



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DEL USO DE *Saccharomyces cerevisiae* BAJO  
CONDICIONES FERMENTATIVAS EN LA CALIDAD DE  
TAZA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL CANTÓN LOJA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Autor:** Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus.

**Director:** Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg. Sc.

**Loja – Ecuador**

**2021**

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc.  
**DIRECTORA DE TESIS**

### CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: “**Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.) en el cantón Loja**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la señorita egresada: **Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus**, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido por la carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de Directora de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.

Loja, 02 de febrero del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**NOHEMI DEL  
CARMEN JUMBO  
BENITEZ**

.....  
Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez

**DIRECTORA DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: “**Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.) en el cantón Loja**”, de la autoría de la señorita: Marjorie Lizbeth Martínez Cumbicus. egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, se le ha manifestado a la postulante realizar ciertos cambios que mejoren la presentación del trabajo de investigación.

Así mismo, luego de verificar que las correcciones han sido incluidas en el trabajo de investigación y al estar acorde a los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, el Tribunal de Grado procede a la aprobación y calificación del presente trabajo de tesis, y se autoriza a la señorita egresada a continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 11 de mayo del 2021



Firmado electrónicamente por:

**MAX ENRIQUE  
ENCALADA  
CORDOVA**

PhD. Max Enrique Encalada Córdova  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:

**SANTIAGO  
CRISTOBAL VASQUEZ  
MATUTE**

PhD. Santiago Cristóbal Vásquez Matute.  
**VOCAL**



Firmado electrónicamente por:

**ANGEL ROLANDO  
ROBLES CARRION**

PhD. Ángel Rolando Robles Carrión  
**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus, declaro ser la autora del presente TRABAJO DE TESIS y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:  
MARJORIE LIZBETH  
MARTINEZ CUMBICUS

**Firma:**

**Autor:** Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus

**Cédula:** 1104120124

**Fecha:** Loja, 11 de mayo de 2021

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus**, declaro ser la autora de la tesis titulada “**Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.) en el cantón Loja**” como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, por lo que autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la publicación intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden hacer uso de este trabajo investigativo en las redes de información del país (RID) y del exterior, con las que mantenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio de dicha tesis que realice una tercera persona.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los doce días del mes de mayo del dos mil veinte y uno, firma el autor:



Firmado electrónicamente por:  
**MARJORIE LIZBETH  
MARTINEZ CUMBICUS**

**Firma:**

**Autor:** Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus

**Número de cédula:** 1104120124

**Dirección:** Loja, Barrio San José Alto, calles Francisco Arias y Luis Arroyo esquina.

**Correo electrónico:** marjorie.martinez@unl.edu.ec

**Celular:** 0999622244

### DATOS COMPLEMENTARIOS

**Director de tesis:** Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc.

#### Tribunal de grado:

PhD. Max Enrique Encalada Córdova.

**Presidente**

PhD. Santiago Cristóbal Vásquez Matute.

**Vocal**

PhD Ángel Rolando Robles Carrión.

**Vocal**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios y a la Virgen María por haberme permitido tener salud y vida para poder culminar mis estudios universitarios. A mis padres Maritza Cumbicus y Alfonso Martinez por ser siempre el gran apoyo moral, espiritual y motivacional que recibí a lo largo de toda mi vida estudiantil. Agradezco también a mis hermanos Dayana Anaela, Sheyla Valentina y Nixon Fabián; a mi abuelita Micelia Ramón por sus palabras de aliento y motivación.

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de manera especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica, por abrirme sus puertas y por permitirme formar parte de ella; a su personal docente, quienes me han guiado durante el desarrollo de mis estudios universitarios.

Quiero agradecer de manera especial al Departamento de Producción de la Prefectura de Loja especialmente al Ing. Jorge Burneo, Ing. Carlos Orellana e Ing. Dario Valarezo por su acogida dentro del proyecto. Al Ing. Xavier Rentería y su padre, Ing. Lenin Gonzáles e Ing. Manuel Romero por su acogida dentro de las fincas, su predisposición y apoyo constante para desarrollar la fase de campo.

Mi sincero agradecimiento a mi directora de tesis la Ing. Nohemí Jumbo Benítez Mg. Sc., por su amistad, paciencia, dirección y revisión del presente trabajo. De igual forma a la Dra. Marina Mazón por su ayuda, motivación y gentileza para la culminación de este trabajo.

*Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus*

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño y respeto a mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más y demostrarme que con perseverancia y sacrificio sí se cumplen los sueños. Dedico esta tesis a mi esposo Galo y a toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento me acompañaron de una u otra forma en todos mis sueños y metas. Finalmente quiero dedicar esta tesis a Dios y mi madre del cielo la Virgen María quienes me han dado la sabiduría necesaria para poder culminar carrera universitaria.

*Marjorie Lizbeth Martinez Cumbicus*

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIV
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo General.....	3
1.2. Objetivos Específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Generalidades del café.....	4
2.2. Características botánicas del café .....	4
2.2.1. El fruto del café.....	5
2.3. El café en Ecuador .....	5
2.4. Requerimientos climáticos y edáficos de café arábigo .....	6
2.5. Cosecha del café .....	6
2.6. Poscosecha del café.....	7
2.7. Proceso del Beneficio por la vía húmeda de café .....	7
2.7.1. Despulpado. ....	7
2.7.2. Fermentado. ....	8

2.7.2.1.	Factores de la fermentación del café.....	8
2.7.2.2.	Tiempo de fermentación del café.....	9
2.7.2.3.	Sistemas de fermentación del café.....	9
2.7.2.4.	Acción de levaduras.....	9
2.7.3.	Lavado.....	10
2.7.4.	El secado.....	10
2.7.5.	El trillado.....	11
2.8.	Olores del mucílago durante las fermentaciones controladas del café.....	11
2.9.	El café de especialidad.....	12
2.10.	Características organolépticas que se evalúan en la calidad de taza.....	14
2.11.	Estudios sobre poscosecha y fermentación en café.....	15
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1.	Área de estudio.....	17
3.2.	Diseño Experimental.....	18
3.3.	Metodología.....	19
3.3.1.	Metodología para el primer objetivo.....	20
3.3.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	21
3.3.3.	Metodología para el nivel de calidad de la taza del café.....	23
3.4.	Análisis Estadístico.....	27
4.	RESULTADOS.....	28
4.1.	Comportamiento del pH en el tiempo de fermentación.....	28
4.2.	Comportamiento de los °Bx durante el tiempo de fermentación.....	30
4.3.	Secado del café.....	31
4.4.	Nivel de calidad de la taza del café.....	33
4.5.	Notas especiales del café.....	35
4.6.	Defectos primarios y secundarios del café.....	36
5.	DISCUSIÓN.....	38
5.1.	Comportamiento del pH en el tiempo de fermentación.....	38

5.2.	Comportamiento de los °Bx durante el tiempo de fermentación.....	39
5.3.	Secado del café .....	41
5.4.	Nivel de calidad de la taza del café.....	42
5.5.	Notas especiales del café .....	44
5.6.	Defectos primarios y secundarios del café.....	45
6.	CONCLUSIONES .....	46
7.	RECOMENDACIONES.....	47
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
9.	ANEXOS .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Olores del mucílago de café en distintos tipos de fermentaciones controladas a 20 °C, y a distintos tiempos de fermentado obtenido de Puerta (2010).....	12
<b>Tabla 2.</b> Ubicación geográfica de las fincas de estudio. ....	17
<b>Tabla 3.</b> Detalle de los tratamientos del DCA con arreglo bifactorial establecido para el análisis de variables. ....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura del fruto del café, obtenido de Pasín 2015.....	5
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de las fincas.....	17
<b>Figura 3.</b> Flujo de operaciones del beneficio vía húmeda hasta la obtención de café molido.....	25
<b>Figura 4.</b> Flujo de operaciones del beneficio vía natural hasta la obtención de café molido. ....	26
<b>Figura 5.</b> Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “Nuestro Refugio”.....	28
<b>Figura 6.</b> Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “Doña Julita”.....	29
<b>Figura 7.</b> Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “El Ahuacate”. ....	29
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “Nuestro Refugio”.....	30
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “Doña Julita”......	31
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “El Ahuacate”. ....	31
<b>Figura 11.</b> Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “Nuestro Refugio”.....	32
<b>Figura 12.</b> Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “Doña Julia”. 32	
<b>Figura 13.</b> Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “El Ahuacate”. .....	33
<b>Figura 14.</b> Calificaciones del análisis sensorial del café bajo diferentes procesos de fermentación. ....	34
<b>Figura 15.</b> Descriptores encontrados en el análisis sensorial del café.....	35
<b>Figura 16.</b> Defectos primarios y secundarios del café en la finca “Nuestro Refugio”. ....	36
<b>Figura 17.</b> Defectos primarios y secundarios del café en la finca “Doña Julita”. ....	37
<b>Figura 18.</b> Defectos primarios y secundarios del café en la finca “El Ahuacate”. ....	37
<b>Figura 19.</b> Medición de los grados Brix .....	55
<b>Figura 21.</b> Aplicación de la levadura. ....	55
<b>Figura 23.</b> Tratamientos bajo sombra .....	56
<b>Figura 25.</b> Medición de la temperatura del grano.....	56
<b>Figura 26.</b> Medición de la humedad del grano. ....	56
<b>Figura 27.</b> Tesista con el Ing. Carlos Orellana, tomando mediciones de secado.....	56

<b>Figura 28.</b> Café tostado.....	57
<b>Figura 30.</b> Café con molido medio .....	57
<b>Figura 32.</b> Proceso para romper la taza.....	57
<b>Figura 33.</b> Tesista observando el café tostado.....	57
<b>Figura 34.</b> Catadores, tesista y directora de tesis.....	57
<b>Figura 35:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca “Nuestro Refugio”. .....	70
<b>Figura 36:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T4), en la finca “Nuestro Refugio”. .....	70
<b>Figura 37:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “Nuestro Refugio”. .....	71
<b>Figura 38:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca “Doña Julita”.....	71
<b>Figura 39:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T4), en la finca “Doña Julita”. .....	72
<b>Figura 40:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “Doña Julita”. .....	72
<b>Figura 41:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca “El Ahuacate”. .....	73
<b>Figura 42:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T5), en la finca “El Ahuacate”. .....	73
<b>Figura 43:</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “El Ahuacate”. .....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Evidencias fotográficas de campo.....	55
<b>Anexo 2.</b> Evidencias fotográficas de laboratorio.....	57
<b>Anexo 3.</b> Clasificación de los defectos físicos del café según SCAA.....	58
<b>Anexo 4.</b> Formato de evaluación sensorial de atributos según SCAA, de ambos catadores.....	59
<b>Anexo 5.</b> Formato del análisis físico y sensorial .....	61
<b>Anexo 6.</b> Datos registrados de las variables durante el proceso de fermentación en cada finca..	62
<b>Anexo 7.</b> Datos registrados de pH y grados Brix durante el tiempo de fermentación .....	64
<b>Anexo 8.</b> ANOVA del nivel de calidad de la taza de café .....	69
<b>Anexo 9.</b> Gráficos de arañas o radial que muestran puntuaciones de los atributos de la calidad de taza de los mejores tratamientos y el testigo.....	70

**EFECTO DEL USO DE *Saccharomyces cerevisiae* BAJO  
CONDICIONES FERMENTATIVAS EN LA CALIDAD DE TAZA  
DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL CANTÓN LOJA**

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en fincas cafetaleras ubicadas en Malacatos, Vilcabamba y Loja (Ecuador), cuyo objetivo fue determinar el efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.). Se evaluó el comportamiento de 20 ml de *Saccharomyces cerevisiae* comercial en la fermentación aeróbica y anaeróbica del café con beneficiado natural y lavado, para ello se utilizó variedades diferentes de café en cada finca, variedad Colombia en la finca “El Aguacate, Híbrido de Nestlé en la finca “Nuestro Refugio” y en “Doña Julita” se empleó la variedad Bourbón. En cada tipo de fermentación se midió el pH y los grados Brix (°Bx) inicial, intermedio y final en función del tiempo; el café fue secado en marquesinas previo a exposición directa con el sol para evitar la proliferación de hongos. Además, se realizó un análisis sensorial con dos catadores certificados quienes evaluaron las características organolépticas del café: fragancia/aroma, sabor, cuerpo, acidez, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador; así como se determinó los defectos primarios y secundarios. Los resultados indican que la disminución del pH y los °Bx dependen de las condiciones climáticas del lugar, la variedad, el tiempo y tipo de fermentación. La adición de *Sacharomyces cerevisiae* influyó significativamente en los puntajes de calidad de taza dentro de cada finca, catalogándolos como cafés especiales. El Híbrido de Nestlé ubicada entre 1 950 a 2 060 m s.n.m obtuvo un puntaje de 87,86 en una fermentación aeróbica con café natural, Bourbón que se ubica a 1 593 m s.n.m fue puntuado con 86,63 en una fermentación aeróbica con café natural y Colombia el mejor puntaje fue 86,75 con una fermentación anaeróbica en café natural.

**Palabras clave:** *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación aeróbica, fermentación anaeróbica, secado, tueste medio, catación.

## ABSTRACT

The research was carried out in coffee farms located in Malacatos, Vilcabamba and Loja (Ecuador), with the objective of determining the effect of the use of *Saccharomyces cerevisiae* under fermentative conditions on the cup quality of coffee (*Coffea arabica* L.). The behavior of 20 ml of commercial *Saccharomyces cerevisiae* in the aerobic and anaerobic fermentation of coffee with natural and washed processing was evaluated, using different varieties of coffee in each farm, Colombia variety in the farm "El Aguacate", Nestlé Hybrid in the farm "Nuestro Refugio" and in "Doña Julita" the Bourbon variety was used. In each type of fermentation, the initial, intermediate and final pH and Brix degrees (°Bx) were measured as a function of time; the coffee was dried in canopies prior to direct exposure to the sun to avoid the proliferation of fungi. In addition, a sensory analysis was carried out with two certified tasters who evaluated the organoleptic characteristics of the coffee: fragrance/aroma, flavor, body, acidity, uniformity, clean cup, and cupper's score; as well as determining the primary and secondary defects. The results indicate that the decrease in pH and °Bx depend on the climatic conditions of the location, variety, time and type of fermentation. The addition of *Sacharomyces cerevisiae* significantly influenced cup quality scores within each farm, categorizing them as specialty coffees. The Nestlé Hybrid located between 1 950 and 2 060 msnm obtained a score of 87.86 in an aerobic fermentation with natural coffee, Bourbon located at 1 593 msnm was scored with 86.63 in an aerobic fermentation with natural coffee and Colombia the best score was 86.75 with an anaerobic fermentation in natural coffee.

**Key words:** *Saccharomyces cerevisiae*, aerobic fermentation, anaerobic fermentation, drying, medium roasting, tasting.

## 1. INTRODUCCIÓN

El café tiene un gran impacto económico en el mundo, al ser considerada la segunda bebida más consumida después del agua (Ramírez, 2010). El café (*Coffea arabica* L) es un cultivo que pertenece a la familia botánica Rubiaceae y el género que engloba al cultivo de café es el *Coffea* con 103 especies, siendo los más utilizados para la producción de la bebida de café: *Coffea arabica* L (café arábigo), *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) y *Coffea liberica* Hiern (café liberica) (Davis *et al.*, 2006).

Desde 1860 se cultiva café en el Ecuador especialmente: café arábigo y robusta. Las tecnologías de producción generadas y validadas han permitido elevar la productividad a 3 t/ha en arábigo y 5 t/ha en robusta, datos a nivel de fincas de alto rendimiento. Sin embargo, el mayor problema que enfrenta la caficultura ecuatoriana es la baja productividad nacional, con una producción promedio de 270 kg/ha (Ponce *et al.*, 2018). Este problema nacional es ocasionado por prevalencia de cafetales viejos, baja producción, limitada asistencia técnica y capacitación a los productores e insuficientes conocimientos tecnológicos dentro de la poscosecha (Carrasco, 2017).

Según Puerta (2015), en el proceso poscosecha existe un gran problema que no puede ser controlado especialmente en la fermentación, lavado y secado lo que ocasiona defectos, falta de consistencia en la calidad del producto, pérdidas económicas para los caficultores y desaprovechamiento de mercados. Además, otro problema es el uso de agua de mala calidad, lo que puede generar una baja calidad de taza (Rodríguez, 2009).

La fermentación es un proceso que ha sido utilizado en los diferentes alimentos para generar cambios organolépticos como lo son fragancia, aroma, sabor, cuerpo y uniformidad. Por tal razón, la industria cafetalera ha incorporado la fermentación en el proceso de beneficiado, que es el proceso de transformación del café y existen diversos tipos, en esta investigación nos centraremos en el beneficiado natural y por vía húmeda (Puerta, 2012).

Duicela *et al.* (2017) manifiesta que a través del beneficiado por vía húmeda se obtiene café de especialidad; pero no es recomendable para zonas muy lluviosas, en las que la humedad

atmosférica es demasiado elevada ya que el café es propicio para el ataque de hongos y bacterias (Valarezo, 2017). También, Puerta *et al*, (2015) en sus estudios han detectado en mayor frecuencia los defectos de brocado, fermentado, reposado y contaminado.

A lo largo de la historia se han desarrollado investigaciones enfocadas en la fermentación y se ha pasado de una fermentación tradicional a una fermentación controlada, lo que permite obtener bebidas de calidad superior con sabores y aromas muy peculiares que agregan valor y permiten establecer una calidad constante en el producto (Puerta *et al.*, 2015).

En el proceso de fermentación natural de un grano de café se obtiene la formación de ácidos, ésteres, alcoholes y cetonas. Estos compuestos son el resultado de la degradación de proteínas, lípidos, azúcares y ácidos en los cuales intervienen levaduras, hongos y bacterias presentes en el mucílago con ayuda de enzimas generando diferentes reacciones bioquímicas (Chávez *et al.*, 2009). Las levaduras se encuentran entre los microorganismos aislados con mayor frecuencia, pero se dispone de información limitada sobre su efecto en el desarrollo de las características sensoriales del café (Evangelista *et al.*, 2014).

La diversidad de levaduras que participan en la fermentación son de los géneros *Candida*, *Hanseniaspora*, *Pichia* y *Saccharomyces*. Durante la fermentación se producen cambios en el mucílago que también se reflejan en el endospermo, donde se producen altas concentraciones de metabolitos de origen microbiano como: ácido acético, etanol, glicerol, ácido láctico y manitol. (Bruyn *et al.*, 2017). Se debe señalar que actualmente no existe información de cómo las levaduras en diferentes tipos de fermentación afectan en las características organolépticas del café. En vista de lo anteriormente expuesto, la presente investigación pretende obtener información relevante para los caficultores de la provincia de Loja y los amantes del café, por ello se planteó los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo General**

Determinar el efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.) en el cantón Loja.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Evaluar el efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en diferentes tipos de beneficio y fermentado de café (*Coffea arabica* L.) y su incidencia en la calidad de taza.
- ✓ Determinar la calidad de taza del café en los diferentes tipos de fermentación.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del café

Pedrajas (2014) manifiesta que las plantas de café son arbustos nativos de Etiopía, pertenecientes a la familia Rubiaceae del género *Coffea*. Además, Castro *et al.* (2004) y Farah y Ferreira (2015) manifiestan que en el género *Coffea* se incluyen aproximadamente 90 especies de las cuales solo dos tienen importancia comercial: *Coffea arabica* llamado café arábigo y *Coffea canephora* que se lo conoce como café robusta.

### 2.2. Características botánicas del café

La planta del café presenta una raíz cónica y pivotante que puede llegar hasta los 60 cm de profundidad (Pedrajas, 2014). Además, de la raíz principal se derivan dos tipos de raíces de segundo orden: las raíces de sostén o axiales, las cuales son profundas, y las raíces laterales, en donde crecen las raicillas encargadas del intercambio de nutrientes con el suelo; comprendiendo estas últimas el 80% del sistema radical, están a una profundidad de 0,30 m y un radio de 2,5 m alrededor del tronco de la planta (Alvarado *et al.*, 2004).

