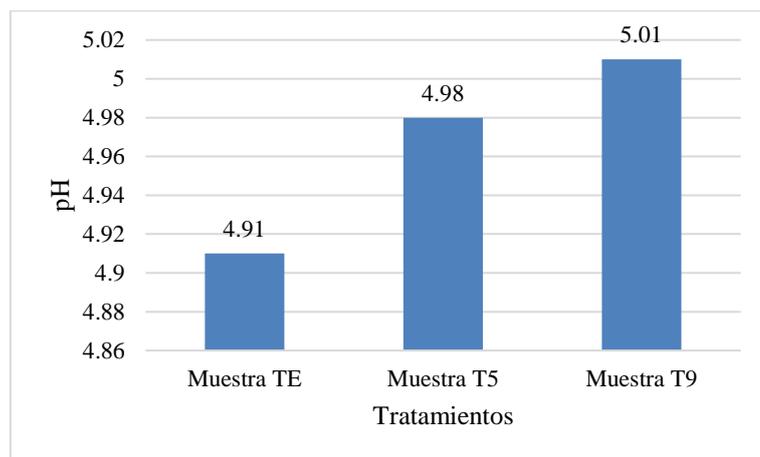


Figura 9. pH en el tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

En la figura 9, se puede ver que el tratamiento 9 (T9), presenta un pH mayor 5,5, lo cual indica la menor acidez menor en relación a los demás tratamientos, lo cual influye en la evaluación sensorial

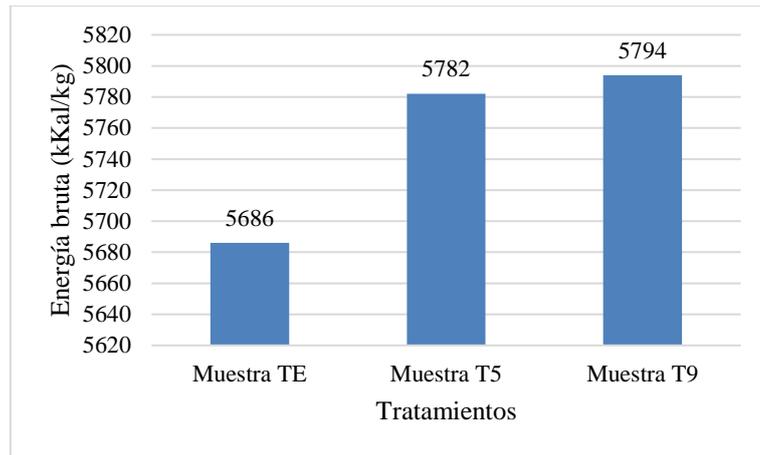


Figura 10. Energía bruta en tratamiento testigo (TE), tratamientos 5 (T5) y Tratamiento 9 (T9) de café tostado

En la figura 10, se muestra la energía bruta, registrando el tratamiento 9 (T9); un valor de 5794 kcal /kg; superior en comparación al tratamiento testigo.

VI. DISCUSION

Se produce el mejor café del mundo mediante la recolección manual de los granos de café rojo, las Civetas alimentadas con esos granos, su posterior digestión, la recogida y lavado de los granos enteros y a medio digerir de las heces (Maitres y profesionales de la sala de Aragón , 2012); según lo mencionado la fermentación del café en el estómago de la Civeta es el fenómeno que posibilitaría la mejora sensorial del café; por esa razón en la investigación la finalidad fue efectuar el proceso de fermentación como punto crítico de control; sin embargo de acuerdo a los resultados no existiría diferencia significativa estadística entre los tratamientos y el testigo; pero cuando se realiza el análisis de caracterización cualitativa emitida por los catadores se encuentra diferentes perfiles, demostrando así la mayor valoración del tratamiento 9; es decir la fermentación por 12 horas con adición de 60 mL de *Saccharomyces sp* activado.

