

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE  
FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CAFÉ  
(*Coffea arábica* L.) DEL VALLE DE INAMBARI – SANDIA”

**TESIS**

PRESENTADA POR:

Bach. RILDO ORLANDO VILCA SOTOMAYOR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO - PERÚ**

**2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS**

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE  
FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CAFÉ (*Coffea*  
*arábica* L.) DEL VALLE DE INAMBARI – SANDIA”

PRESENTADA POR:

**Bach. RILDO ORLANDO VILCA SOTOMAYOR**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

REVISADO Y APROBADO POR EL JURADO CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE**

  
Ing. M.Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO

**PRIMER MIEMBRO**

  
Ing. Saïre Roenfi GUERRA LIMA


**SEGUNDO MIEMBRO**

  
Ing. Marienela CALSIN CUTIMBO

**DIRECTOR DE TESIS**

  
Ph.D. Juan Marcos ARO ARO

**ASESOR DE TESIS**

  
Ing. M.Sc. Pablo A. BELTRAN BARRIGA

PUNO – PERÚ

2014

**Área: Ingeniería y tecnología**

**Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes**

## DEDICATORIA

*A Dios por la fortaleza que me  
dio en los momentos difíciles.*

*Con el más profundo cariño a mis  
queridos padres Roberto y Alicia,  
que siempre me apoyaron de  
manera incondicional en mi  
formación personal y profesional.*

*Con cariño y gratitud a mi  
hermana Roselín Milagros,  
por su aliento constante para  
la culminación de este trabajo.*

*A mi tío Freddy Alcides,  
por su apoyo e invaluable  
contribución en mi formación  
a lo largo de toda mi vida.*

*Rildo Orlando*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por la oportunidad de la realización de mis estudios superiores y a su plana docente, por haber compartido sus sabias enseñanzas.

Al Ph.D. Juan Marcos Aro Aro, por aceptar la dirección del presente trabajo de investigación y haberme orientado en esta tarea, mostrando un constante e inestimable apoyo incondicional, paciencia y entusiasmo.

A los distinguidos miembros del jurado: M.Sc. Genny Isabel Luna Mercado, Ing. Saire Roenfi Guerra Lima, Ing. Marienela Calsin Cutimbo, por acceder amablemente a formar parte del mismo y por su contribución en los aspectos de aprobación del proyecto, ejecución y redacción final del presente trabajo.

A la Cooperativa CECOVASA Ltda. y sus directivos por brindarme sus instalaciones para la ejecución del presente trabajo, en especial al Gerente Javier Cahuapaza, por ser muy gentil y darme todas las facilidades.

A todas las personas que de alguna manera estuvieron involucradas durante el desarrollo de la presente investigación, directa o indirectamente han estado a mi lado durante todo este tiempo, en el que me han ofrecido su amistad y dieron ánimos para cumplir los objetivos trazados.

*Rildo Orlando*

## ÍNDICE GENERAL

Pag.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

GLOSARIO

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.	EL CAFÉ.....	3
2.1.1.	Descripción.....	3
2.1.2.	Origen.....	5
2.1.3.	Taxonomía.....	6
2.1.4.	Variedades.....	7
2.1.5.	Composición química del café.....	9
2.1.6.	Clasificación del café según zonas.....	11
2.1.7.	Ciclo fisiológico del café.....	12
2.2.	FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ.....	14
2.2.1.	Factores de la fermentación.....	15
2.2.2.	Microbiología de la fermentación del café.....	16
2.2.3.	Bioquímica de la fermentación del café.....	17

2.3. COMPUESTOS BIOQUÍMICOS ASOCIADOS A LA CALIDAD	
ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ.....	19
2.4. TIPOS DE BENEFICIADO DE CAFÉ.....	21
2.4.1. Beneficio por vía húmeda.....	21
2.4.2. Beneficio por vía seca.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	24
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	24
3.2.1. Materia prima.....	24
3.2.2. Materiales.....	24
3.2.3. Equipos.....	25
3.2.4. Insumos.....	25
3.3. METODOLOGÍA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE OPERACIONES.....	26
3.3.1. Obtención del café pergamino.....	26
3.3.2. Procedimientos de muestreo y evaluación de análisis físico.....	30
3.3.3. Acondicionamiento del material y la muestra.....	38
3.3.4. Evaluación sensorial y/o catación.....	40
3.3.5. Descripción de los componentes individuales.....	43
3.3.6. Puntaje final.....	46
3.4. UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES.....	47
3.4.1. Unidades de estudio.....	47
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51