Las plantas de café poseen tronco recto y liso con ramas flexibles y finas, pueden llegar hasta los 12 m de altura mientras que en las plantaciones con fines de recolección son podados entre los 2 y 4 m de altura (Sánchez, 2005). Además, las hojas son perennes, duras y lanceoladas que según la variedad su tono de color varía en una gama que va del verde amarillento hasta el verde oscuro manteniendo un color brillante todo el año (Pedrajas, 2014).

En las axilas de las hojas se forman flores en grupos de cuatro y de color blanco, un solo ovario y cinco estambres en la unión de los pétalos (Romero, 2012). También, Monroing (2005), indica que la flor es de una gran belleza, de color blanco y de forma parecida a la del jazmín, incluso en su olor y fragancia, aunque de una vida muy corta ya que a los tres días de florecer deja paso al fruto.

### 2.2.1. El fruto del café.

El fruto del café tiene una gran semejanza con una cereza pequeña. Al principio de su formación es de color verde y durante los ocho u once meses siguientes según la especie y la zona de cultivo a lo largo de su maduración va pasando por distintas tonalidades de color, que van desde el amarillo pálido al rojo brillante, que es el momento en que alcanza su pleno grado de madurez, estando entonces el grano listo para su recolección (Pedrajas, 2014).

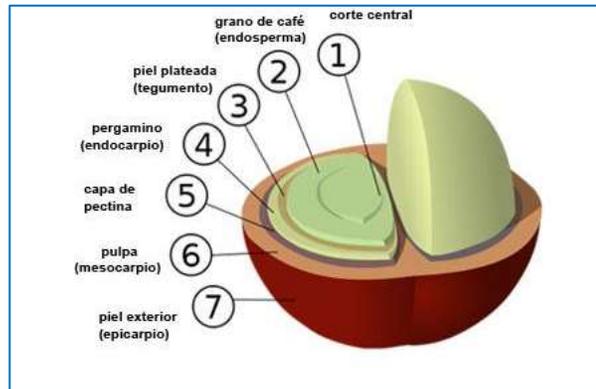


Figura 1. Estructura del fruto del café, obtenido de Pasin 2015.

Así mismo, Sánchez (2005) manifiesta que el café madura en 28 semanas después de la floración, con forma elíptica y con 1,5 cm de largo, y está formado por epicarpio o piel, mesocarpio o pulpa, endocarpio o pergamino y dos semillas (Figura 1). Botánicamente es una cereza, en cuyo interior hay dos semillas separadas por un surco y rodeadas de pulpa amarilla, estos son los granos de café, protegidos a su vez por una película plateada y, sobre esta, un tegumento fino amarillo o pergamino. Por tanto, el café suele dar su primer fruto entre los tres y los cinco años de vida, y ofrece un rendimiento de entre 400 gr y 2,2 kg al año, durante un período de vida variable entre 30 a 50 años (Monroing, 2005).

### 2.3. El café en Ecuador

Según INIAP (2014), el Ecuador es un país que tiene una gran capacidad como productor de café, siendo uno de los pocos países en el mundo que exporta los diferentes tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta; esto se debe a la ubicación geográfica siendo el mejor producido en América del Sur y de los más demandados en Europa y Estados Unidos. Así

también, Puerta (2012), manifiesta que las principales variedades arábicas son: Typica, Bourbon, Caturra rojo, Caturra amarillo, Catuaí rojo, Catuaí amarillo, Pacas, Catimor, Cavimor y Sarchimor.

La diferente producción de café se ubica en Loja, El Oro, Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha e Imbabura. Todas estas zonas son representativas de las condiciones climáticas favorables para la producción de café arábigo (Cumbicus y Jiménez, 2012).

#### **2.4. Requerimientos climáticos y edáficos de café arábigo**

**Altitud:** 15 000 - 1 800 m s.n.m.

**Temperatura:** 18 a 21 °C

**Precipitación:** 1 200 – 1 800 mm

**Humedad:** 70 a 95 %.

**Suelo:** Franco arcilloso, franco arenoso o franco limoso.

**pH:** 5,6 a 6,5 (INIAP, 2018).

#### **2.5. Cosecha del café**

Diversas actividades se realizan dentro de esta fase: cosecha, acopio y boyado. La primera es la acción de recolectar los frutos maduros o cerezas, se lo realiza selectivamente con los dedos, evitando la destrucción de las yemas ubicadas en los nudos de las ramas. Además, no se debe cosechar los granos verdes o inmaduros porque se rompen en la despulpadora causando granos mordidos y la manifestación de sabores astringentes en la bebida. Esta acción se realiza dos o tres veces depende del estado de madurez de los frutos (Romero, 2012).

Por otra parte, en el acopio se transporta el café cosechado en sacos al lugar donde se procederá al beneficio del café; los cuales deben colocarse en lugares frescos, evitando la exposición al sol y sin amontonarlos, porque se provocan manchas en el pergamino dando una bebida de inferior calidad. Finalmente, el boyado es una práctica recomendada antes del despulpado del

café cereza y consiste en sumergir las cerezas en un recipiente con agua (tanque de cemento, tanques o tinas de plástico) para eliminar los frutos vanos o inmaduros que flotan, las hojas, pedazos de palos o cualquier otra materia extraña (Romero, 2012).

## **2.6. Poscosecha del café**

En la actualidad aún existen fallas en el control de los procesos del café, particularmente en la fermentación, lavado y secado, lo cual ocasiona defectos y falta de consistencia en la calidad del producto, pérdidas económicas para los caficultores y se desaprovecha el mercado. En investigaciones realizadas en análisis de calidad del café en bodega se han detectado en mayor frecuencia los defectos brocado, fermentado, reposado y contaminado (Puerta *et al*, 2015).

Existen varios tipos de beneficio que se realizan con el café cosechado son: beneficio natural, beneficio por vía húmeda y beneficio honey.

## **2.7. Proceso del Beneficio por la vía húmeda de café**

El método de beneficio por la vía húmeda es un proceso de transformación del café cereza maduro, que involucra el boyado, el despulpado, la fermentación y el lavado para obtener el café pergamino húmedo, que luego del secado y trillado da como producto final el café lavado (Zambrano *et al.*, 2016).

### **2.7.1. Despulpado.**

Consiste en separar la pulpa del grano de café, para ello se utiliza una máquina despulpadora. Se debe calibrar bien la máquina para evitar daños en los granos (Castillo, 2015). Para facilitar esta labor se debe usar la cereza en su estado óptimo de maduración (jugosa) lo que permite realizar este proceso sin agua. Como consecuencia de un mal funcionamiento de la despulpadora, el café presenta granos: mordidos, trillados, aplastados, parcialmente despulpados y enteros. Los granos dañados son considerados como defectos en el análisis de caracterización física, además provocan sabores a fermento, mohoso, sucio, tierra y agrio (Duicela, 2016).

### 2.7.2. Fermentado.

Según Puerta (2010), la fermentación es un proceso metabólico de las levaduras y de varias bacterias que transforman compuestos químicos orgánicos principalmente en azúcares y en otras sustancias orgánicas más simples como: etanol, ácido láctico y ácido butírico.

Luego del despulpado, aún permanece una capa gelatinosa pegada al grano llamada mucílago. Para retirarla, es necesario que pase el grano por un proceso de descomposición del mucílago (fermentación), que requiere ciertos cuidados (Castillo, 2015):

- ✓ Utilizar tanques, tinas o cajones limpios.
- ✓ Emplear agua pura y limpia.
- ✓ Controlar la temperatura y tiempo de fermentación, por lo general dura de 12 a 20 horas.

Para verificar si la fermentación llegó a su fin, se introduce un palo en una tina el cual debe salir limpio. El mucílago ya descompuesto se disuelve en agua y se elimina por medio del lavado. Una fermentación incompleta ocasiona problemas como: dificultad en el lavado, secado demorado y el mucílago que queda adherido a la ranura del grano favorece el desarrollo de hongos durante el almacenamiento. En cambio, cuando existe una sobre-fermentación, se produce consecuencias como: pérdida de peso en el café, pergamino manchado y granos defectuosos dando como resultado una bebida de mala calidad con sabores avinagrados, picantes y desabridos (Duicela, 2016).

2.7.2.1. *Factores de la fermentación del café.* Según Puerta (2010), la velocidad y la clase de productos generados en la fermentación del café dependen de factores como: la temperatura externa, el tipo de sistema de fermentación, el tiempo de proceso, el tipo de beneficio, la calidad del café en baba, la acidez del sustrato, la disponibilidad de oxígeno y la higiene. Por otra parte, Oliveros *et al.* (2009), señalan que durante la fermentación se debe controlar factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos son: pH, °Bx y

temperatura, mientras que los factores extrínsecos son: temperatura ambiente y humedad relativa.

2.7.2.2. *Tiempo de fermentación del café.* Es la variable que el caficultor puede fijar dentro de un rango para diferenciar la calidad de su café, de esta manera puede decidir según el sistema de fermentación, las características a acentuar en su café y darle valor agregado (Puerta, 2010).

2.7.2.3. *Sistemas de fermentación del café.* Dentro de los sistemas de fermentación se puede encontrar: fermentaciones sólidas, fermentaciones sumergidas, fermentaciones abiertas y fermentaciones cerradas (Puerta, 2010).

Los sistemas de fermentaciones sólidas son aquellos en los que el café despulpado se deposita en el fermentador sin adicionar agua y el desagüe del fermentador se mantiene cerrado. En cambio, en las fermentaciones sumergidas se agrega el café despulpado comúnmente llamado café baba, se tapona el desagüe del fermentador y se adiciona agua en una relación de 30 L de agua limpia por cada 100 kg de café baba (Puerta, 2010).

En los sistemas de fermentación abiertos no se tapan los fermentadores, es decir, hay presencia de oxígeno lo que ocasiona la participación de fermentaciones lácticas o alcohólicas. Las fermentaciones lácticas se producen por *Lactobacillus spp* o *Streptococcus spp*, y la fermentación alcohólica por las levaduras principalmente *Saccharomyces cerevisiae*. Por el contrario, en los sistemas de fermentación cerrados, los fermentadores se tapan, lo cual favorece el desarrollo de fermentaciones mixtas por la acción de varias levaduras (Oliveros *et al.*, 2009).

2.7.2.4. *Acción de levaduras.* Las levaduras se encuentran entre los microorganismos aislados, pero se dispone de información limitada sobre su efecto en el desarrollo de las características sensoriales del café (Evangelista *et al.*, 2014). La diversidad de levaduras en la fermentación abarca los géneros *Candida*, *Hanseniaspora*, *Pichia* y *Saccharomyces* (Bruyn *et al.*, 2017).

Los cambios en el mucílago durante la fermentación también se reflejan en el endospermo, donde se producen altas concentraciones de metabolitos de origen microbiano (ácido acético, etanol, glicerol, ácido láctico y manitol) (Bruyn *et al.*, 2017). Las sustancias formadas de la degradación modifican el color, pH, olor y las características del grano de café. Según Puerta (2012), todos los procesos que ocurren en la etapa de fermentación se generan por la interacción entre: la calidad intrínseca del café, pH del sustrato, carga microbiana y tipo de sistema de fermentación.

### **2.7.3. Lavado.**

Según Castillo (2015), se debe utilizar agua de buena calidad (limpia y sin olores) ya que la sucia, contaminada o reciclada pueden dejar gustos terrosos y sabores extraños. Para lavar todo el mucílago desprendido durante la fermentación se debe realizar varias lavadas como sean necesarias hasta que al tocar los granos se sientan ásperos y produzcan un sonido parecido al cascajeo. Además, en el lavado, los granos de café se restriegan para que el mucílago se desprenda hasta que queden completamente limpios (Duicela, 2016).

### **2.7.4. El secado.**

Es la etapa de beneficio que tiene el propósito de disminuir la humedad del grano hasta llegar a un 10 - 12,5 %, porcentaje con el que se puede almacenar para evitar los ataques de hongos o adquirir olores y sabores indeseables. Existen diferentes tipos de secado del café, estos pueden ser: secado natural y secado en máquinas.

El primer tipo se lo conoce como secado al sol, se realiza en tendales o patios de cemento, entablillados de madera, zarandas de plástico o malla metálica y en marquesinas. Permite lograr una mejor calidad de taza; se debe efectuar lo más uniforme posible. El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas de la región, del espesor de la capa de café y de la frecuencia con la que se remueva el grano. El café pergamino requiere de 40-50 horas de sol. Además, se debe evitar mezclar café totalmente seco con café que no se ha secado completamente, ya que los cafés con falta de secado toman olores desagradables y son atacados por hongos afectando la calidad de todo el producto final.

Por otra parte, el secado artificial se realiza en diversos tipos de secadoras que utilizan aire caliente a presión. El secado en la Guardiola o secadora no debe sobrepasar los 45 °C. Este sistema de secado artificial se recomienda en fincas con alta producción y en zonas húmedas donde el secado natural es muy dificultoso por la lluvia y la baja luminosidad. En la actualidad se recomienda el secado en marquesinas (Duicela, 2016).

#### **2.7.5. El trillado.**

Duicela (2016), manifiesta que es el paso en el cual se separa el pergamino del grano, teniendo estricto control para no dañar la calidad del café, razón por la cual, el proceso y las maquinarias deben ser supervisadas continuamente. La piladora debe ser revisada y ajustada cuidadosamente para que los granos no se quiebren o deterioren.

#### **2.8. Olores del mucílago durante las fermentaciones controladas del café**

Puerta (2010), señala que el color, aspecto y olor del mucílago de café fermentado cambia dependiendo del tiempo y del sistema de fermentación. En fermentaciones controladas del café a 20°C se pueden presentar diferentes olores en los distintos tiempos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Olores del mucílago de café en distintos tipos de fermentaciones controladas a 20 °C, y a distintos tiempos de fermentado obtenido de Puerta (2010).

Tiempo de fermentación (horas)	Abierto sumergido	Abierto sólido	Cerrado sumergido	Cerrado sólido
14	Dulce	Dulce	Dulce, manzana verde	Dulce
18	Banano, limón, verde	Banano, limón, a verde	Leche caliente, acetona	Acetona, leche caliente
42	Apio, cáscara de plátano maduro, césped húmedo	Acetona, ácido acético	Acetona, removedor, ácido acético	Ácido acético, perejil, acetona
66	Limón, cáscara de plátano maduro, kumis, leche agria	Acetona, basura	Vinagre, piña madura	Acetona, removedor, a basura
88	Limón, cáscara de plátano maduro, verdoso	A basura, acre	A basura, guayaba agria, a verde	Acetona, cáscara de plátano maduro, a basura, podrido

Estos olores corresponden a los compuestos químicos que son formados en las fermentaciones lácticas y alcohólicas, las esterificaciones y la degradación de lípidos del mucílago durante la fermentación controlada del café, por la actividad de las enzimas de las bacterias y levaduras naturales del café. Las principales levaduras como *Candida*, *Cryptococcus* y *Rhodotorula*; bacterias como *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Enterobacter* y *Escherichia coli* (Puerta, 2012).

## 2.9. El café de especialidad

Es aquel café en el cual el consumidor reconoce características muy particulares por las que está dispuesto a pagar un mayor precio. Estas particularidades pueden estar relacionadas con las cualidades organolépticas de la infusión (grado especial), con su origen único y de calidad permanente (gourmet) o con estándares estrictos de cultivo y comercialización (café sustentable). El mercado del café de especialidad incluye también, aunque en mucha menor

cuantía, a aquellos cafés preparados con técnicas especiales que pueden enmascarar una menor calidad, como es el caso de los cafés aromatizados y expresso o exprés (Castro *et al.*, 2004).

Además, la calidad se evalúa considerando tanto las condiciones físicas del grano como las cualidades de la infusión o taza, pero la calidad del grano verde determina buena parte de la calidad de la infusión, ya que los defectos del grano originarán sabores desagradables en la bebida.

Los diversos sistemas de clasificación de la calidad del grano verde consideran desde criterios cualitativos, como el color, hasta criterios cuantitativos, como el tamaño, número de defectos y grado de humedad contenido. El sistema de mayor vigencia es el de la *Specialty Coffee American Association* (SCAA), no solo porque es usado oficialmente en el café que se comercializa en Estados Unidos, el mayor mercado de café de especialidad del mundo, sino, sobre todo, porque relaciona mejor la calidad del grano verde con la calidad hallada en la infusión.

Por su parte, la calidad de la infusión, que es el principal factor para captar al consumidor final de café especial, se evalúa mediante una prueba de taza llamada simplemente “taceo”, que identifica las cualidades de fragancia-aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, dulzor, defectos e impresión general de la bebida. Sobre la base de 100 puntos, un café es considerado de grado especialidad si sobrepasa los 80 puntos. La base para un café de alta calidad se encuentra en la combinación de distintos factores: la variedad de la planta, la altura de la zona de cultivo, las condiciones edáficas y el manejo de la cosecha y la poscosecha (Castro *et al.*, 2004).

La variedad botánica influye en la calidad de taza, pues determina el cuerpo, aroma y acidez del café. La altitud donde se desarrollan los cultivos de café influye sobre todo en el grado de acidez: a mayor altura, mayor acidez y mejor calidad. Además, la altura determina las variedades de café, pues los de variedad arábigo se adaptan a alturas mayores a los 1 200 m s.n.m. Por ello, los cafés vendidos con el lema “estrictamente de altura” se refieren a los cultivados entre los 1 200 y 2 000 m s.n.m, y son los más apreciados. Así también, la región donde se produce puede

influir sobre el aroma del café. Los cafés más apreciados son los de aromas y sabores ligeramente afrutados o florales.

La calidad del café puede ser vulnerada por un inadecuado manejo de la cosecha o la poscosecha. El café convencional pasa por una serie de procesos desde su cosecha hasta su consumo, procesos que son los mismos en el café de especialidad. La diferencia reside en la forma cómo se llevan a cabo (Castro *et al.*, 2004).

### **2.10. Características organolépticas que se evalúan en la calidad de taza**

Los consumidores sofisticados de café evalúan los atributos sensoriales de la bebida. Estos pueden variar de acuerdo con el origen, los procesos de producción y de cosecha o poscosecha. Las principales cualidades o características organolépticas o sensoriales que se evalúan en la bebida de café son (ANACAFÉ, 2017):

**\*Fragancia/Aroma:** el poder del aroma de la bebida es tan notorio, incluso muchas personas piensan que es más agradable oler el café que tomarlo. El aroma es aquel olor del café mezclado con agua caliente.

**\*Sabor:** se trata de ese gusto que estalla en la boca y permanece durante un buen rato en el paladar. Los catadores expertos lo pueden calificar como suave, dulce, ácido, afrutado, pronunciado, alto y propio del café.

**\*Cuerpo:** el cuerpo corresponde a la persistencia que tiene la bebida en la boca y a la manera como se desplaza por la lengua hacia la garganta. Una buena bebida de café presenta cuerpo completo, moderado o balanceado y esta característica está asociada a cultivos en áreas de mayor temperatura y menor altitud.

**\*Acidez:** describe la impresión gustativa causada por soluciones diluidas de la mayoría de los ácidos presentes en la bebida, en otras palabras, se refiere a que tan ácido o dulce, además, puede ser uno de los atributos más deseados.

**\*Uniformidad:** se refiere a la consistencia del sabor en las tazas, es decir se espera que todas las tazas de la misma muestra se perciban con similar calidad. Si estas saben diferentes, la calificación de este aspecto no sería alta.

**\*Taza limpia:** este es el punto básico del café de calidad. Tiene que ver con la ausencia de defectos y contaminaciones. Es la transparencia necesaria para que un café de origen brille, cualquier sabor o aroma defectuoso descalificará la taza.

**\*Puntaje de catador:** o impresión global, se refiere a la calificación general de la bebida de café; por medio de esta, se acepta o rechaza la calidad del grano.