Arcos (2017), realizó una investigación, que permitió diferenciar organolépticamente el café, mediante perfiles a frutas, mayor acidez y por lo tanto mejores puntajes en taza, permitiendo dar mayor valor agregado al café orgánico; 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; con la ventaja que en esta ocasión, se redujo el tiempo de fermentación a 12 horas; en comparación al testigo que de aproximadamente de 24 horas.

Mediante un método directo, no destructivo, para medir la humedad del café durante el proceso de secado solar, en tiempo real, denominado Gravimet, determinándose que la humedad del café debe estar entre el 10% y el 12% (Oliveros, *et al*, 2009). En la investigación, se evidencia que la humedad del café, después de cada tratamiento presento un rango entre 12,9 y 13,8 %; la diferencia se podría atribuir a condiciones específicas del secado como la temperatura y velocidad del aire; sin embargo, se podría considerar dentro del rango porque no existe diferencia significativa estadística.

Se estudió la presencia de microorganismos del mucilago de café como levaduras *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida Rhodotorula*; bacterias como *Lactobacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus* y *Streptococcus*; y algunos hongos cuyo recuento depende de la manipulación de los frutos de café durante la recolección y de las condiciones en que permanecen los granos en el beneficio del café (Rodríguez, 2009); en la investigación se adicionó 60 mL de levadura *Saccharomyces sp* con lo cual podemos asegurar que se logró un mejor proceso de fermentación como lo demuestra los resultados de la evaluación sensorial y la reducción del tiempo de fermentación a 12 horas, permitió tener una mejor valorización en taza según catadores.

el registro durante 80 horas continuas del comportamiento de algunas variables (pH, T° ambiente, Humedad relativa, °Brix) asociadas al proceso de fermentación de café, determinó que el tiempo de fermentación afecta la calidad de la bebida de café (López, y otros, 2015); en la investigación realizada el mejor tratamiento solo fue fermentado por 12 horas; llegando a resultados similares en cuanto a las características sensoriales, se podría explicar esta reducción del tiempo de fermentación por la adición de la levadura *Saccharomyces sp*; que fue básico para consolidar la calidad del café.

Cardenas (2014), evaluó comparativamente el comportamiento del pH a lo largo del tiempo, controlando factores de temperatura, con la finalidad de comparar datos obtenidos en campo y los estudios previos efectuados por CENICAFÉ, por otro lado, se logró determinar el tiempo de duración del proceso para situar el café en un pH ideal de 3,5 teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 20° C y una altura que oscila entre los 1,470 – 1,500 metros sobre el nivel del mar; en la investigación se realizó el proceso de fermentación en el distrito de San Nicolás; que se encuentra a una altitud de 1656 msnm; situación por la cual existiría también diferente proceso de fermentación principalmente en el desarrollo de la biomasa, que finalmente redunda en la calidad del producto fermentado.

VII. CONCLUSIONES

Se determino la existencia de un efecto positivo en la calidad. En la calificación de perfil, se demostró que los mejores atributos son de frutas tropicales, resultando el mejor tratamiento; la fermentación más adición de 60 mL de *Saccharomyces sp* y un tiempo de 12 horas (T9); caracterizado con perfil “Mucha caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja, frambuesa”.

la adición de *Saccharomyces sp* y el control del tiempo en el proceso de fermentación de café, permite realizar un proceso en menor tiempo (12 h) en comparación al proceso tradicional (+80 h) y con características sensoriales similares al café obtenido en proceso tradicional (Testigo); conforme se establece en la prueba estadística (Anexo 3)

El café obtenido en el mejor tratamiento (T9); registro características fisicoquímicas como café almendra humedad 13,8%, rendimiento 74%; y como café tostado humedad 3,683%, ceniza 3,55%, Extracto etéreo 7,85%, fibra cruda 21,293%, proteína 16,409 %, Extracto libre de nitrógeno 47,214%, pH 5,01 y Energía bruta 5794 kJ/kg.