### 2.11. Estudios sobre poscosecha y fermentación en café

En Ecuador existe muy poca información sobre el proceso poscosecha del café, por lo que se ha tomado investigaciones realizadas en otros países como: Honduras, Colombia, Brasil, Perú, entre otros. Las investigaciones que se han hecho sobre fermentación del café son muy pocas e incluso no hay información sobre el efecto de las levaduras durante la fermentación y su incidencia en la calidad de taza.

Al hablar de secado en café, se puede tomar la información que obtuvo Puerta (2008), quien manifiesta que es una de las etapas más críticas dentro del beneficiado ya que requiere de una inspección adecuada. Además, en otra investigación realizada por Oliveros *et al.* (2009), señala que el café en esta fase es muy vulnerable a bacterias y hongos lo que impide lograr una buena calidad física y sensorial. Así mismo, Valarezo (2017), en su investigación manifiesta que los mejores ambientes para la fase de secado son mediante sol y por máquina, recalando que antes de llevar el café a secarlo en máquina se debe tener un secado de mínimo 2 días bajo sol para evitar el desarrollo de hongos como los del género *Aspergillus* y *Penicillium* generadores de sustancias tóxicas. En cambio, en la investigación realizada por Puerta (2008), señala que a través del secado mecánico se tiene contaminaciones por la emisión de la combustión directa.

Según Columbus y Pulgarín (2002), la calidad del café se identifica por: fragancia, aroma, sabor, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, dulzor y defectos; por su parte Puerta (2016), señala que dentro del perfil de taza también tiene que ver los rasgos físicos del grano y la humedad. En cambio, Castro *et al.* (2004) y Ladino *et al.* (2016), manifiestan que la calidad de taza también se ve afectada por la variedad puesto que determina el cuerpo, aroma y acidez del café. La base para un café de alta calidad se encuentra en la combinación de distintos factores: la variedad de la planta, la altura de la zona de cultivo, las condiciones edáficas, el manejo de la cosecha, la poscosecha (Columbus y Pulgarín 2002) y la región de dónde procede ya que influye en el aroma del café (Castro *et al.*, 2004).

Evangelista *et al.* (2014), en su estudio realizado en Brasil donde evaluaron el perfil de taza de muestras de café lavado y no lavado encontró que el café no lavado presentó amargura por tal motivo mencionaron que lavar los frutos del café antes del proceso de fermentación influye en la calidad final del producto, además, estas muestras tuvieron los puntajes más bajos (73,25) en la prueba de taza en comparación con las muestras de café lavado (77,18).

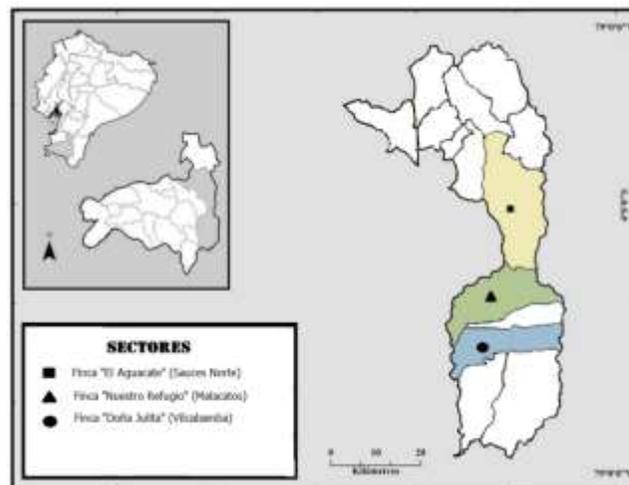
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en dos etapas: una fase de campo y otra de laboratorio; ambas se realizaron en el cantón Loja. La fase de campo tuvo lugar en tres fincas cafetaleras que son: “El Aguacate”, “Nuestro Refugio” y “Doña Julita” (Tabla 2, Figura 2). Se utilizó variedades diferentes de café en cada finca, variedad Colombia en la finca “El Aguacate”, Híbrido de Nestlé en la finca “Nuestro Refugio” y en “Doña Julita” se empleó la variedad Bourbon.

**Tabla 2.** Ubicación geográfica de las fincas de estudio.

Finca	Sector	Parroquia	Altitud (m s.n.m)	Coordenadas		Temperatura promedio anual (°C)
				Latitud	Longitud	
El Aguacate	Sauces Norte	Carigán	2 050	03° 96' 66" N	79° 23' 33" E	15
Nuestro Refugio	Nangora	Malacatos	1 950 - 2 060	04° 13' 9" S	79° 15' 30" O	18
Doña Julita	La Victoria	Vilcabamba	1 583	04° 15'21" S	79° 13' 08" O	20



**Figura 2.** Mapa de ubicación de las fincas.

### 3.2. Diseño Experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A * B)_{ij} + E_{ij}$$

Donde:  $\mu$  = media general,  $A_i$  = factor uno,  $B_j$  = factor dos, más las respectivas interacciones entre los factores  $(A * B)_{ij}$  y  $E_{ijklm}$ =error.

Los tratamientos se establecieron en función de los factores:

**Factor A**= 3 fincas (Nuestro Refugio, Doña Julita y Ahuacate)

**Factor B** = 5 tipos de fermentación (tal como se detalla en la Tabla 3)

**Unidad Experimental** = 2 kg de café

**Número de Repeticiones** = 3

**Tratamientos** =15

Factor A x Factor B = 3 (fincas) x 5 (tipos de fermentación) = 15 x 3 (Repeticiones) = 45  
**Unidades experimentales.**

**Tabla 3.** Detalle de los tratamientos del DCA con arreglo bifactorial establecido para el análisis de variables.

Variables independientes			Variable dependiente
Finca	Tipos de fermentación	Tratamiento	
1 2 3	Finca “Nuestro Refugio”: café despulpado + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) - Oxígeno. Finca “Doña Julita”: café despulpado + Oxígeno. Finca “El Ahuacate”: café despulpado + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) + Oxígeno	T1*	Nivel de calidad de la taza del café
	Fermentación de café despulpado + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) + Oxígeno	T2	
	Fermentación de café despulpado + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) - Oxígeno	T3	
	Fermentación de café natural + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) + Oxígeno	T4	
	Fermentación de café natural + SS ( <i>Sacharomyces cerevisiae</i> ) - Oxígeno	T5	

\*Tratamiento testigo referencial depende del propietario de cada finca

### 3.3. Metodología

En el presente estudio se recibió 45 kg de café cereza maduro por parte de los propietarios de las fincas. El café se cosechó durante los meses de mayo, junio y septiembre, ya que fue la temporada en donde los sectores de estudio se encontraban en su mayor producción, la cosecha fue realizada por personas especializadas evitando cosechar los granos verdes, sobre madurados, fermentados y tampoco recogiendo los granos que se encontraran en el suelo.

Se colocó los 45 kg de café cereza (de cada finca) en un tanque de plástico y se asperjó con una bomba de mochila ácido peracético en una relación 1:1000 durante cinco minutos para evitar el ataque de hongos, bacterias y virus al café. Se debe señalar que los 45 kg de café cereza maduro se disminuye durante el proceso de boyado y despulpado quedando 30 kg, de los cuales se utilizaron 18 kg para beneficiado por vía húmeda (café despulpado) y 12 kg para beneficiado natural (café natural), los cuales se repartieron para cada tratamiento con su repetición (2 kg), luego estas muestras pasaron al análisis sensorial.

### 3.3.1. Metodología para el primer objetivo.

**Evaluar el efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en diferentes tipos de beneficio y fermentado de café verde (*Coffea arabica* L) y su incidencia en la calidad de taza.**

La metodología empleada para el **beneficio en vía húmeda y beneficio natural** (Figuras 3 y 4) se detalla a continuación:

**1. Boyado:** Una vez pasados los cinco minutos desde que se asperjó el ácido peracético, se colocó el café cereza en un tanque con agua, lo que permitió separar impurezas como tierra, polvo y objetos extraños. Además, con un cedazo se retiró los granos vanos (granos flotantes) del resto.

**2. Despulpado:** Con la ayuda de un cedazo se recogieron las cerezas de buena calidad y se colocaron en la despulpadora marca Fimar (Anexo 4), en donde se remueve la pulpa y la cáscara del café, quedando el grano con el pergamino y el mucílago (café baba), obteniendo un total de 30 kg de café baba.

**3. Origen de la levadura:** se utilizó una cepa comercial de *Sacharomyces cervisiae* (SS) llamada Lalcafé Cima, que se la compró en Estados Unidos. Para ello, se hidrató la levadura en una relación 1:10 (peso/volumen) a una temperatura de 25 °C, durante 30 minutos; transcurrido los 30 minutos se colocaron 20 ml de levadura hidratada en los baldes con café pergamino y café natural.

**4. Fermentado:** Se realizó en baldes plásticos herméticos de aproximadamente cinco litros, empleando 2 kg de café para ambos tipos de fermentación (fermentación aeróbica y anaeróbica). En el caso de la fermentación aeróbica se utilizaron baldes con tapa que tienen un orificio en la parte central, en estos baldes se introdujo el café despulpado (T1 y T2) y natural (T4) junto con los 20 ml de levadura. Por otra parte, en la fermentación anaeróbica se utilizaron los baldes herméticos pero la tapa tiene un empaque y conector especial, donde se coloca una manguera fina de 12 pulgadas y 80 cm de largo que se conecta desde el empaque de la tapa hacia una botella con agua para la salida de los gases que se producen en este tipo de fermentación.

Los 2 kg de café despulpado (T3) se colocaron en el balde, se añadieron 20 ml de levadura y 1 L de agua Pure Water. En el T4 se colocaron los 2 kg de café natural en una funda Zip Zap, se añadieron los 20 ml de levadura y se selló la funda reforzando con bridas plásticas; una vez sellada la funda se la introdujo dentro del balde y se colocó 1 L de agua Pure Water.

Los datos de los parámetros intrínsecos: °Bx y pH, de ambos tipos de fermentación se tomaron al inicio, intermedio y final. El primer parámetro se midió colocando una gotita de líquido del tratamiento en el refractómetro por tres veces, una vez tomada cada medición se lavó el refractómetro con agua destilada. En el segundo se utilizó el pHmetro o medidor de pH marca Atc introduciéndolo en cada balde por tres veces para reducir el error y al finalizar cada medición se lo lavó con agua destilada. Las fermentaciones se desarrollaron durante 48 horas con el fin de desprender el mucílago y se colocaron los baldes tapados bajo sombra hasta llegar a un pH final de máximo 3,9.

**5. Lavado:** Al cumplir las 48 horas de fermentación el café despulpado se lo lavó por tres veces con abundante agua, el último lavado se lo hizo con agua Pure Water con el fin de retirar la capa mucilaginosa, misma que de estar presente, dificulta la evaporación del agua durante el secado ocasionando el crecimiento de microorganismos que deterioran el grano durante el almacenamiento. El café lavado se lo escurrió en zarandas plásticas, durante 30 minutos. En cambio, el café natural al cumplir las 48 horas de fermentación pasó directamente al proceso de secado.

### **3.3.2. Metodología para el segundo objetivo.**

#### **Determinar el perfil de taza del café en los diferentes tipos de fermentación.**

La metodología para secado en **beneficio lavado** y **beneficio natural** fue la siguiente:

**1. Secado:** El café escurrido (café despulpado) y el café natural que fueron fermentados se los colocó en camas africanas de dimensiones de 1x1x1m, con malla de metal mesh 3×3 mm. Durante el proceso de secado se tomaron datos cada cinco días de la humedad del grano hasta que cada tratamiento alcanzó una humedad promedio óptima de 10,5 % según lo recomendado

por Valarezo (2017). Este parámetro se lo tomó con un medidor digital de humedad para granos marca Led, para ello se introdujo un puñado de café y se esperó a que el medidor marcara la humedad esto se lo hizo por tres veces para reducir el error.

Además, los diferentes tratamientos recibieron un pre-secado de media hora en un ambiente tipo sol, para evitar la proliferación de hongos. Según la recomendación de Puerta (2012), en cada cama africana se colocaron los granos de cada tratamiento con una densidad de 20 kg de café escurrido/m<sup>2</sup> de cama y 3 cm de espesor, cada cama fue etiquetada con cinta masky y se removió el café 4 veces al día con un rastrillo. El tiempo de secado fue diferente para cada finca, en “Nuestro Refugio” duró 90 días, “Doña Julita” 50 días y en el “El Ahuacate” 20 días de secado.

El café bola o natural una vez alcanzada la humedad necesaria se lo almacenó en fundas Zip Zap, de 2kg, dentro de una bodega limpia hasta que fue enviado al descascarillado, mientras que el café despulpado pasó al proceso de pilado.

**2. Descascarillado:** El grano seco bola fue sometido al proceso de molienda, que consiste en la separación de la cáscara que está compuesta por: la pulpa, el mucílago y el pergamino. Este café comúnmente se lo llama café oro, por el color amarillo que presenta.

**3. Pilado:** Permite el desprendimiento del pergamino del grano y su capa plateada. Este proceso se efectuó en trilladoras mecánicas de marca Emster, produciendo que las envolturas del grano se rompan bajo las acciones combinadas de presión y fricción, haciendo que los granos sean expulsados.

**4. Pulido:** Consiste en retirar por completo la laminilla plateada del café seco, se usaron máquinas pulidoras de marca Jgallo para eliminar completamente los restos de la película.

**5. Selección – clasificación:** Los granos de café una vez pulidos fueron seleccionados y clasificados por tamaños usando zarandas de madera con el fin de eliminar los granos defectuosos (defectos primarios y secundarios) y lograr un tueste más homogéneo. Una vez clasificados, los granos buenos fueron almacenados en bolsas Grainpro de 2 kg para evitar el

ataque de hongos y bacterias, se colocaron las bolsas encima de un palet de madera de 1 x 1 m<sup>2</sup> dentro de una habitación aireada y fresca hasta realizar la evaluación sensorial para determinar el mejor perfil de taza.

Mientras que los granos defectuosos fueron contabilizados y clasificados en defectos primarios y secundarios, para ello se utilizó la guía de clasificación de defectos físicos del café (Anexo 3).

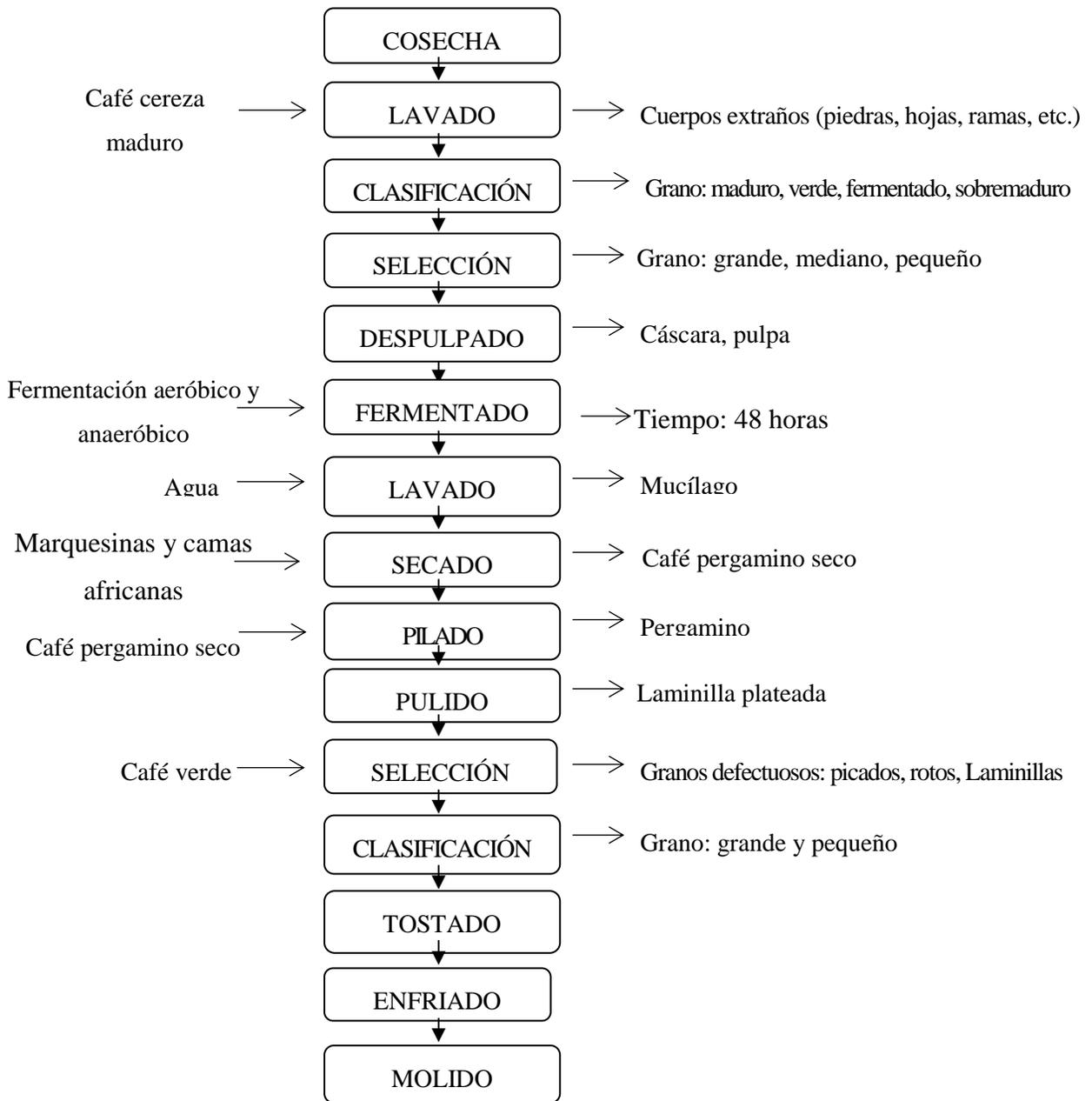
### **3.3.3. Metodología para el nivel de calidad de la taza del café.**

Una vez terminada la fase de campo se llevaron las cinco muestras de cada finca (15 en total) al laboratorio de catación de la cafetería Café Indera del Ing. Manuel Romero, ubicado en la vía de Integración a 200 m del barrio Ciudad Victoria, de la ciudad de Loja.