VIII. RECOMENDACIONES

- El café debe presentar madurez organoléptica para ser sometido al beneficio.
- Para el proceso de fermentación se debe controlar la adición de levadura y tiempo de fermentación, el exceso en el tiempo podría ocasionar pérdidas en la calidad sensorial del producto.
- Para el proceso de fermentación se debe utilizar un tanque diseñado de tal forma que se evite el contacto directo con el aire.
- Mantener constante la temperatura para garantizar mejores resultados.
- Se debe controlar con rigurosidad los procesos de envasado y sellado, considerado como un punto crítico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobanco. (2007). *Cultivo del café*. Lima, Perú. Obtenido de www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/039-a-tropicales.pdf
- AOAC. (1990). *Association of Official Analytical Chemists*. Official Methods of Analysis of the AOAC. Washington, USA. 15 th edition.
- Arcos, C. A. (2017). *Monografía: Efecto de la fermentación aerobia del grano despulpado de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito*. Huila - Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia; Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería; .
- Caballero, J. F., & Cruz, F. J. (Setiembre de 2015). *La fermentación y el secado del café*. Chiapas, México: Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias; Centro de investigación regional pacífico sur; .
- Cárdenas, J. P., & Pardo, J. D. (2014). *Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera*. Bogota D.C: Escuela colombiana de Ingeniería Julio Garavito; Programa de Ingeniería industrial.
- Desco, & Programa selva central. (2012). *Producción de cafés especiales - Manual técnico. Herramientas para el desarrollo*, 46. Lima, Perú: Centro de estudios y promoción del desarrollo.
- Días Noruega, A. L., & Perdomo Reyes, A. M. (Noviembre de 2015). *Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (Coffea arabica) del occidente de Honduras*. ZAMORANO, 3.
- Fajardo, I. F., & Sanz, J. R. (2004). *La calidad física y el rendimiento del café en los procesos de beneficio tradicional y beneficio ecológico (Becolsub)*. Cenicafé - Avances técnicos n° 323, 1-8.
- Fellows, P. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y práctica*. Zaragoza - España: Editorial Acribia.
- Goode, W. J., & Hatt, P. K. (1986). *Métodos de Investigación Social* (Décima cuarta edición). México: Ed. Trilla.
- Inei. (2013). *IV Censo nacional agropecuario 2012*. Lima - Perú: Instituto nacional de estadística e informática - Ministerio de agricultura y riego.
- Inei. (mayo de 2017). *Producción de café creció 21,4% en marzo de 2017*. Nota de prensa. Lima, Perú: Instituto nacional de estadística e informática.
- López, C. F., Rojas, P. A., Montaña, L. O., Tovar, E. S., Rojas, Y., Arcos, C. A., . . . Vega, G. A. (2015). *Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación del café y*

su relación con a calidad de taza en el sur de Colombia. Agroecología: ciencia y tecnología, 3(1), 7-12.

- Maitres y profesionales de la sala de Aragón . (04 de abril de 2012). *Del cafetal a tu taza*. Obtenido de Kopi Luwak. *El café más caro del mundo*: http://archivo.maitresdearagon.com/es/index.php?option=com_content&view=article&id=1151&Itemid=137
- Marín, S. M., Arcila, J., Montoya, E. C., & Oliveros, C. E. (2003). *Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características del beneficio, rendimiento y calidad de la bebida*. Cenicafé, 297-315.
- Minagri. (2013). *Situación del mercado del café en grano*. Lima - Perú: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - OEEE - Ministerio de agricultura y riego.
- Misti. (2017). *Cultivo de café*. Lima: Misti- Fertilizantes crecen tus cultivos y tu también. Recuperado el 7 de enero de 2018, de <http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* . México: Limusa S.A. Wiley.
- Oliveros, C. E., Peñuela, A. E., & Jurado, C. J. (2009). *Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método GRAVIMET*. Cenicafé, 8p.
- Ossorio , E., & Rodríguez , D. (1999). *Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC) en la industria de conservas vegetales*. San José - C.R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Agencia Española de Cooperación Internacional.
- Phillipson, A. T. (1981). *Digestión en el rumiante. En: Fisiología de los animales domésticos*. H. H. Dukes y M. J. Swenson (Eds.). México. Aguilar Editor S.A
- Puerta, G. I. (1996). *Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde Coffea arabica, procesado por vía húmeda*. Cenicafé , 231-234.
- Puerta, G. I. (1999). *Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café*. Cenicafé, 78 - 88.
- Puerta, G. I. (2000). *Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie Coffea arabica L*. Cenicafé, 5-19.
- Puerta, G. I. (2000). *Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida* . Cenicafé, 136 - 150.
- Puerta, G. I. (2006). *La humedad controlada del grano preserva la calidad del café*. Avances técnicos cenifafé, 352, 1-8.
- Puerta, G. I. (2010). *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café*. Chinchiná : Cenicafé (Avances técnicos), 12.

- Puerta, G. I. (2011). *Composición química de una taza de café*. Avances técnicos cenicafé, 12.
- Puerta, G. I. (2012). *Factores, procesos y controles en la fermentación del café*. Chinchiná : Cenicafé (Avances Técnicos No. 422), 12.
- Puerta, G. I. (2013). *Cinética química de la fermentación del mucilago de café a temperatura ambiente*. Revista Cenicafé, 64(1), 42 - 59.
- Puerta, G. I. (2015). *Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad*. Avances técnicos Cenicafé, 12.
- Puerta, G. I., Marín, J., & Osorio, G. A. (2012). *Microbiología de la fermentación del mucilago de café según su madurez y selección*. Revista Cenicafé, 63(2), 58 - 78.
- Queirolo, C. (2010). *Promoción del consumo interno de café en el Perú : Lineamientos de estrategia*. Lima - Perú: Escuela de post grado - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ureña, M & Arriego, M. (1999). *Evaluación sensorial de los alimentos, aplicación didáctica*. Facultad de industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú
- Valencia, J., Pinzón, M., & Gutiérrez, R. (Noviembre de 2015). *Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío*. Asociación de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Van Lie, E., & Regueiro, M. (2008). *Digestión en retículo - rumen*. Montevideo - Uruguay: Universidad de la republica - Facultad de agronomía.
- Zambrano, D. A., & Isaza, J. D. (1998). Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. *Cenicafé*, 279-289.

ANEXOS

Anexo 1: Trabajo en campo

DIA 02/02/10

Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Dosis y horas
T1	20 MI + 4 Horas
T2	40 MI + 4 Horas
T3	60 MI + 4 Horas
T4	20 MI + 8 Horas
T5	40 MI + 8 Horas
T6	60 MI + 8 horas
T7	20 MI + 12 Horas
T8	40 MI + 12 Horas
T9	60 MI + 12 horas
TE	

TE: Tratamiento testigo estuvo sometida nomas a control de temperatura 37°C

Manejo y datos del café cerezo sin despulpar

El café cerezo procede de una sola parcela siendo la especie evaluada catimor, el café cerezo presento los siguientes datos antes de ser sometida a tratamientos

pH	BRIX
5.23	16.1

Manejo de los tratamientos entes de ser sometidos a dosis

Cada tratamiento estuvo depositado en un balde de capacidad de 5 litros que hizo las veces de biodigestor, en total fueron 10 baldes. Cada balde contenía 2.5kg de café despulpado.

Activación de la levadura

La levadura fue activada con agua a 37 °C. La cantidad utilizada fue 360 ml de agua y 18 gramos de levadura comercial. Después de estar activada la levadura se procedió agregar a los tratamientos según sus dosis.

Agregado de la dosis de levadura

La dosis de levadura fue agregada con una probeta graduada de 100ml

Manejo de los tratamientos después de agregada la dosis

Fueron depositados para fermentar en un ambiente con control de temperatura a 37°C. Con sus respectivos tratamientos.