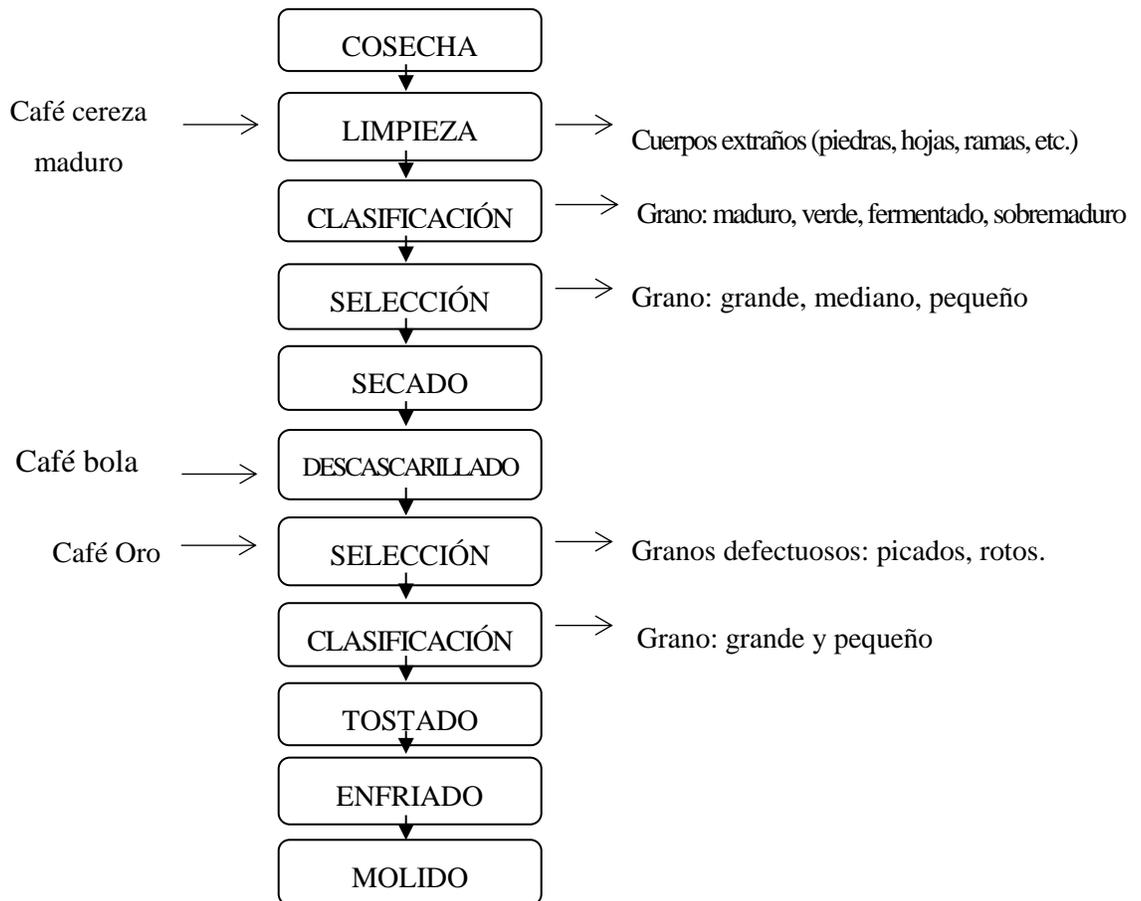
**Calidad de taza:** Las evaluaciones sensoriales de cada tratamiento (cinco por finca), fueron analizadas por dos catadores certificados por la SCAA, ellos evaluaron las características organolépticas: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador. Los catadores utilizaron una escala de evaluación de las características organolépticas de 1 a 10, donde 1 es el valor mínimo y 10 el máximo posible, emplearon el protocolo metodología y formato de la Asociación de Cafés Especiales. Cada catador indicó su nota sobre cada una de las características mencionadas y la nota final utilizada para los análisis estadísticos es un promedio de las calificaciones dadas por los dos catadores.

Para el análisis sensorial o calidad de taza se empezó con el tueste, para ello se tomaron 120 g de café verde por muestra empleando la tostadora de marca Mghall. El tiempo de tostado fue de 8 – 10 minutos a una temperatura de 200 – 220 °C, transcurrido estos minutos los catadores determinaron la fragancia del café. Además, el tostado fue clasificado por los catadores como medio o regular. Luego, el café tostado se lo molió en una máquina Bunn Model 07 en modalidad de molido medio. Terminado el molido del café se prepararon tres tazas por muestra, agregando 12 g de café molido por taza. A cada taza se le colocaron 100 ml de agua purificada a 93 – 95 °C de temperatura. Seguidamente cada catador empezó a determinar el aroma.

Después de la determinación del aroma, se agregó 100 ml más de agua caliente a cada una de las tazas esperando un lapso de 3 – 4 minutos para quitar con un par de cucharas la espuma que se forma en la superficie de la bebida. Luego de dos minutos se inició con la determinación del sabor, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia y puntaje de catador, en ese orden para cada una de las muestras.



**Figura 3.** Flujo de operaciones del beneficio vía húmeda hasta la obtención de café molido.



**Figura 4.** Flujo de operaciones del beneficio vía natural hasta la obtención de café molido.

### **3.4. Análisis Estadístico**

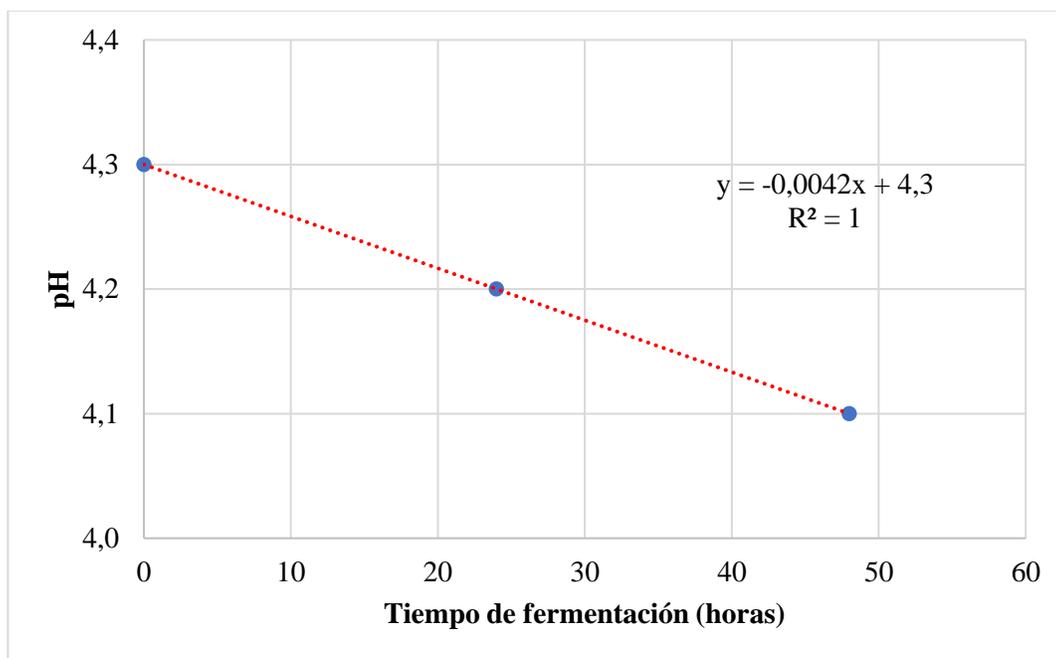
Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, para su análisis estadístico mediante el programa Statgraphics Centurión® versión XVI. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) bifactorial, se analizaron los supuestos de: homogeneidad, normalidad y homocedasticidad. Se utilizó el test de Tukey con un nivel de significancia del 95% para la comparación de tratamientos, además se realizó un análisis de regresión lineal entre el pH y el tiempo de fermentación.

Para analizar el nivel de calidad de taza de café se realizó un ANAVA, según el método de la regla del análisis sensorial, el cual se usa solo cuando las cataciones las realizan catadores Q-Grader; con las medias de los atributos de la calidad de taza, que sumándolos constituyen el puntaje final de taza se realizó gráficos radiales para una mejor interpretación.

## 4. RESULTADOS

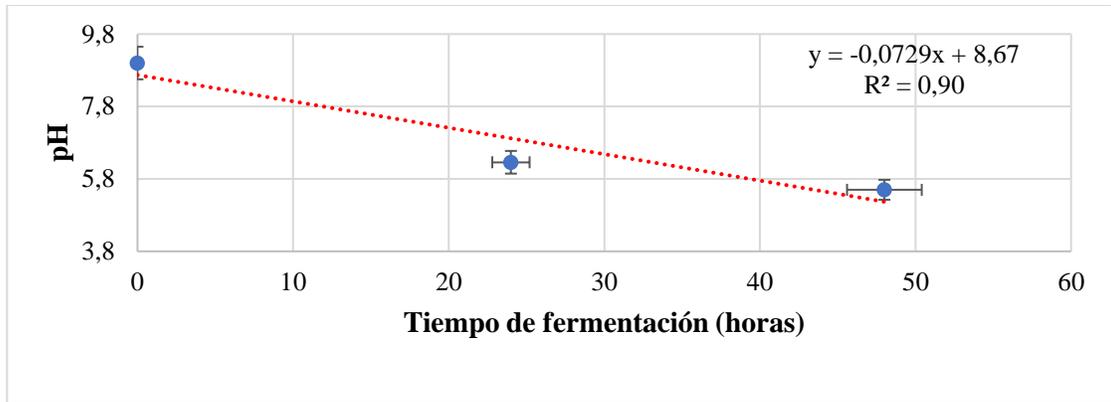
### 4.1. Comportamiento del pH en el tiempo de fermentación

En la Figura 5 cada punto representa el promedio de 3 repeticiones de los cinco tratamientos (Anexo 7). Por lo tanto, se observa la ecuación de la regresión lineal con tendencia negativa con un valor de  $R^2 = 1$  ( $r = -1$ ). A medida que el tiempo de fermentación aumenta (48 horas) en la finca “Nuestro Refugio” el pH tiende a disminuir.



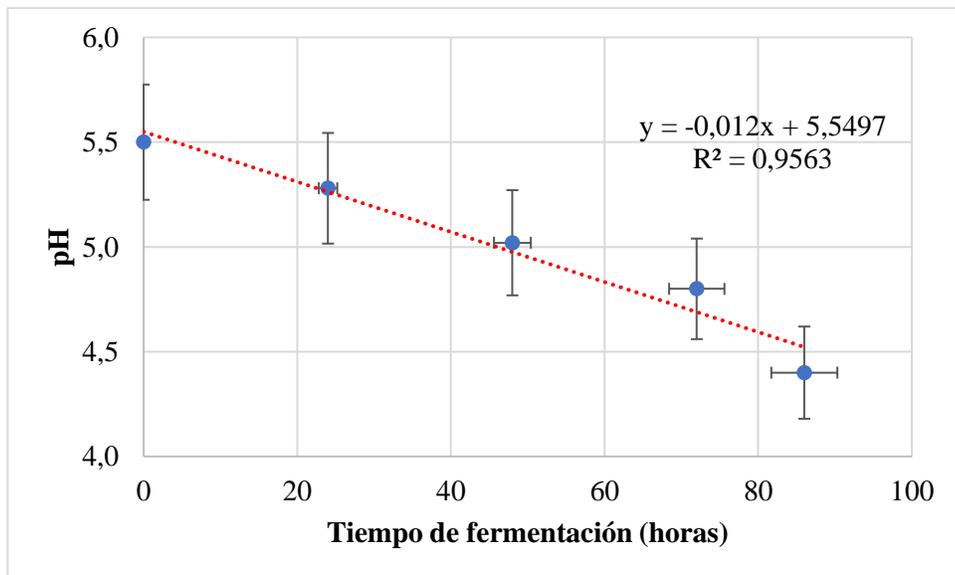
**Figura 5.** Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “Nuestro Refugio”.

En la finca “Doña Julita” con 48 horas de fermentación se observa una regresión  $R^2 = 0,90$  con tendencia negativa ( $r = -0,95$ ). Es decir, a medida que el tiempo de fermentación aumenta el pH tiende a disminuir. Además, se debe señalar que cada punto de la Figura 6 representa el promedio de 3 repeticiones de los cinco tratamientos por ello se observa una barra de error sobre cada punto.



**Figura 6.** Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “Doña Julita”.

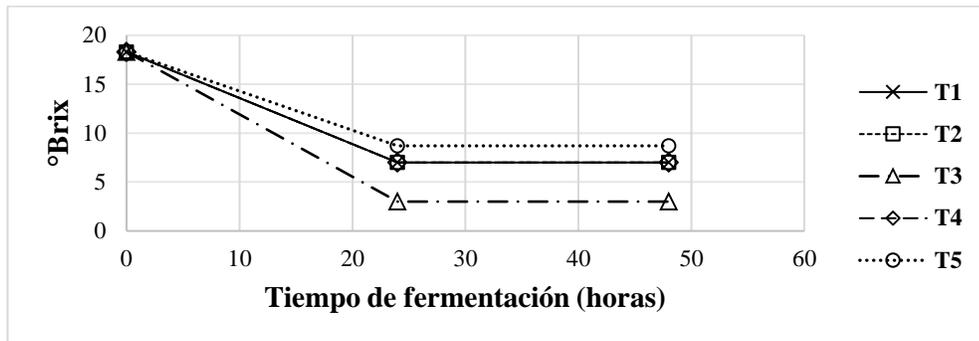
En el análisis de regresión de la Figura 7 cada punto representa el promedio de 3 repeticiones de los cinco tratamientos. La regresión que se observa en la finca “El Ahuacate” tiene tendencia negativa cuyo  $R^2 = 0,95$  ( $r = -0,975$ ). El pH muestra un comportamiento decreciente en el tiempo (96 horas). Se observa también que el valor promedio inicial de pH para los tratamientos es de 5,5; valor que va disminuyendo con el paso del tiempo y este proceso de fermentación se detiene cuando el pH promedio final de los tratamientos es de 4,4.



**Figura 7.** Comportamiento del pH en el tiempo, en la finca “El Ahuacate”.

#### 4.2. Comportamiento de los °Bx durante el tiempo de fermentación

El comportamiento de los °Bx en la finca “Nuestro Refugio” disminuye con el paso de las horas de fermentación. En la Figura 8 se observa como el T1, T2 y T4 a las 0 horas de fermentación empiezan con 18,3 de °Bx, a las 24 horas de fermentación llegan a un valor de 7 °Bx, valor que se mantiene hasta llegar a los °Bx finales. El T3 presenta mayor decrecimiento que los demás tratamientos terminando con un valor de 2 °Bx.



**Figura 8.** Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “Nuestro Refugio”.

Los °Bx de cada tratamiento de la finca “Doña Julita” van disminuyendo con el paso de las horas de fermentación tal como se observa en la Figura 9. Se empieza con 9 de °Bx para los tratamientos y con el paso de las horas de fermentación se disminuye los °Bx. El T2, T3 y T4 a partir de las 24 horas de fermentación se mantienen en una línea recta hasta llegar a los °Bx finales. El T1 y T5 muestran un cambio durante las 48 horas de fermentación empiezan con un valor de 9 de °Bx y terminan con 6,3 (T1) y 7 (T5) de °Bx.

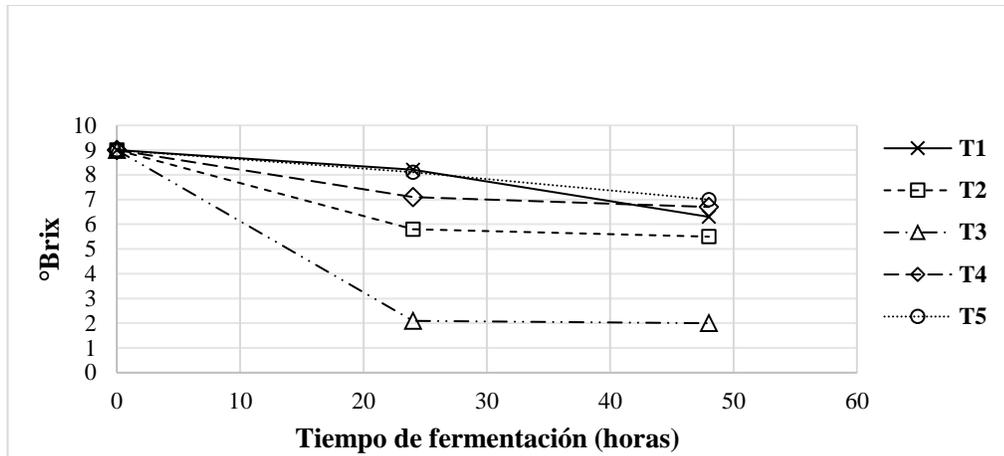


Figura 9. Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “Doña Julita”.

En la Figura 10 se observa que los °Bx de cada tratamiento tienen un comportamiento decreciente en el tiempo. El valor inicial de los °Bx para los tratamientos es de 19,8 valor que va disminuyendo con el paso de las horas de fermentación, este proceso se detuvo cuando los °Bx llegaron a 7,5 para el T1; 7,1 para para el T2; 3,2 para el T3; 10,4 para el T4 y 9 para el T5.

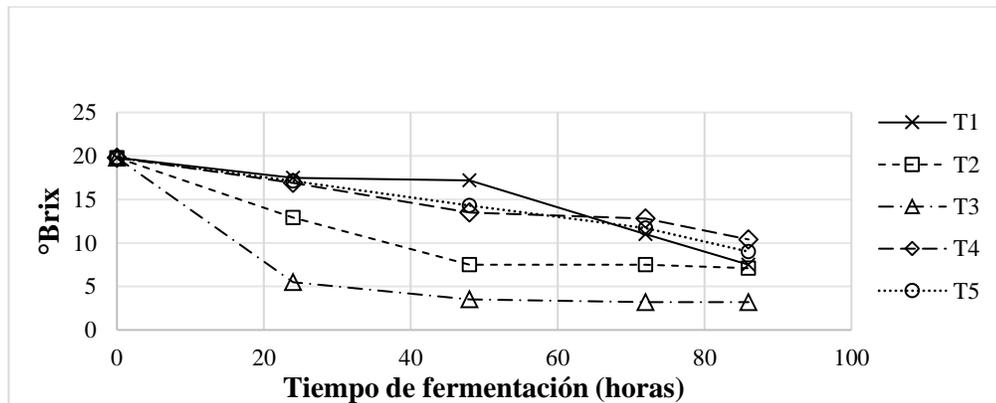
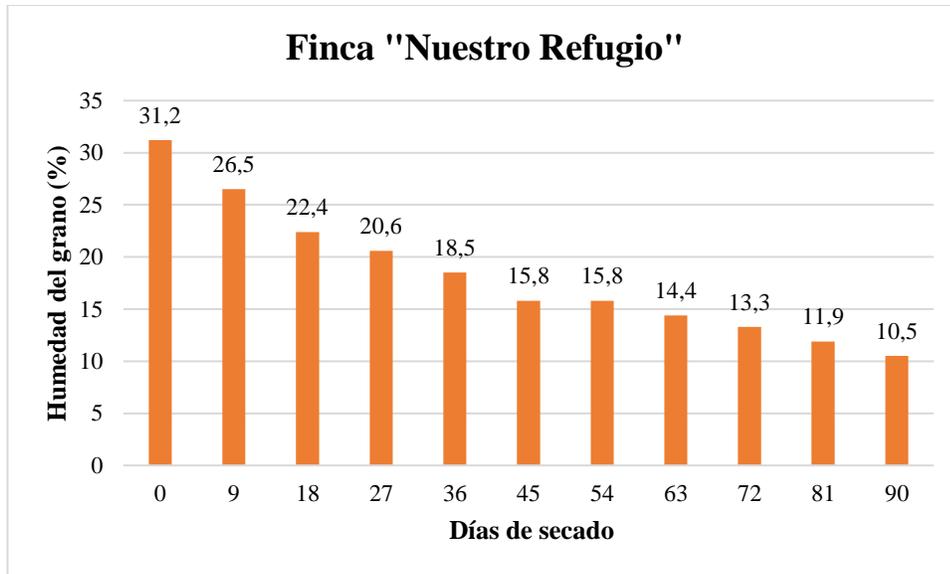


Figura 10. Comportamiento de los °Bx en el tiempo, en la finca “El Ahuacate”.

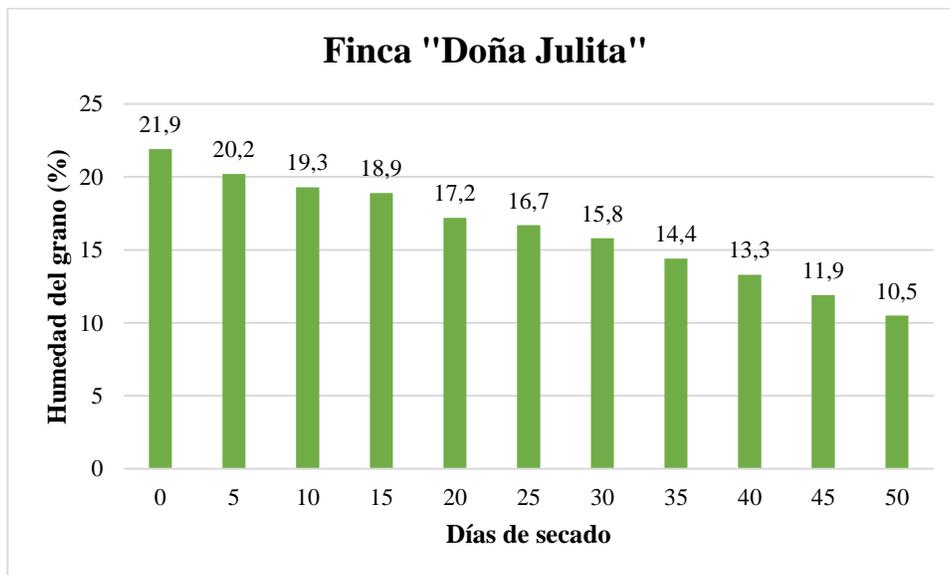
### 4.3. Secado del café

En la Figura 11 se observa que el café inicia con 31,2 % de humedad, la misma que va disminuyendo con el paso de los días. A los 18 días la humedad es de 22,4 %; a los 45 días tuvieron una humedad de 15,7 % y en el día final de secado (día 90) el grano de café alcanza la humedad mínima requerida de esta investigación que es 10,5 %.



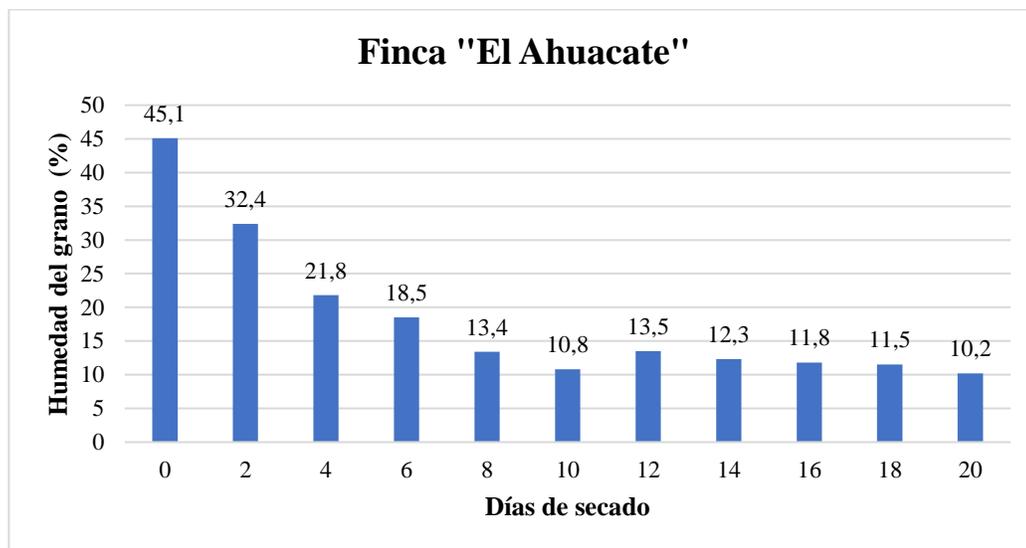
**Figura 11.** Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “Nuestro Refugio”.

Los tratamientos en la finca “Doña Julita” tardaron 50 días en secarse. Inician con una humedad de 21,9 %, a los 10 días su humedad es de 19,3 %; a los 20 días de 17,2; a los 30 días es de 15,8%; a los 40 días de 13,3 y finalizan el día 50 con una humedad de 10,5 %, tal como se observa en la Figura 12.



**Figura 12.** Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “Doña Julia”.

En la finca “El Ahuacate”, los tratamientos se secaron en 20 días tal como se muestra en la Figura 13. Empezaron con una humedad del grano de 45,1 %, a los ocho días la humedad fue de 13,4 %; a los diez días la humedad llegó a 10,8 %. A los doce días la humedad subió a 13,5 %; a los catorce días hubo una humedad de grano de 12,3 % que fue disminuyendo hasta que llegó el día veinte a 10,2 %.



**Figura 13.** Relación de la humedad del grano con los días de secado en la finca “El Ahuacate”.

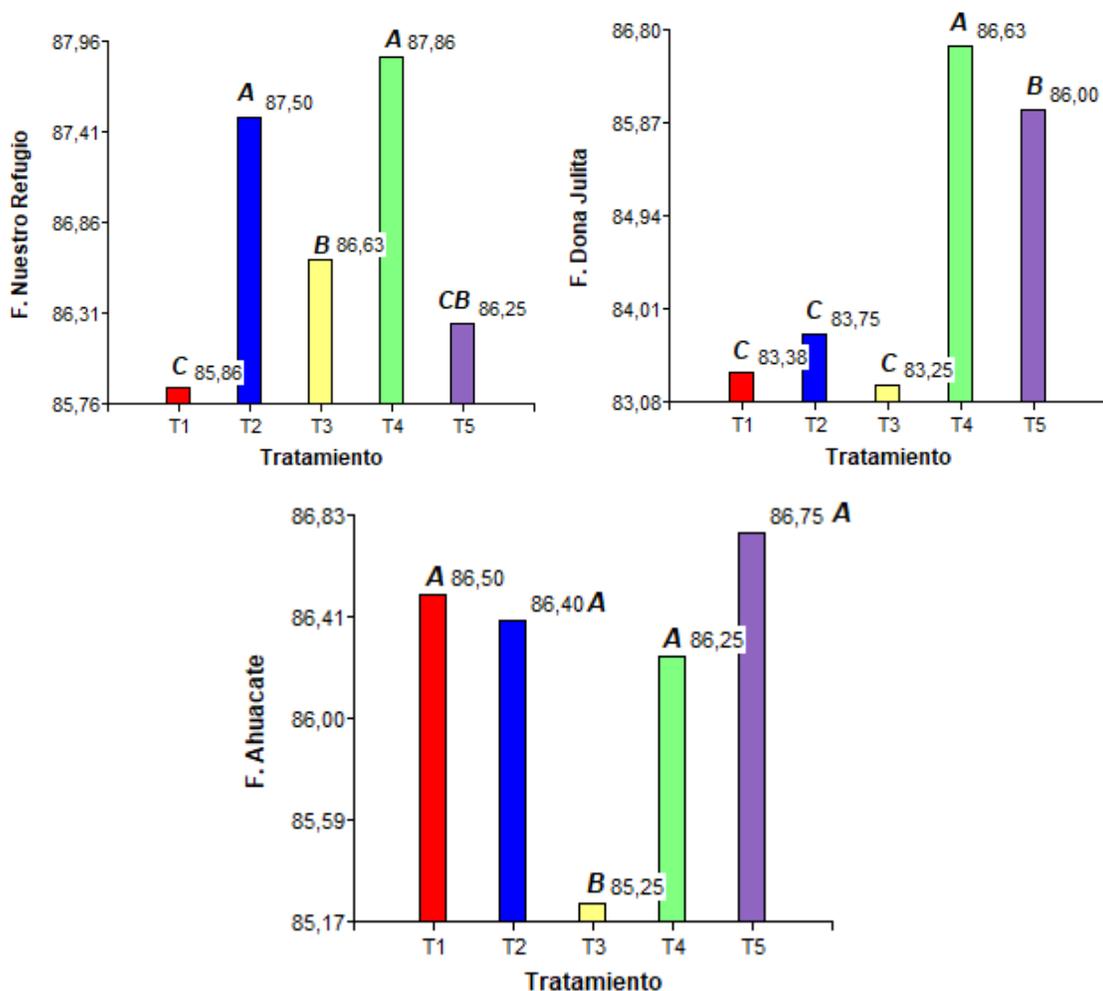
#### 4.4. Nivel de calidad de la taza del café

Los resultados del análisis sensorial o calidad de taza presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la interacción entre tipo de fermentación y finca. El puntaje final que se muestra en la Figura 14 constituye la suma de las medias de cada uno de los atributos evaluados en la calidad de taza (Anexo 9, Figura 35), mostrando diferencia significativa. En la Figura 14 se observa que el T4 (87,86) de los cafés naturales y T2 (87,50) de cafés lavados, presentan el más alto puntaje entre los tratamientos de la finca “Nuestro Refugio” y el T1 tiene el puntaje más bajo (85,86).

En la finca “Doña Julita” los tratamientos con café natural que tienen un puntaje alto es el T4 (86,63) y T5 (86,00), sobresaliendo el T4 pero difieren de los demás tratamientos de esta finca; en café lavado el T2 (83,75) tiene el puntaje más alto, dato que proviene de la

sumatoria de cada uno de los atributos de calidad (Anexo 9, Figura 38). El mejor puntaje dentro de los tratamientos con café lavado en la finca “El Ahuacate” es 86,50 que corresponde al T2 (Anexo 9, Figura 41); y el T5 (86,75) tiene el puntaje más alto dentro de cafés naturales (Anexo 9, Figura 42). El T3 de esta finca tiene el puntaje más bajo (85,25) en comparación con los demás tratamientos.

Al analizar los tratamientos a nivel de fincas observamos que el tratamiento testigo o T1 presenta el mayor puntaje en la finca “El Ahuacate” (86,50). El T2 en la finca “Nuestro Refugio” (87,50) y el T3 tiene el menor puntaje (83,25) en la finca Doña Julita.



**Figura 14.** Calificaciones del análisis sensorial del café bajo diferentes procesos de fermentación.

#### 4.5. Notas especiales del café

En el análisis sensorial del café se encontró notas o descriptores especiales dentro de cada tratamiento. El 100% presentaron notas a caramelo, fruta madura, frutos rojos y dulce de leche, es decir, todos los 5 tratamientos presentaron estas notas. El 80% o el tratamiento 1, 2, 3 y 5 tuvieron notas a panela. Los descriptores a cereal, chocolate y naranja lo presentaron el tratamiento 1, 2 y 4 lo que representa el 60%; el 40% o 2 de los 5 tratamientos exteriorizaron notas a uvilla, durazno, ciruela, limón y frutos rojos. Finalmente, de las tazas de buena calidad de las fincas de los tratamientos o el analizadas presento cualidades sensoriales suaves y taza balanceada, además 20% mostraron notas a miel de abeja, fresa, eucalipto, lima, jazmín, totty fruty, frutos amarillos, jengibre, té verde, cacao amargo, maracuyá, guayaba, uva, higo, melón y arándano tal como se observa en la Figura 15.

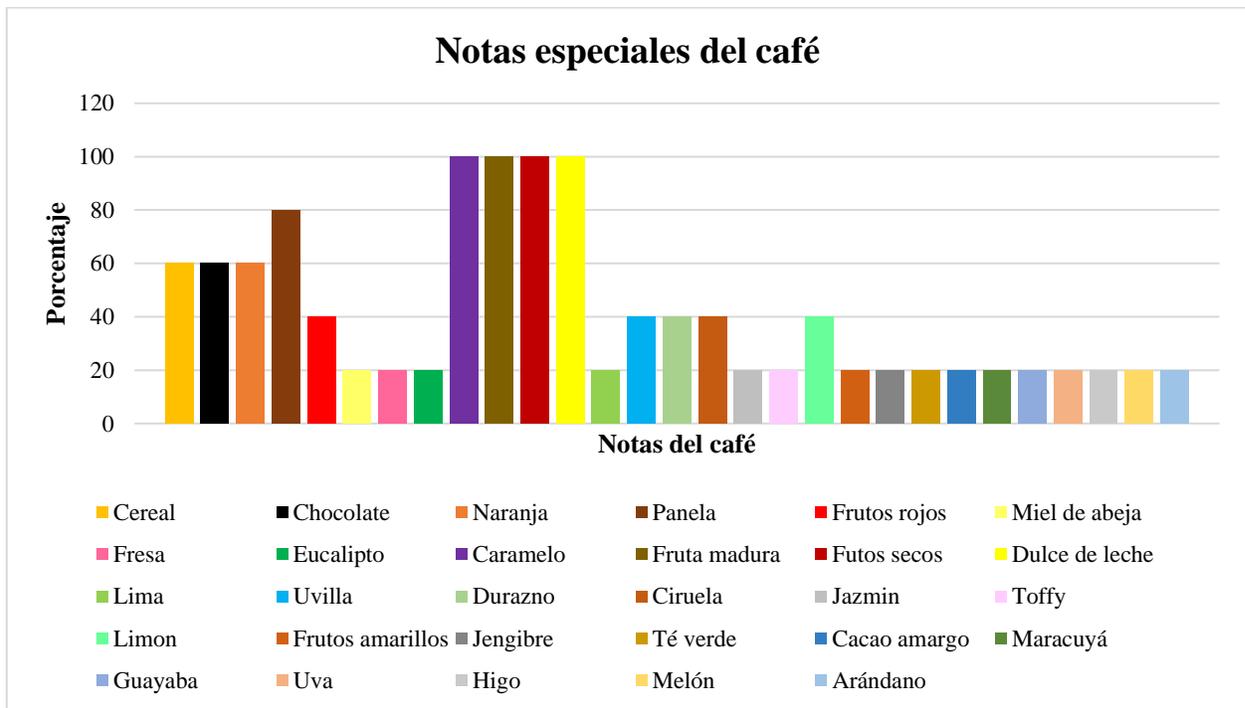
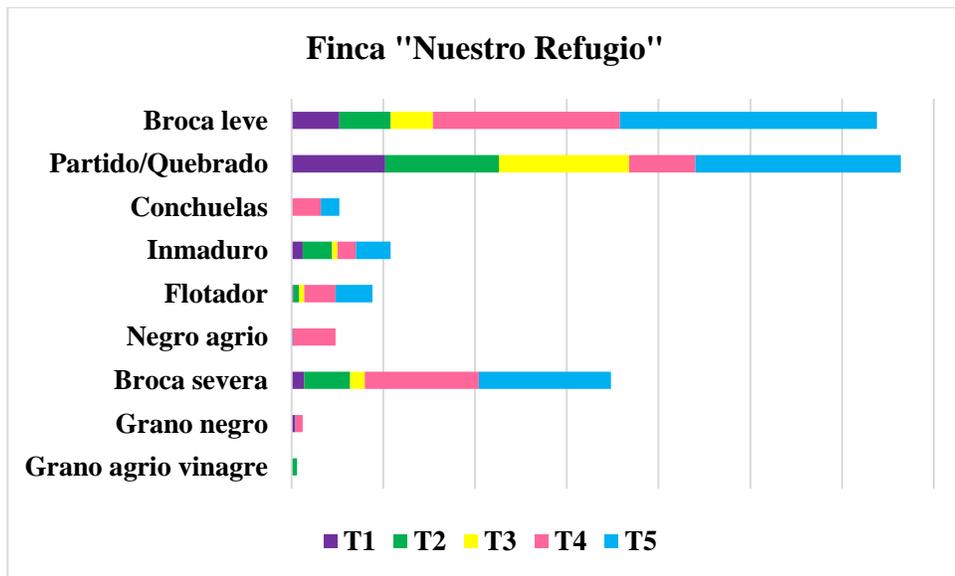


Figura 15. Descriptores encontrados en el análisis sensorial del café.

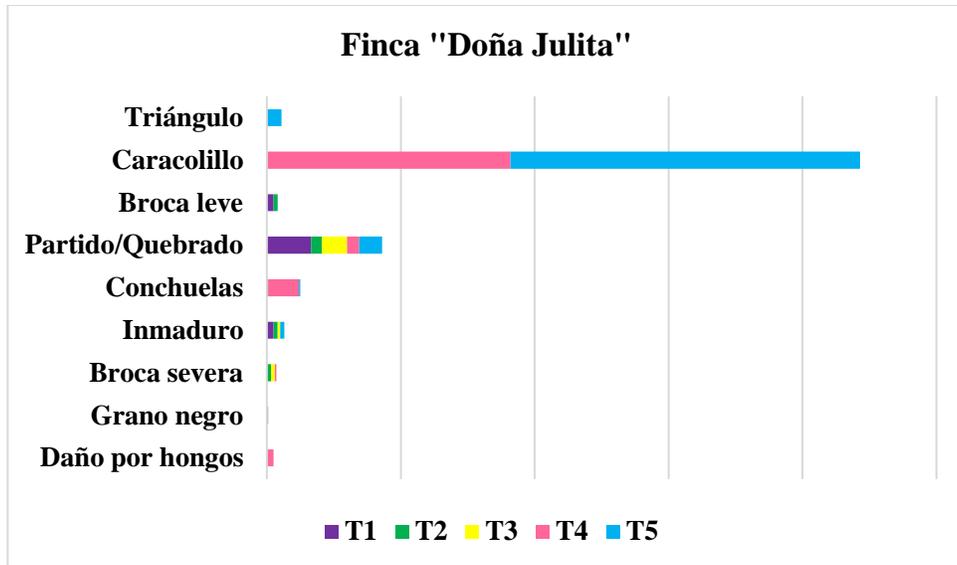
#### 4.6. Defectos primarios y secundarios del café

En los tratamientos de la finca ‘Nuestro Refugio’ se encontraron defectos primarios y secundarios. En la Figura 16 se observa que broca leve, partido/quebrado, inmaduro, flotador (defectos secundarios) y broca severa (defecto primario) lo presentaron todos los tratamientos de estudio. En el T1 y T4 se encontraron grano negro (defecto primario) y negro agrio (defecto secundario). Conchuelas (defecto secundario) estuvieron presentes en el T4 y T5; y el T2 presentó grano agrio vinagre (defecto primario).



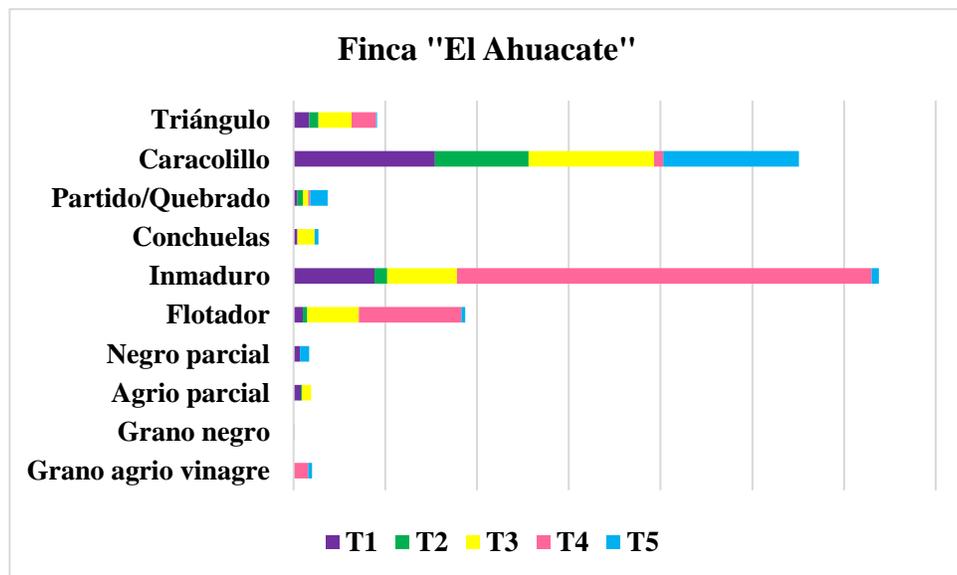
**Figura 16.** Defectos primarios y secundarios del café en la finca “Nuestro Refugio”.

En la Figura 17, se muestra los defectos primarios y secundarios obtenidos en los tratamientos de la finca ‘Doña Julita. Los defectos secundarios que se encontraron son partido/quebrado en todos los tratamientos, inmaduro en los tratamientos 1, 2, 3 y 5; conchuelas en los tratamientos 1, 4 y 5; broca leve en los tratamientos 1 y 2; caracolillo en los tratamientos 4 y 5 y triángulo el en T5. Además, los defectos primarios encontrados fueron daño por hongos en el T4, broca severa en los tratamientos 2, 3 y 4 y grano negro en T1.



**Figura 17.** Defectos primarios y secundarios del café en la finca “Doña Julita”.

En la finca “El Ahuacate” se evidenció la presencia de mayor cantidad de defectos secundarios que primarios, los mismos que son flotador, inmaduro, partido/quebrado, caracolillo y triángulo en todos los tratamientos. Agrio parcial se encontró en los tratamientos 1, 2 y 3; conchuelas en los tratamientos 1, 3 y 5; negro parcial en los tratamientos 1 y 5. Los defectos primarios encontrados en los tratamientos 4 y 5 son grano agrio vinagre y el tratamiento 4 grano negro, tal como se observa en la Figura 18.