A las 4 horas

Tratamientos	pH	Brix
T1	5.02	12.5
T2	4.92	12.0
T3	4.86	11.0

A las 8 horas

Tratamientos	pH	Brix
T4	4.87	11.5
T5	4.74	11.0
T6	4.60	10.7

A las 12 horas

Tratamientos	pH	Brix
T7	4.62	9.5
T8	4.58	8.2
T9	4.40	8.0
TE	4.42	12.5

DIA 03/02/10

Manejo y datos del café cerezo sin despulpar

El café cerezo procede de una sola parcela siendo la especie evaluada catimor, el café cerezo presento los siguientes datos antes de ser sometida a tratamientos

pH	Brix
5.60	16.5

Se siguió los pasos anteriores obtenido

A las 4 horas

Tratamientos	pH	Brix
T1	5.22	13.0
T2	5.24	12.5
T3	5.01	11.3

A las 8 horas

TRATAMIENTOS	pH	Brix
T4	4.94	10.7
T5	4.62	9.8
T6	4.60	9.5

A las 12 horas

TRATAMIENTOS	pH	Brix
T7	4.5	9.0
T8	4.65	8.6
T9	4.52	8.3
TE	4.25	13.0

DIA 04/02/18

Manejo y datos del café cerezo sin despulpar

El café cerezo procede de una sola parcela siendo la especie evaluada catimor, el café cerezo presento los siguientes datos antes de ser sometida a tratamientos

pH	Brix
5.61	17.0

Se siguió los pasos anteriores obtenidos

A las 4 horas

Tratamientos	pH	Brix
T1	5.40	13.3
T2	5.24	12.7
T3	5.25	11.8

A las 8 horas

Tratamientos	pH	Brix
T4	5.05	11.3
T5	4.99	10.8
T6	4.89	9.8

A las 12 horas

Tratamientos	pH	Brix
T7	4.60	9.1
T8	4.62	8.8
T9	4.60	8.3
TE	4.43	13.0

Para el pilado

De las tres repeticiones de cada tratamiento se reunió **T1R1 T1R2 T1R3** en una sola muestra de 300 gramos para luego pasar al pilado y posterior al tostado, cada tratamiento fue unificado como se presenta:

Reunión de tratamientos	Cantidad de muestra tomada
T1R1, T1R2, T1R3	300 Gramos
T2R1, T2R2, T2R3	300 Gramos
T3R1, T3R2, T3R3	300 Gramos
T4R1, T4R2, T4R3	300 Gramos
T5R1, T5R2, T5R3	300 Gramos
T6R1, T6R2, T6R3	300 Gramos
T7R1, T7R2, T7R3	300 Gramos
T8R1, T8R2, T8R3	300 Gramos
T9R1, T9R2, T9R3	300 Gramos
TER1, TER2, TER3	300 Gramos

Al tostado entro 120 gramos de café pilado por muestra siendo la temperatura de tostado inicial 180°C esto es porque el tostador trabaja a esa temperatura. Durante el proceso se tiene un declive de temperatura de 160°C esto es porque el grano entra frio, se obtuvo una temperatura final de 200°C.

El tiempo de tostado debe durar como minutos 8 minutos y como máximo 12 según información recopilada del catador.

Si el café sale a los 8 minutos de tostado ese café se denomina ARREBATADO o ACELERADO. Y si sale a los 12 minutos ese café obtiene un aroma orneado lo cual no es recomendable. Según catador.

Dato: transcurridos 4 minutos ellos dicen el café esta en tapa amarilla, y durante los 7 a 8 da su primer crack de tostado.

Dato: el café deja de hacer sonido a los 1.30 minutos nomas

Las muestras de café que se tostaron. Tuvieron un tiempo de tostado de 9 minutos. Incrementando su tamaño de grano al doble

Para la catación

Una vez tostado el café se deja en reposo de 4 a 24 horas para acentuar sus características organolépticas.

Preparación para la catación.