**Figura 18.** Defectos primarios y secundarios del café en la finca “El Ahuacate”.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Comportamiento del pH en el tiempo de fermentación

Puerta (2012), señala que al inicio de la fermentación el pH se encuentra con un valor cercano a 5,2, lo que difiere de los resultados obtenidos ya que el pH inicial del café luego de la cosecha fue diferente para cada finca. Se obtuvo 4,3 en “Nuestro Refugio”; 4,8 en “Doña Julita” y 5,5 en la finca “El Ahuacate”, datos que difieren a lo reportado por Valarezo (2017), quien mantuvo un pH inicial de 6,5 en sus tratamientos, esto se debe a que en su estudio se dejó el café cosechado por un par de horas bajo el sol. Además, el valor inicial de pH está en íntima relación con la nutrición de las plantas, la variedad empleada, las condiciones de madurez de la drupa y el manejo previo al despulpado que se le brinde al café cereza (Puerta, 2012).

Mientras el tiempo de fermentación avanza, se puede ver como el pH va disminuyendo en las fincas de forma moderada, resultado que concuerda con el estudio de Córdoba *et al.*, (2016) quien señala que el pH debe tener un comportamiento decreciente en el tiempo durante el periodo de fermentación lo que influirá en los perfiles de taza. También, se produce un descenso leve de pH en los tratamientos por la acción de levaduras que se encuentran naturalmente en el mucílago, como: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Candida tropicalis*, bacterias como *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus fermentum* (Puerta, 2012) y hongos comúnmente de los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* (Puerta *et al.*, 2012).

Nuestro resultado de la finca “El Ahuacate” se puede comparar con otro donde obtuvieron un pH final de 4,4 en las variedades Caturra y Castillo. También, concuerda con Valarezo (2017), quien encontró un leve descenso del pH llegando a 4,4 el cual se debe a la actividad de los microorganismos propios en el mucílago que se encuentran naturalmente. Además, según Correa *et al.*, (2014) la tendencia descendente del pH durante el proceso de fermentación se debe a un aumento de la acidez de la masa, que coincide con la producción de ácidos a partir de los azúcares y del rompimiento de las pectinas presentes en el mucílago de café.

Cordobá *et al.*, (2016) señalan que el pH puede convertirse en una herramienta predictiva para determinar el tiempo real donde el proceso de fermentación debe ser finalizado. Por otra parte,

en el estudio de Jackels *et al.*, (2005) se afirma que un pH final de 4,6 puede ser un valor óptimo para finalizar el proceso de fermentación en el tiempo adecuado sin generar problemas de sobre fermentación del grano, lo que difiere de nuestro estudio ya que se buscó llegar a un pH de 3,9 según la recomendación de Valarezo (2017) y Gómez (2019) quienes manifiestan que con un pH menor el café se daña afectando la calidad de taza y ello se refleja en puntajes menores a los 80 puntos y en la obtención de perfiles o notas desagradables.

Además, se puede señalar que la disminución de pH en los tratamientos de estudio se vio influenciado fuertemente por las condiciones climáticas del lugar; en la finca “Nuestro Refugio” (Malacatos) y “Doña Julita” (Vilcabamba) el pH disminuyó a las 48 horas de fermentación por encontrarse en zonas subtropicales, mientras que en la finca “El Ahuacate” (Loja) la disminución se logró a las 96 horas de fermentación aunque no se consiguió el pH deseado esto porque se realizó en temporada lluviosa y al dejar más días los grados Brix se veían afectados.

También, influye el tipo de fermentación en la disminución del pH, siendo las fermentaciones naturales con oxígeno quienes no redujeron significativamente su pH a diferencia de los cafés lavados, esto concuerda con Puerta (2012) y Puerta *et al.*, (2015) que manifiestan que el pH en fermentaciones sumergidas cerradas (café lavado) el pH tiende a disminuir por la temperatura a la cual está sometida y que en sistemas cerrados contribuye a la acidificación del medio a diferencia de los sistemas abiertos.

Finalmente, con la cepa de levadura comercial utilizada en nuestro estudio llamada Lalcafé Cima se observó una disminución del pH considerable y favoreciendo a la obtención de notas llamativas en la calidad de taza, resultado que concuerda con Piraval *et al.*, (2018) quienes al usar *Saccharomyces cerevisiae* L ORO obtuvieron una alta calidad sensorial y sabores distintivos como: arándano, bayas y tamarindo).

## **5.2. Comportamiento de los °Bx durante el tiempo de fermentación**

Los sólidos solubles presentes en el café están conformados por diferentes compuestos como sacarosa, glucosa, fructosa, ácido málico, láctico, acético, succínico, oxálico, fórmico,

fosfórico, galacturónico, etanol, esterres, polisacáridos, proteínas y cenizas. Los compuestos pueden variar según el estado de maduración en que se encuentra el mucílago (Puerta, 2012).

La concentración inicial de los sólidos solubles (grados Brix) para los tratamientos de cada finca fue diferente, información que se confirma con Bertrand *et al*, (2006) quien señala que las concentraciones de grados Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) son diferentes en el mucílago de café despulpado, siendo  $14,1^{\circ}\text{Bx}$  para café pintón, el maduro  $17^{\circ}\text{Bx}$  y el sobremaduro  $20,1^{\circ}\text{Bx}$  influyendo fuertemente en la calidad del café. En la finca “El Ahuacate” el dato inicial mayor es  $19,8^{\circ}\text{Bx}$  en la variedad Colombia, dato que difiere de Silva (2011), Lara (2016) y Valarezo (2017), quienes encontraron en el café recién despulpado datos de  $22,45$  y  $25^{\circ}\text{Brix}$ .

Con el paso del tiempo existe un descenso de la cantidad de sólidos solubles que dependen del tipo de fermentación al cual está sometido el tratamiento y la variedad. Lo señalado anteriormente se corrobora con IICA (2010), quien manifiesta que la disminución se debe al desdoblamiento y degradación de diferentes sustancias pépticas y azúcares las cuales derivan en otras sustancias como alcoholes y ácidos orgánicos si se prolongan las condiciones aeróbicas. Además, concuerda con Puerta (2013) y Valarezo (2017), quienes señalan que con el paso de las horas se produce un descenso de la cantidad de sólidos solubles. Los sólidos solubles decrecen gracias a las sustancias pépticas que son las que se degradan por medio de las pectinasas generadas por bacterias, hongos y levaduras en la fermentación (Puerta, 2012).

También, la disminución de los  $^{\circ}\text{Bx}$  se ve afectada por el tipo de fermentación, lo que concuerda con Puerta *et al*, (2015) que manifiestan que los  $^{\circ}\text{Bx}$  en fermentaciones sumergidas (sin oxígeno) disminuyen con mayor facilidad llegando hasta  $8^{\circ}\text{Bx}$  que en las fermentaciones sólidas (con oxígeno) que llegan hasta  $12^{\circ}\text{Bx}$ .

Se debe ir registrando los datos que se obtiene en campo así se observe que no hay una diferencia notable, según Fornero (2019), se debe registrar todas las variables de la fermentación para posteriores estudios y conocer los cambios de temperatura o su comportamiento durante la fermentación, la dinámica de los  $^{\circ}\text{Bx}$  durante la fermentación y la dinámica de la acidez en el

mucílago durante la fermentación, porque, a partir de esto, se puede tomar decisiones o incluso interrumpir el proceso y no afectar en la calidad de taza.

### **5.3. Secado del café**

La duración de la fase de secado en el presente estudio se vio influenciada por el tiempo y tipo de secado al que fueron sometidos los tratamientos, información que se corrobora con el estudio de Valarezo (2017) quien tuvo una influencia positiva al emplear diferentes ambientes de secado en este caso sombra, sol, sol/ sombra, siendo el menor tiempo de secado 9 días y 23 días el tiempo mayor.

La humedad inicial luego del lavado del café generalmente es de 55%, la cual es óptima para la proliferación de hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* que son generadores de sustancias tóxicas como la Ocratoxina A (OTA) (Besora, 2017). Por este motivo se expuso el café en ambos tipos de beneficio (húmedo o natural) al sol directo por unas horas obteniendo buenos resultados, que son corroborados por Valarezo (2017), quien sometió a sus tratamientos de estudio a un pre-secado de dos días bajo sol para evitar el desarrollo de estos microorganismos; y también concuerda con la investigación de Kuklinski (2010), quien manifiesta que los cafés deben ser sometidos a una combinación de un secado a sol directo y luego al que se deba probar con el fin de que durante el primer tipo de secado se evite que el café se contamine por hongos.

El tiempo de secado para cada finca es diferente por la tecnología y condiciones climáticas del lugar, por ello en este estudio al emplear 20 días de secado bajo marquesina se obtiene un café de calidad, resultado que concuerda con el estudio de Ramos *et al*, (2017) quienes evaluaron la calidad física y sensorial de *Coffea arábica* L. variedad Colombia, empleando un tiempo de secado de 20 a 25 días y obtuvieron puntajes de calidad altos, con la diferencia que en este estudio fue bajo sol. En otro estudio de Kuklinski (2010), se señala que cafés con un tiempo de secado de 20 a 24 días no es recomendable porque el café no adquiere sus sabores y aromas obteniendo un café de mala calidad.

En nuestro estudio, el secado se lo realizó en marquesinas obteniendo buenos puntajes de calidad de taza (83,25 – 87,86) lo que se contrapone con el estudio de Henao (2015), quien tuvo puntajes bajos (81,00) en los tratamientos secados en marquesinas, esto se debe a que el proceso evaporativo es más lento a diferencia de los secadores mecánicos. En cambio, Briceño *et al*, (2020) manifiesta que un secado en marquesinas es muy beneficioso porque el café va adquiriendo una calidad aceptable que es muy codiciado en el mercado y Kumar *et al*, (2016) señala que con este tipo de secador se disminuye la posibilidad de que se contamine el café por efecto del pisoteo de los operarios o por el ingreso accidental de animales, afectando las características organolépticas del café.

Además, dentro del secado se debe considerar la humedad para almacenar el café hasta que sea sometido al análisis sensorial, por ello en el presente estudio se guardó el café con una humedad del 10%, resultado que se corrobora con el estudio de Díaz (2018), que manifiesta que el contenido de humedad y el tipo de café son los factores que más influyen en la pérdida de calidad del café almacenado, recomendando guardar el café pergamino y bola a un 10% de humedad ya que se conserva mejor que guardándolo a más del 12,5% de humedad quien sufre un rápido deterioro de la calidad.

#### **5.4. Nivel de calidad de la taza del café**

La calidad de taza o evaluación sensorial es la suma de las valoraciones parciales de cada uno de los atributos que la constituyen. Los puntajes < 80 puntos indican que los cafés no son especiales, de 80,0 a 84,99 se califican como muy buenos, de 85 a 89,99 se categorizan como excelentes y cafés con puntajes de 90 – 100 puntos son cafés de especialidad (SCAA, 2008).

Los resultados de la calidad de taza o análisis sensorial encontrados en la presente investigación concuerdan con el estudio de Puerta *et al*, (2015) quienes encontraron diferencia significativa al evaluar distintos tipos de fermentación en diferentes tiempos y su estudio identificó que los cafés fermentados durante 48 horas en ambiente sólido alcanzan altos puntajes y tienen mayor probabilidad de obtener sabores especiales en comparación a las fermentaciones sumergidas que presentan notas tradicionales; pero se contradice con el estudio de Lara (2016), quien no

encontró diferencias significativas entre los tratamientos de estudio, aunque los catadores dieron calificaciones altas a ciertos tratamientos.

La calificación de la calidad de taza, puede verse afectado por factores como: variedad, tipo de beneficio, tipo de fermentación e incluso el tiempo, esto se corrobora con Puerta (2011), quien destaca en su estudio que la composición química y la calidad de taza de un café dependen de la especie, la madurez, el tipo de beneficio, la fermentación, el secado, almacenamiento, el grado de tostación y el método de preparación de la bebida; y también concuerda con el estudio de Jumbo (2021), quien manifiesta que el piso altitudinal, la variedad de café y los procesos tecnológicos influyen en la calidad de taza obteniendo cafés con categoría de calidad muy buena (83,80).

Las variedades de café arábigo son consideradas como cafés especiales o de alta calidad porque conservan todas sus propiedades, por tal razón son los cafés más caros o mejor pagados (FAO, 2012); pero según Díaz (2018), para denominarlos como cafés especiales deben ser sometidos a análisis sensoriales y para ello se toma en cuenta el protocolo SCAA, el cual está dado por la suma de las puntuaciones individuales para cada uno de los atributos sensoriales. Además, Torres (2014) y Marín (2003), manifiestan que los cafés cosechados en el estado maduro tienen calificaciones superiores mientras que los frutos verdes, pintones y sobre maduros obtienen calificaciones bajas en la calidad de taza.

Con ello las variedades empleadas en cada una de las fincas de estudio mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), estas variedades son Híbrido de Nestlé, Bourbon y Colombia y se encuentran en un rango de calidad de 83, 25 a 87, 86 correspondiente a un café de “Calidad muy buena”, resultados que son similares al estudio de Ramos *et al*, (2017) sobre la calidad de taza en la variedad Colombia en dónde encontraron diferencias significativas y catalogaron al café como especial. Además, nuestros resultados no concuerdan con Córdoba *et al*, (2016) quienes en su investigación no evidenciaron diferencias significativas en cuanto al puntaje de taza ni por tratamiento ni por variedad.

Otros factores que determinan la calidad del café son las especies y variedades de café que influyen en el sabor determinando su cuerpo; la altura y la latitud determinan el grado de acidez; la región en donde se produce determina el aroma y es importante que el café cosechado no sea revuelto con los cafés de diferentes alturas y madurez (Díaz, 2018). También influye el tratamiento térmico (tostado) del café verde lo que permite que se manifiesten las notas o propiedades típicas del café para su consumo, es por ello que la tostación debe ser bastante lenta, evitando que haya saltos de temperatura para que el grano desarrolle sus mejores cualidades (Kiklestien, 2010).

### **5.5. Notas especiales del café**

El 100% de las tazas analizadas de los tratamientos de estudio presentaron notas a caramelo, fruta madura, frutos rojos y dulce de leche, lo que difiere con el estudio de Puerta *et al*, (2016) quienes encontraron que el 93, 5% de las tazas presentaron notas a herbales, tostadas, cítricos, chocolate, caramelo y floral.

Los pisos altitudinales, la variedad de café y los procesos tecnológicos influyen en las notas de la calidad de taza, estos datos se contrastan con Jumbo (2021), quien en una finca de estudio ubicada a 1 233 m s.n.m con café vía húmedo tuvo una calidad de taza de 83,80 puntos presentando notas características de caña y almendra tostada. Además, Puerta (2016), confirma que la calidad de la bebida está determinada por las características físicas del grano, humedad, horas de fermentación, secado y los defectos del grano; mientras que Jumbo (2021) y Puerta (2011), mencionan que en los granos de café tostados se pueden encontrar compuestos químicos con diversas clases de aromas como a caramelo, tostados, almendras, cítricos, frutales, cocinado, y también desagradables como a tierra, ahumados y fétidos, entre otros.

En la investigación de Puerta *et al*, (2015) las fermentaciones del café sin oxígeno (sumergidas) predomina una calidad de taza muy suave con notas a chocolate caramelo, mientras que en las fermentaciones con oxígeno (sólidas) se produce una bebida más compleja con diversidad de notas como frutales, cítricos y chocolates. En las fermentaciones del café en sistemas abiertos se favorecen los frutales, chocolates y dulces, en tanto que en las cerradas se producen sabores

frutales, dulces, avellana, vainilla, aunque también florales y terrosos, resultados que concuerdan con nuestro estudio ya que encontramos las mismas notas en la calidad de taza, siendo las más notorias en los tratamientos caramelo, fruta madura, frutos rojos y dulce de leche.

## **5.6. Defectos primarios y secundarios del café**

Se consideran defectos primarios a los granos cuyas características inciden notablemente en el deterioro de la calidad física y los atributos de la bebida y los defectos secundarios son aquellos que no influyen sobre los atributos físicos y la calidad de la taza u organoléptica (INEN 285:2006).

En la finca “El Ahuacate” (Loja) se utilizó la variedad Colombia en todos los tratamientos y existe mayor cantidad de defectos secundarios, esto probablemente se debe a una mala nutrición de las plantas, un control no adecuado de plagas y enfermedades e incluso el nivel de tueste (tueste medio) no es el adecuado para esta variedad. Este resultado se contrasta con el estudio de Puerta *et al.*, (2016) quienes encontraron mayores defectos en las variedades Catimor, Caturra y Colombia. Por otra parte, la presencia de defectos (ásperos, a madera y agrios) es más frecuente en fermentaciones realizadas a temperaturas altas, en sistemas cerrados, con la presencia de oxígeno (sólidas) y para tiempos de fermentación por encima de 48 horas (Puerta *et al.*, 2015).

También, se debe señalar que en la finca “Doña Julita” (Vilcabamba) el tratamiento tres que consiste en una fermentación aeróbica con café natural de la variedad Bourbón y aplicación *Saccharomyces cerevisiae*, presentó menor cantidad de defectos, esto se debe a que las condiciones climáticas de la finca son adecuadas para esta variedad, las plantas recibieron una buena nutrición e incluso los equipos son de buena calidad (despulpadora) lo que evita dañar a la cereza durante el despulpado. En un estudio de Triviño (2014), se identificó en sus lotes durante el análisis de defectos que existió un mayor porcentaje de granos negros, quebrados, remordidos y vanos añadiendo que las plantas de este lote atravesaron problemas en el proceso de secado.

## 6. CONCLUSIONES

- La disminución del pH y los grados Brix (°Bx) fue representativo en los diferentes tratamientos al adicionar *Sacharomyces cerevisiae*, lo que contribuyó en el proceso de fermentación sin afectar las características organolépticas de café evaluadas: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, uniformidad y taza limpia.
- La adición de *Sacharomyces cerevisiae* en una fermentación aeróbica con café natural provoca puntajes elevados (mayores a 87 puntos) los cuales son catalogados como cafés especiales y se obtiene notas llamativas como caramelo, frutos rojos y dulce de leche.

## 7. RECOMENDACIONES

- ✚ Analizar la fermentación y calidad de taza del café con la aplicación de nuevas levaduras comerciales diferentes a la *Sacharomyces cerevisiae*.
  
- ✚ Realizar varias fermentaciones con café natural y lavado para comparar si los descriptores o notas del café son las mismas o cambian.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado D., Evangelista R., Mejía K. (2004). Identificación de territorios de café Coffea arabica de calidad en El Salvador. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. 68 pp.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). (2017). Remoción del Mucílago: Punto de fermento. Asociación de cafés. Recuperado en: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficiadoHumedo\\_Mucílago](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficiadoHumedo_Mucílago) Consultado el: 27 de enero de 2020.
- Bertrand B., Vaast P., Etienne H., Charmetant P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving: Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. 11 pp.
- Briceño B., Castillo J., Carrión R., Díaz D. (2020). Propuesta de implantación de invernadero de secado de café con cubierta parabólica y estructura modular adaptada. Ingenius, 24: 36-46.
- Bruyn F., Zhang S., Pothakos V., Torres J., Lambot C., Moroni A., Callanan M., Sybesma W., Weckx S., Vuyst L. (2017). Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. Appl Environ Microbiol, 83(1): 16-98.
- Carrasco N. (2017). Tecnología del café. Perfect Daily Grind. Recuperado en: <https://www.perfectdailygrind.com/2017/02/como-la-tecnologia-puede-hacer-que-el-cafe-sea-mas-atractivo-para-los-jovenes/> Consultado el: 12 de diciembre de 2019.
- Castillo P. (2015). Manejo Poscosecha. Programa de Cafés Especiales de Perú. Recuperado en: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2014/12/SCAN-PERU-DIPTICO-14.pdf> Consultado el: 10 de noviembre de 2019.
- Castro P., Contreras Y., Laca, D., Nakamatsu K. (2004). Café de especialidad alternativa para el sector cafetalero peruano. ESAN, 1(9): 1-24.

- Chávez R, Chan V, Arguedas P, Mora J. (2009). Desarrollo de productos no convencionales a partir de café y de sus subproductos. Tesis Ingeniero Agropecuario. Costa Rica: Escuela de Ingeniería Agropecuaria Administrativa, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 89 pp.
- Columbus M., Pulgarín G. (2002). Proyecto de Producción de café orgánico para exportación como una nueva alternativa comercial para el Ecuador. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Recuperado en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3807/1/6334.pdf> Consultado el: 03 de noviembre de 2019.
- Córdoba N., Guerrero J. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2): 75 – 83.
- Correa E., Jiménez T., Díaz V., Barreiro P., Diezma B., Oteros R., Ruiz M. (2014). Advanced characterization of a coffee fermenting tank by multi-distributed Wireless sensors: Spatial interpolation and phase space graphs. *Food and Bioprocess Technology*, 7(11): 3166-3174.
- Cumbicus E., Jiménez R. (2012). Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador. Tesis Ingeniero en Administración de Empresas. Loja, Ecuador: Escuela de Administración de Empresas, Universidad Técnica Particular de Loja. 132 pp.
- Davis A, Govaerts R, Bridson D, Stoffelen P. (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(49): 465–512.
- Díaz D. (2018). Tipo de empaque y contenido de humedad en la conservación de la calidad de cafés especiales. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. 121 pp.
- Duicela L. (2016). Investigación y desarrollo cafetalero en el Ecuador: Situación actual y perspectivas. Centro de investigación del Ecuador. Recuperado de <https://docplayer.es/65662154-Centro-de-investigacion-de-ecuador-cide.html> Consultado el: 15 de enero de 2020.

- Duicela L., Velásquez S., Farfán T. (2017). Calidad Organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1): 67-77.
- Evangelista S., Pedroso M., Ferreira C., Marqués A., Freitas., R. (2014). Microbiological diversity associated with the spontaneous wetmethod of coffee fermentation. *International Journal of food microbiology*, 10(1): 102-112.
- Farah A., Ferreira T. (2015). La planta del café y los frijoles: una introducción. (cap. 1, pp. 265-263). En: Preedy V. *Café en la salud y prevención de enfermedades*. 1° edición. Reino Unido. 1080 pp.
- Henao J. (2015). Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Tesis para la obtención del título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. 100 pp.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2010). Guía técnica para el beneficiado de café bajo una identificación geográfica o denominación de origen. Guatemala. 67-81.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2006). *Café verde en grano: Clasificación y requisitos*. Recuperado en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/285.pdf> (consultado el 02 de febrero de 2021).
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2014). *Café arábico: Coffea arábica*. Repositorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea> Consultado el: 03 de noviembre de 2019.

- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2018). Cultivo de café arábico. Recuperado en: <https://elproductor.com/2018/06/cultivo-de-cafe-arabigo/> Consultado el: 15 de enero de 2020.
- Jackels S., Jackels C. (2005). Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicators: A field study in Nicaragua. *Food and Toxicology Chemistry*, 70(5): 321-325.
- Jumbo B. (2021). Influencia de la variedad, altura y procesos tecnológicos en la calidad y sustentabilidad del café de Chaguarpamba, Loja – Ecuador. Tesis para la obtención de Doctora en Agricultura Sustentable. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 83 pp.
- Kuklinski C. (2010). *Nutrición y Bromatología*. 1ra edición. España: Ediciones Omega. 432 pp.
- Kumar M., Sansaniwal S., Khatak P. (2016). Progress in solar dryers for drying various commodities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55: 346–360.
- Ladino W., Cortés E., Gutiérrez N., Amorocho, C. (2016). Calidad de la taza de café (*Coffea arábica* L) procesado en fermentación semiseca. *Agronomía Colombiana*, 34(1): 1-4.
- Lara C. (2016). Efecto del proceso de secado en las características físico – químicas y sensoriales de café especial (Var. Pacamara). Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 43 pp.
- Monroing M. (2005). *Morfología Del Cafeto*. Academic. Recuperado en: [http://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1858/Morfologia\\_cafeto2.pdf](http://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1858/Morfologia_cafeto2.pdf) Consultado el: 17 de enero de 2020.
- Oliveros C., Sanz J., Ramírez C., Peñuela, A. (2009). Aprovechamiento eficiente de la energía en el secado mecánico del café. Publicación de Cenicafe. Recuperado en <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0380.pdf> Consultado el: 12 de diciembre de 2019.

- Pedrajas R. (2014). El mundo del Café. 1° edición. Madrid: Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente. 332 pp.
- Piraval R., Cruz J. Evaluación del efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la caracterización sensorial del café en dos sistemas de fermentación. Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 35 pp.
- Ponce L., Orellana K., Acuña I., Alemán J., Fuentes T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana; perspectivas. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307-325.
- Puerta G. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. *Cenicafé*, 1(402): 1-12.
- Puerta G. (2011). Composición Química de una taza de café. *Cenicafé*, 1(414): 1-12.
- Puerta G. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Cenicafé*, 1(422): 1-12.
- Puerta G. (2013). Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. *Cenicafé*, 1(525): 1-18.
- Puerta G., Echeverry J. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Cenicafé*, 1(454): 1-12.
- Puerta G., González F., Correa A., Álvarez I., Ardila J., Girón O., Ramírez C., Baute J., Sánchez P., Santamaría M., Montoya D. (2016). Diagnóstico de la calidad del café según la altitud, suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Cenicafé*, 67 (2): 15-51.
- Puerta G., Ríos A. (2012). Composición química del mucílago de café según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé*, 62(2): 23-40.
- Puerta, I. (2008). Riesgos de la calidad y la inocuidad del café en el secado. *Cenicafé*, 1(371): 1-8.

- Ramírez D. (2010). Café: Efectos del consumo de café en la salud. Centro de estudios en salud, 1(12): 156-167.
- Ramos L., Criollo H. (2017). Calidad física y sensorial de Coffea arábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, Unión Nariño. Ciencias Agrícolas, 34(2): 83 - 97.
- Rodríguez A. (2009). Aprovechamiento eficiente de la energía en el secado mecánico del café. Publicaciones de Cenicafe. Recuperado en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0380.pdf> Consultado el: 12 de diciembre de 2019.
- Romero G. (2012). Participación en el proceso de injertos tipo Hypocotiledonal en el cultivo de café (Coffea arabica L). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Santa Rosa, Guatemala. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. 61 pp.
- Sánchez C. (2005). Cultivo, Producción y Comercialización del Café. Lima: Ripalme. 23 pp.
- Santos J. (2015). Determinación comparativa de tiempo de secado de café (Coffea arábica) en dos tipos de secadores solares en el valle de Sandia-Puno. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Puno, Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. 81 pp.
- SCAA (Speciality Coffee Association of America). (2008). Protocolos de catación. Estados Unidos.
- Triviño J. (2014). Análisis sensorial el café arábigo en la isla santa cruz Galápagos y su negociación en el mercado de futuros. Título de Economista Agrícola. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Educación técnica para el desarrollo. 126 pp.
- Valarezo D. (2017). Efecto del proceso de beneficiado húmedo en características físico-químicas y sensoriales de café verde especial (var. Pacamara). Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 35 pp.
- Zambrano F., Guerrero H., Plaza L., Jiménez J., Loor R. (2016). Mejoramiento y Homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios de cacao y café.

Recuperado

en

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4450/1/iniapeetpPM433Protocolo%204%20%282%29.pdf> Consultado el: 12 de marzo de 2020.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Evidencias fotográficas de campo



**Figura 19.** Medición de los grados Brix.



**Figura 20.** Aplicación de Ácido Peracético al café cereza.



**Figura 21.** Aplicación de la levadura.



**Figura 22.** Tratamientos con tres repeticiones.



**Figura 23.** Tratamientos bajo sombra.



**Figura 24.** Café lavado en camas africanas.



**Figura 25.** Medición de la temperatura del grano.



**Figura 26.** Medición de la humedad del grano.



**Figura 27.** Tesista con el Ing. Carlos Orellana, tomando mediciones de secado.

## Anexo 2. Evidencias fotográficas de laboratorio



**Figura 28.** Café tostado.



**Figura 29.** Café tostado junto con sus tres repeticiones.



**Figura 30.** Café con molido medio.



**Figura 31.** Catadores Q-Grader.



**Figura 32.** Proceso para romper la taza.



**Figura 33.** Tesista observando el café tostado.



**Figura 34.** Catadores, tesista y directora de tesis

**Anexo 3.** Clasificación de los defectos físicos del café según SCAA



**Anexo 4.** Formato de evaluación sensorial de atributos según SCAA, de ambos catadores

**Specialty Coffee Association**  
Arabica Grading Form

Name: José Luis Eguiguren  
Date: 13/ NOV / 2020

Quality Scale			
8.00 - Extra	7.00 - Premium	6.00 - Specialty	5.00 - Substandard
0.25	1.25	2.25	3.25
0.50	1.50	2.50	3.50
0.75	1.75	2.75	3.75

**Sample 11A:** *Mundo, alto en cafeína, Acidez moderada, cuerpo ligero, 1 cuerpo medio. Notas: Cereales, Floral, Sabor dulce, aroma de caramelo.* **Partida Final: 87.00**

**Sample 21A:** *Flor, cuerpo de café, con flor de Apulano, cuerpo ligero. Notas: Floral, Sabor dulce, caramelo, Pimiento, Pastel de chocolate.* **Partida Final: 86.00**

**Sample 31A:** *Flor, cuerpo de café, con flor de Apulano, cuerpo ligero. Notas: Floral, Sabor dulce, caramelo, Pimiento.* **Partida Final: 85.00**

**Sample 41A:** *Flor, cuerpo de café, con flor de Apulano, cuerpo ligero. Notas: Floral, Sabor dulce, caramelo, Pimiento.* **Partida Final: 86.00**

**Sample 51A:** *Flor, cuerpo de café, con flor de Apulano, cuerpo ligero. Notas: Floral, Sabor dulce, caramelo, Pimiento.* **Partida Final: 85.00**

*Signature: José Luis Eguiguren*

**Catador 1:** Ing. José Luis Eguiguren, catador Q-GRADER



Anexo 5. Formato del análisis físico y sensorial

## ANALISIS FÍSICO Y SENSORIAL CAFÉ INDERA



Codigo Muestra **T2V** Provincia **Loja**  
 Fecha **10/09/2020** Productor **Marjorie**  
 Finca \_\_\_\_\_ Telefono \_\_\_\_\_

**ANALISIS FISICO DE LA MUESTRA**

**DEFECTOS**

Variedad		Defectos primarios	Nro. Granos	Peso en gr	Equivalencia
Proceso	Lavado	Grano negro			
Altitud		Grano agrio vinagre			
Humedad	10.10%	Cereza seca			
Peso en Pergamino	300g	Daño por hongos			
Peso trillado	248g	Materia extraña			
Malla 18		Broca severa	2	0.3	4
Malla 17		Defectos secundarios	Nro. Granos	Peso en gr	Equivalencia
Malla 16		Negro parcial			
Malla 15		Negro agrio			
Subtotal Malla 15+	207.7g	Pergamino			
Subtotal Malla 15-	38.6g	Flotador			
Total de Defectos	1.7g	Inmaduro	3	0.3	1
Total Grano Exportable		Averanado/arrugado			
Rendimiento		conchuelas			
		Partido/Quebrado	13	0.8	2
		Cascara			
<b>TOTAL GRANO EXPORTABLE MAS RECHAZO</b>	<b>248g</b>	Broca leve	2	0.3	
		<b>TOTAL DE DEFECTOS</b>		<b>1.7</b>	

PERFIL DE CATA		NOTAS	COMENTARIOS
Fraga/Aroma	7.75	Caramelo	Acidez cítrica
Sabor	7.75	Frutos secos	Cuerpo jugoso
Postgusto	7.50	Chocolate oscuro	Astringente y mantequilla en el residual
Acidez	7.50	Naranja	
Cuerpo	7.75	Lima	
Balance	7.75	Maiz/cereal	
Uniformidad	10		
Dulzura	10		
Taza limpia	10		
Defectos	0		
Puntaje catador	7.75		
<b>Nota Final</b>	<b>83.75</b>		

PERFIL DE CATA



**Richard Anderson Granda B.**  
 Catador Nacional - Q Grader

**Manuel Romero Sánchez**  
 Gerente Café Indera

**Jose Luis Eguiguren**  
 Catador Nacional - Q Grader

**Anexo 6.** Datos registrados de las variables durante el proceso de fermentación en cada finca

**Finca “Nuestro Refugio”**

Tratamiento	Media								
	°Brix			pH			Temperatura del grano (°C)		
	Inicial	Intermedio	Final	Inicial	Intermedio	Final	Inicial	Intermedio	Final
<b>Testigo</b>	18,30	7,00	7,00	4,30	4,20	4,10	22,80	21,27	20,23
<b>T2</b>	18,30	7,00	7,00	4,30	4,20	4,10	22,80	22,37	18,70
<b>T3</b>	18,30	3,00	3,00	4,30	4,20	4,10	22,80	21,33	18,40
<b>T4</b>	18,30	7,00	7,00	4,30	4,20	4,10	22,80	23,53	18,83
<b>T5</b>	18,30	0,00	8,67	4,30	0,00	4,10	22,80	21,47	21,90

**Finca “Doña Julita”**

Tratamiento	Media								
	°Brix			pH			Temperatura del grano (°C)		
	Inicial	Intermedio	Final	Inicial	Intermedio	Final	Inicial	Intermedio	Final
<b>Testigo</b>	9,00	8,2	6,3	4,8	4,1	3,8	36,87	30,37	30,20
<b>T2</b>	9,00	5,8	5,5	4,8	4,4	4,10	33,63	29,77	27,00
<b>T3</b>	9,00	2,1	2,0	4,8	4,5	4,10	41,07	33,80	27,67
<b>T4</b>	9,00	7,1	6,7	4,8	4,5	4,10	36,10	34,50	32,40
<b>T5</b>	9,00	0,0	7,0	4,8	0,0	4,10	36,70	31,43	35,57

### Finca “El Ahuacate”

Tratamiento	PRIMERA FERMENTACIÓN												SEGUNDA FERMENTACIÓN											
	ENTRADA			CONTROL 1			CONTROL 2			SALIDA			ENTRADA				CONTROL 1/SALIDA							
	Fecha	T	°Bx	pH	Fecha	T	°Bx	pH	Fecha	T	°Bx	pH	Fecha	T	°Bx	pH	Fecha	T	°Bx	pH				
<b>Testigo</b>	<b>3/9/2020</b>	19,8	5,5		<b>4/9/2020</b>	27,6	17,2	5,5	<b>5/9/2020</b>	27,3	17,5	5,4	<b>6/9/2020</b>	27,1	17,4	4,9	<b>6/9/2020</b>	24,5	11,0	4,3	<b>7/9/2020</b>	27,3	7,5	4,3
<b>T2</b>	<b>3/9/2020</b>	19,8	5,5		<b>4/9/2020</b>	26,1	12,9	5,2	<b>5/9/2020</b>	27,3	7,1	4,9	<b>6/9/2020</b>	25,9	7,5	4,6	<b>6/9/2020</b>				<b>7/9/2020</b>	25,2	7,5	4,5
<b>T3</b>	<b>3/9/2020</b>	19,8	5,5		<b>4/9/2020</b>	27,0	5,5	0,0	<b>5/9/2020</b>	27,3	3,5	4,9	<b>6/9/2020</b>	26,3	3,2	4,9	<b>6/9/2020</b>				<b>7/9/2020</b>	26,4	3,2	4,5
<b>T4</b>	<b>3/9/2020</b>	19,8	5,5		<b>4/9/2020</b>	27,6	16,9	5,2	<b>5/9/2020</b>	27,3	13,5	4,9	<b>6/9/2020</b>	27,3	12,8	4,9	<b>6/9/2020</b>				<b>7/9/2020</b>	25,7	10,4	4,4
<b>T5</b>	<b>3/9/2020</b>	19,8	5,5		<b>4/9/2020</b>	25,4	0,0	0,0	<b>5/9/2020</b>	27,3	0,0	0,0	<b>6/9/2020</b>	27,8	0,0	0,0	<b>6/9/2020</b>				<b>7/9/2020</b>	24,6	9,0	4,3

**Anexo 7.** Datos registrados de pH y grados Brix durante el tiempo de fermentación

<b>Finca</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>°Brix</b>	<b>pH</b>
<b>Nuestro Refugio</b>	<b>T1</b>	R1	0	18,3	4,3
		R2	0	18,3	4,3
		R3	0	18,3	4,3
		R1	24	7,0	4,2
		R2	24	7,0	4,2
		R3	24	7,0	4,2
		R1	48	7,0	4,1
		R2	48	7,0	4,1
		R3	48	7,0	4,1
	<b>T2</b>	R1	0	18,3	4,3
		R2	0	18,3	4,3
		R3	0	18,3	4,3
		R1	24	7,0	4,2
		R2	24	7,0	4,2
		R3	24	7,0	4,2
		R1	48	7,0	4,1
		R2	48	7,0	4,1
		R3	48	7,0	4,1
	<b>T3</b>	R1	0	18,3	4,3
		R2	0	18,3	4,3
		R3	0	18,3	4,3
		R1	24	3,0	4,2
		R2	24	3,0	4,2
		R3	24	3,0	4,2
R1		48	3,0	4,1	
R2		48	3,0	4,1	
R3		48	3,0	4,1	
<b>T4</b>	R1	0	18,3	4,3	
	R2	0	18,3	4,3	
	R3	0	18,3	4,3	
	R1	24	7,0	4,2	
	R2	24	7,0	4,2	
	R3	24	7,0	4,2	
		R1	48	7,0	4,1

		R2	48	7,0	4,1
		R3	48	7,0	4,1
		R1	0	18,3	4,3
		R2	0	18,3	4,3
		R3	0	18,3	4,3
	<b>T5</b>	R1	24	8,7	4,2
		R2	24	8,7	4,2
		R3	24	8,7	4,2
		R1	48	8,0	4,1
		R2	48	9,0	4,1
		R3	48	9,0	4,1
		R1	0	9,0	4,8
		R2	0	9,0	4,8
		R3	0	9,0	4,8
	<b>T1</b>	R1	24	7,5	4,0
		R2	24	8,2	4,1
		R3	24	9,0	4,1
		R1	48	6,0	3,8
		R2	48	6,0	3,8
		R3	48	7,0	3,9
		R1	0	9,0	4,8
		R2	0	9,0	4,8
		R3	0	9,0	4,8
	<b>T2</b>	R1	24	6,3	4,8
		R2	24	5,2	4,3
		R3	24	6,0	4,2
		R1	48	6,0	3,9
		R2	48	5,0	3,9
		R3	48	5,5	4,1
		R1	0	9,0	4,8
		R2	0	9,0	4,8
		R3	0	9,0	4,8
	<b>T3</b>	R1	24	2,0	4,5
		R2	24	2,1	4,5
		R3	24	2,1	4,5
		R1	48	2,0	4,4
		R2	48	2,0	4,3
		R3	48	2,0	4,5
	<b>T4</b>	R1	0	9,0	4,8