La catación se da en 5 tazas. Cada taza representa el 20% de cada muestra.

Se utiliza agua neutra o la más próximo al neutro para que no influya en la catacion.

En nuestro caso la cooperativa utiliza agua san Nicolás. Luego se la hace hervir y a 93°C se pone el café tostado y molido se deja baja la temperatura por debajo de los 70°C y se procede a la catación.

Cada taza de catación contiene 150ml de agua y 8.25 gramos de café tostado molido.

Anexo 3. Estudio estadístico

Analysis of Variance Table for Evaluacio

Source	DF	SS	MS	F	P
Temperatu	2	0.26389	0.13194	0.48	0.6530
Tiempo	2	0.51389	0.25694	0.92	0.4675
Error	4	1.11111	0.27778		
Total	8	1.88889			

Grand Mean 83.111 CV 0.63

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	0.12391	0.12391	0.38	0.5828
Remainder	3	0.98720	0.32907		

Friedman Two-Way Nonparametric AOV for Evaluacio = Temperatu Tiempo

Temperatu	Mean Rank	Sample Size
1	1.50	3
2	2.67	3
3	1.83	3

Friedman Statistic, Corrected for Ties 2.3636
P-value, Chi-Squared Approximation 0.3067
Degrees of Freedom 2

Tiempo	Mean Rank	Sample Size
1	2.00	3
2	1.67	3
3	2.33	3

Friedman Statistic, Corrected for Ties 0.8000
P-value, Chi-Squared Approximation 0.6703
Degrees of Freedom 2

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 9 Missing Cases 0

Anexo 4: fotos de la investigación



Fotografía 1. Disposición de los depósitos para la fermentación



Fotografía 2. Disposición de baldes con agua externos para facilitar la salida de los gases de la fermentación



Fotografía 3. Tesista exponiendo los resultados de la fermentación



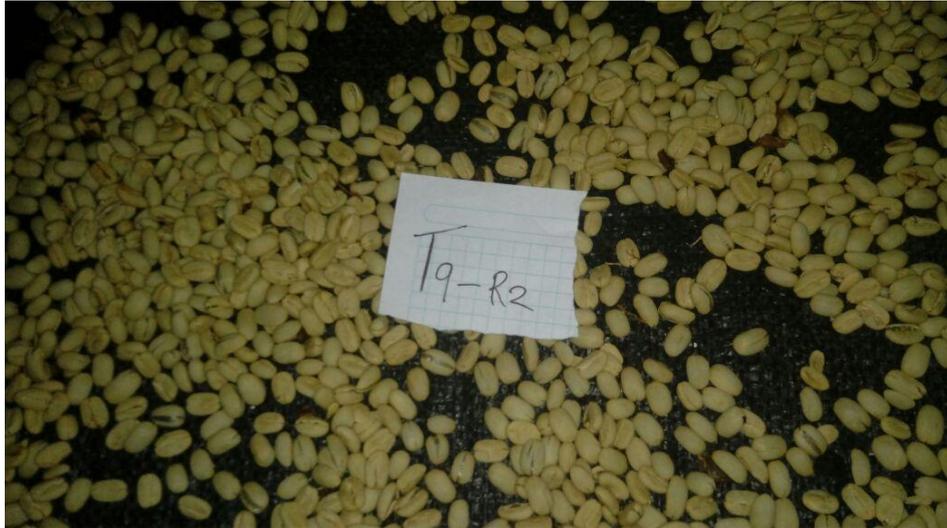
Fotografía 4. Medición del pH de las muestras, durante y al final de la fermentación



Fotografía 5. Pesado de muestras antes de someter al proceso de fermentación.



Fotografía 6. Muestra al tratamiento en el proceso de secado.



Fotografía 7. Muestra al tratamiento en proceso de secado con su respectiva codificación.



Fotografía 8. Secado de tratamientos en canastas bajo carpa solar.



Fotografía 9. Muestra al tratamiento después del proceso de fermentación.