	R2	0	9,0	4,8
	R3	0	9,0	4,8
	R1	24	7,0	4,4
	R2	24	7,2	4,6
	R3	24	7,2	4,6
	R1	48	6,0	4,3
	R2	48	7,0	4,3
	R3	48	7,2	4,3
	R1	0	9,0	4,8
	R2	0	9,0	4,8
	R3	0	9,0	4,8
	R1	24	7,0	4,6
<b>T5</b>	R2	24	7,0	4,6
	R3	24	7,0	4,6
	R1	48	7,0	4,0
	R2	48	7,0	3,9
	R3	48	7,0	4,6
	R1	0	19,8	5,5
	R2	0	19,8	5,5
	R3	0	19,8	5,5
	R1	24	17,5	5,5
	R2	24	17,5	5,5
	R3	24	17,5	5,5
	R1	48	17,2	5,4
<b>T1</b>	R2	48	17,2	5,4
	R3	48	17,2	5,4
	R1	72	11,0	4,9
<b>El Ahuacate</b>	R2	72	11,0	4,9
	R3	72	11,0	4,9
	R1	96	7,5	4,3
	R2	96	7,5	4,3
	R3	96	7,5	4,3
	R1	0	19,8	5,5
	R2	0	19,8	5,5
	R3	0	19,8	5,5
<b>T2</b>	R1	24	12,9	5,2
	R2	24	12,9	5,2
	R3	24	12,9	5,2
	R1	48	7,5	4,9

	R2	48	7,5	4,9
	R3	48	7,5	4,9
	R1	72	7,5	4,6
	R2	72	7,5	4,6
	R3	72	7,5	4,6
	R1	96	7,1	4,5
	R2	96	7,1	4,5
	R3	96	7,1	4,5
	R1	0	19,8	5,5
	R2	0	19,8	5,5
	R3	0	19,8	5,5
	R1	24	5,5	5,2
	R2	24	5,5	5,2
	R3	24	5,5	5,2
<b>T3</b>	R1	48	3,5	4,9
	R2	48	3,5	4,9
	R3	48	3,5	4,9
	R1	72	3,2	4,9
	R2	72	3,2	4,9
	R3	72	3,2	4,9
	R1	96	3,2	4,5
	R2	96	3,2	4,5
	R3	96	3,2	4,5
	R1	0	19,8	5,5
	R2	0	19,8	5,5
	R3	0	19,8	5,5
	R1	24	16,9	5,2
	R2	24	16,9	5,2
	R3	24	16,9	5,2
<b>T4</b>	R1	48	13,5	4,9
	R2	48	13,5	4,9
	R3	48	13,5	4,9
	R1	72	12,8	4,9
	R2	72	12,8	4,9
	R3	72	12,8	4,9
	R1	96	10,4	4,4
	R2	96	10,4	4,4
	R3	96	10,4	4,4
<b>T5</b>	R1	0	19,8	5,5

R2	0	19,8	5,5
R3	0	19,8	5,5
R1	24	17,1	5,3
R2	24	17,1	5,3
R3	24	17,1	5,3
R1	48	14,3	5,0
R2	48	14,3	5,0
R3	48	14,3	5,0
R1	72	11,7	4,7
R2	72	11,7	4,7
R3	72	11,7	4,7
R1	96	9,0	4,3
R2	96	9,0	4,3
R3	96	9,0	4,3

---

**Anexo 8.** ANOVA del nivel de calidad de la taza de café

**Finca “Nuestro Refugio”**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>
T1	85,86 C
T5	86,25 CB
T3	86,63 B
T2	87,5 A
T4	87,86 A

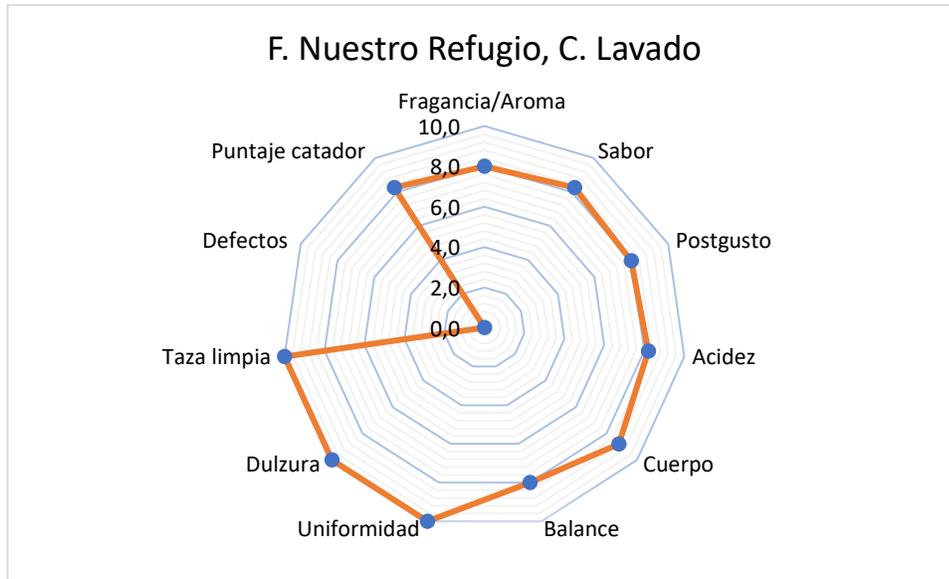
**Finca “Doña Julita”**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>
T3	83,25 C
T1	83,38 C
T2	83,75 C
T5	86,0 B
T4	86, 63 A

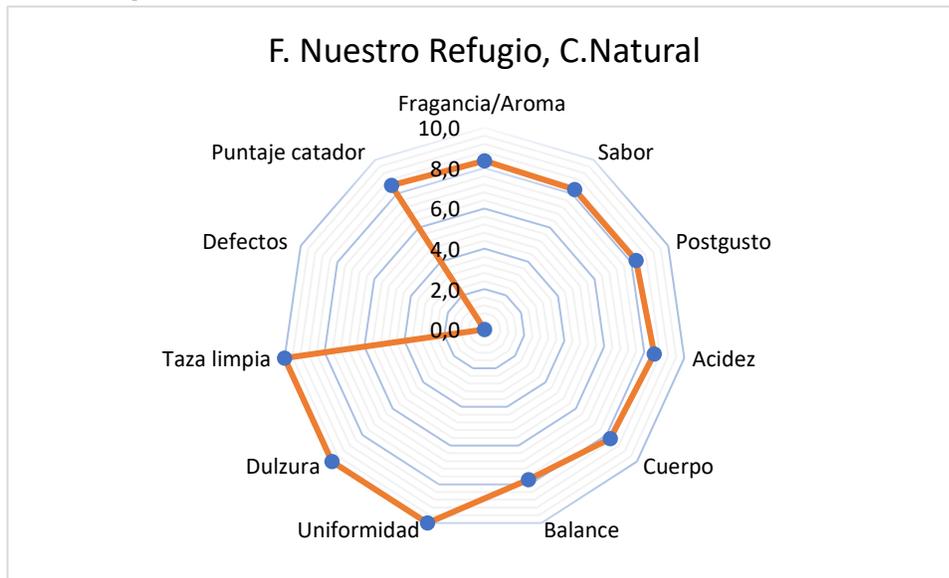
**Finca “El Ahuacate”**

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>
T3	85,25 B
T4	86,25 A
T2	86,4 A
T1	86,5 A
T5	86,75 A

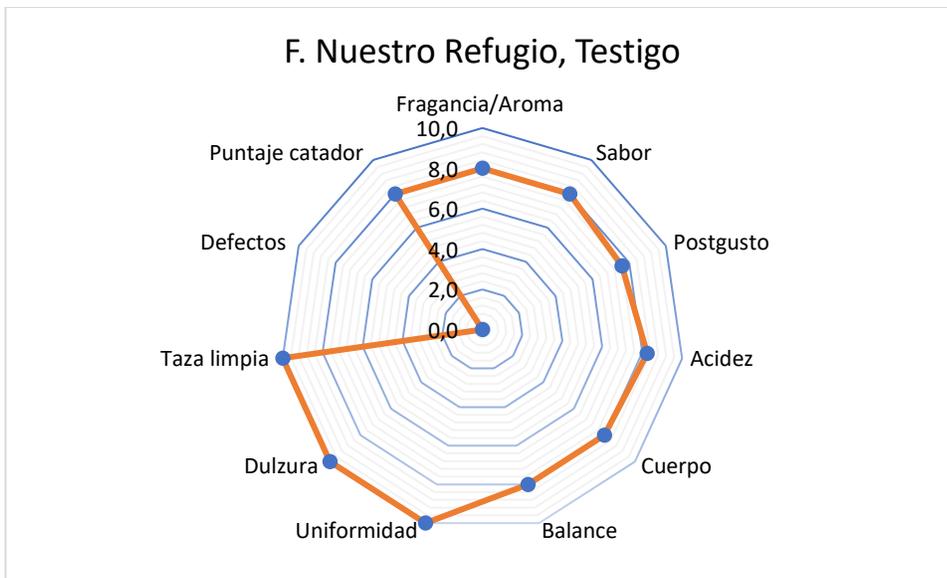
**Anexo 9.** Gráficos de arañas o radial que muestran puntuaciones de los atributos de la calidad de taza de los mejores tratamientos y el testigo



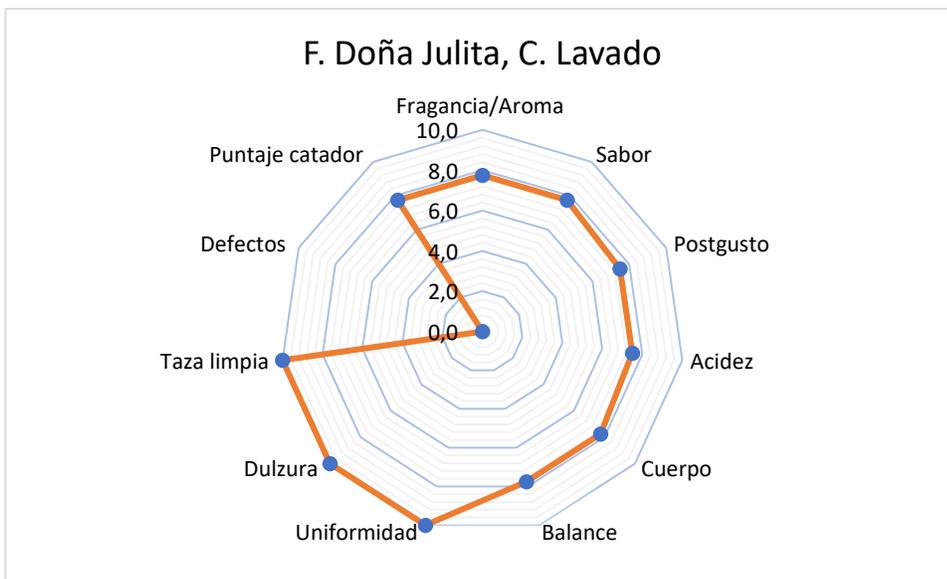
**Figura 35:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca "Nuestro Refugio".



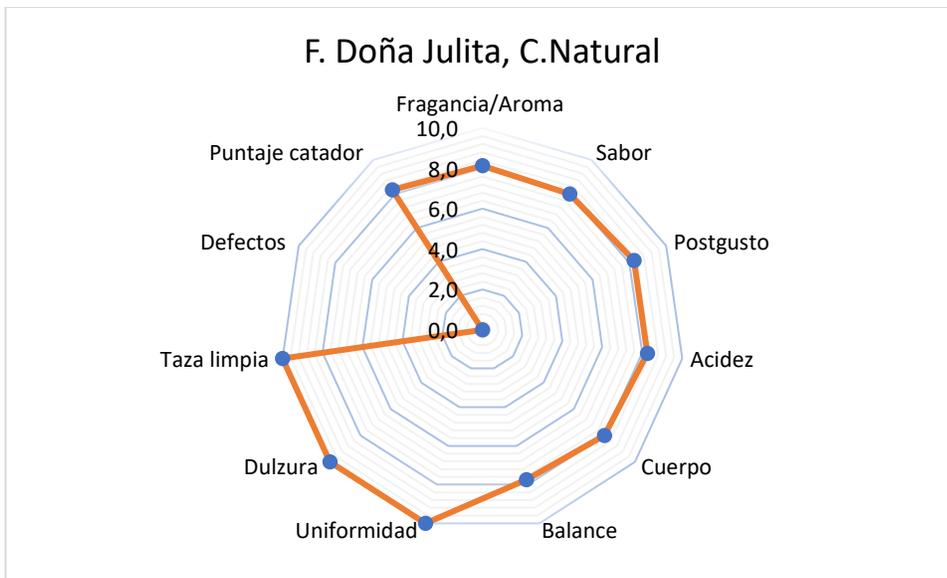
**Figura 36:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T4), en la finca "Nuestro Refugio".



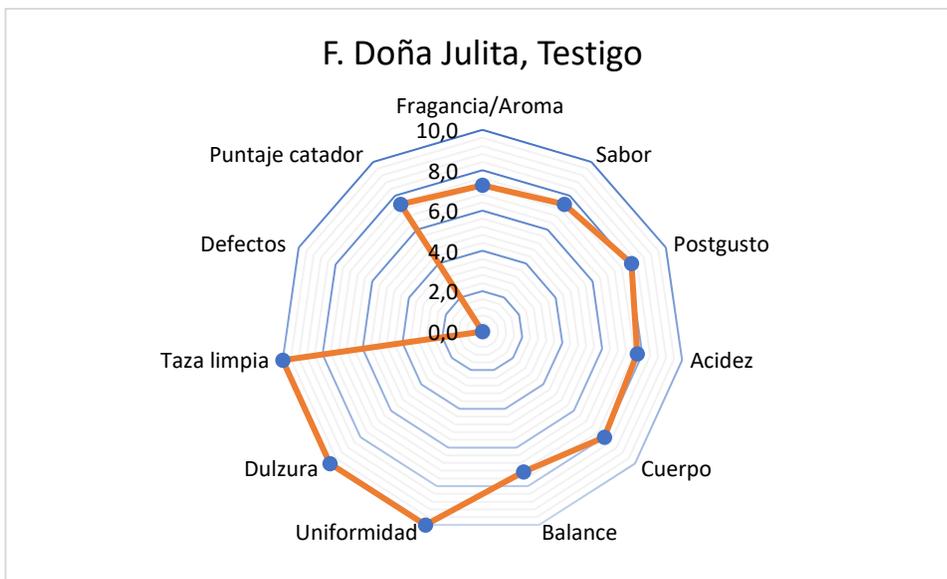
**Figura 37:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “Nuestro Refugio”.



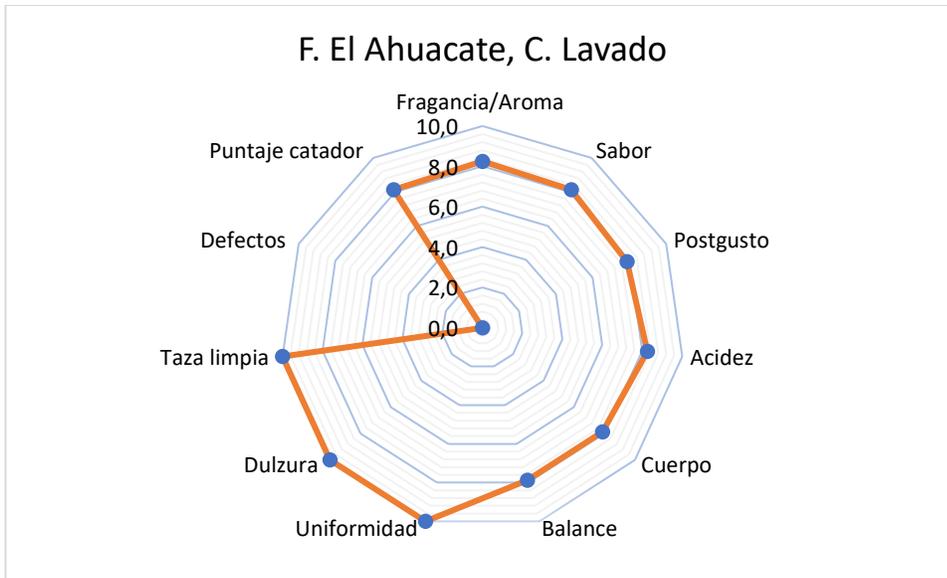
**Figura 38:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca “Doña Julita”.



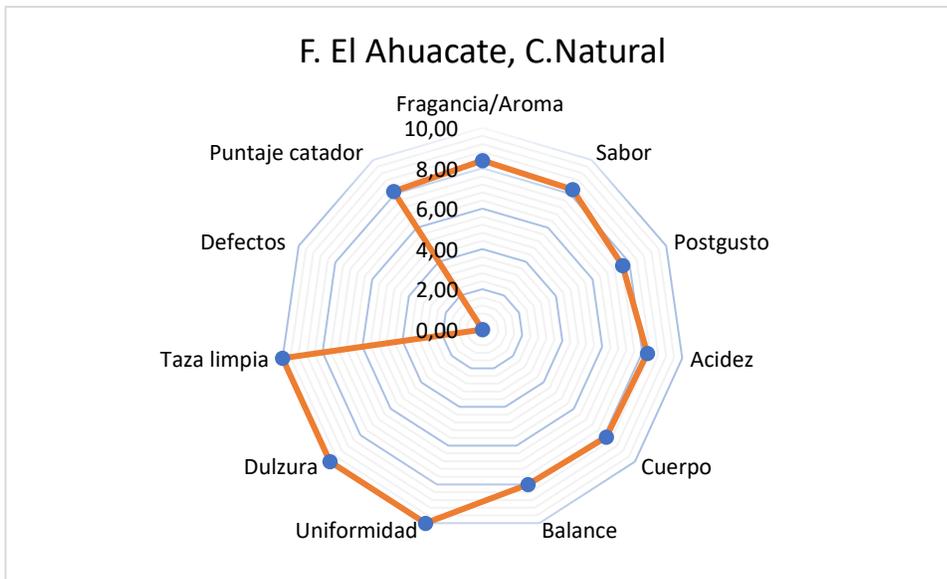
**Figura 39:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T4), en la finca “Doña Julita”.



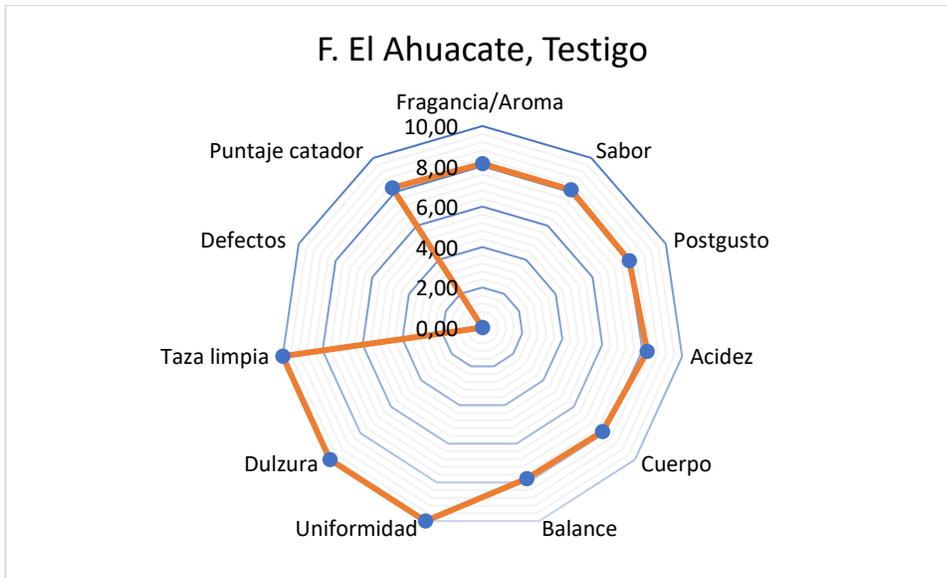
**Figura 40:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “Doña Julita”.



**Figura 41:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café lavado (T2), en la finca "El Ahuacate".



**Figura 42:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural (T5), en la finca "El Ahuacate".



**Figura 43:** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial del testigo, en la finca “El Ahuacate”.