4.1. Resultados del Análisis Físico.....	51
4.1.1. Humedad.....	52
4.1.2. Defectos.....	54
4.1.3. Color.....	56
4.1.4. Granulometría.....	57
4.1.5. Rendimiento.....	61
4.2. Resultados del Análisis Sensorial según atributos.....	63
4.2.1. Fragancia/Aroma.....	65
4.2.2. Sabor.....	68
4.2.3. Sabor Residual.....	70
4.2.4. Acidez.....	73
4.2.5. Cuerpo.....	75
4.2.6. Balance.....	78
4.2.7. Puntaje Catador.....	81
4.2.8. Uniformidad, Taza Limpia Y Dulzura.....	83
4.3. Resultados del análisis sensorial según sumatoria de los atributo.....	84
4.3.1. Evaluación de resultados de acuerdo al análisis estadístico.....	85
4.3.2. Evaluación de resultados de acuerdo a protocolos de calidad de la Speciality Coffee Association of América (SCAA).....	89
V. CONCLUSIONES.....	94
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	96
VIII. ANEXOS.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

N°	TÍTULO	Pag.
1	Composición química del café pergamino.	10
2	Promedio de la composición química del grano de café verde de las variedades de <i>Coffea arábica</i> L. (% base seca).	11
3	Distribución de las zonas según su altitud.	12
4	Composición química del mucílago del café.	18
5	Tabla de equivalencias de los defectos.	34
6	Ejemplo para determinar el tamaño del grano.	37
7	Rangos de puntuación.	43
8	Clasificación total de puntuación de calidad.	47
9	Formato para recolección de datos.	50
10	Resultados del porcentaje de humedad.	53
11	Número defectos por cada 250 g de café verde.	54
12	Resultados del análisis sensorial para Fragancia/Aroma.	65
13	Resultados del análisis sensorial para sabor.	68
14	Resultados del análisis sensorial para sabor residual.	71
15	Resultados del análisis sensorial para acidez.	73
16	Resultados del análisis sensorial para cuerpo.	76
17	Resultados del análisis sensorial para balance.	79
18	Resultados del análisis sensorial para puntaje catador.	81
19	Resultados del análisis sensorial para puntaje final.	85



**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>N°</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pag.</b>
1	Café cereza.	03
2	Estructura interna del café.	04
3	Ciclo fisiológico del café.	13
4	Diagrama de flujo de beneficio húmedo.	26
5	Diagrama de flujo de análisis físico.	31
6	Escala de coloración del café verde.	36
7	Diagrama de flujo para tostado.	38
8	Porcentaje de Granulometría para variedad Caturra.	59
9	Porcentaje de Granulometría para variedad Borbón.	60
10	Porcentaje de Rendimiento.	62
11	Comparación de resultados según diagrama de mallas.	91
12	Resultados individuales según diagrama de mallas para variedad Caturra.	92
13	Resultados individuales según diagrama de mallas para variedad Borbón.	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>N°</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Pag.</b>
14	Resultados de análisis sensorial.	102
15	Resultados de la evaluación de Humedad.	104
16	Resultados de la evaluación de número de defectos.	106
17	Resultados de la evaluación de granulometría.	107
18	Porcentaje de rendimiento.	109
19	Resultados de la evaluación sensorial para Fragancia/Aroma.	110
20	Resultados de la evaluación sensorial para Sabor.	112
21	Resultados de la evaluación sensorial para Sabor Residual.	114
22	Resultados de la evaluación sensorial para Acidez.	116
23	Resultados de la evaluación sensorial para Cuerpo.	118
24	Resultados de la evaluación sensorial para Balance.	120
25	Resultados de la evaluación sensorial para Puntaje Catador.	122
26	Resultados de la evaluación sensorial según sumatoria de atributos.	124
27	Panel fotográfico.	126
28	Formulario de catación de cafés especiales (SCAA)	129

**GLOSARIO**

- ANVA : Análisis de varianza.
- CENICAFÉ : Centro Nacional de Investigaciones de Café
- CQI : Instituto de Calidad del Café  
(Coffee Quality Institute)
- ISO : Organización Internacional de Normalización
- JNC : Junta Nacional del Café
- NTP : Normas Técnicas Peruanas
- SCAA : Asociación Americana de Cafés Especiales  
(Speciality Coffee Association of América)



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de los parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (*Coffea arabica* L.). La parte experimental del presente trabajo de investigación se ejecutó en los sectores de Buena Vista y Pampa Grande, del Distrito de Alto Inambari – Sandia. El análisis físico y análisis sensorial se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia (CECOVASA Ltda.). El método empleado para la fermentación fue el beneficio húmedo tradicional, en los cuales se trabajó con 2 variedades de café, Caturra y Borbón, en 2 altitudes, 1524 y 1688 m.s.n.m., en 3 diferentes tiempos de fermentación, 12, 14 y 16 horas. De acuerdo a la escala de calificación de la Specialty Coffee Association of América (SCAA) que tiene un rango de 0 a 100 puntos; los resultados obtenidos del análisis sensorial indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores de estudio. En el análisis sensorial de las variedades en estudio se obtuvo como resultado: que el promedio de puntaje de la variedad Caturra es de  $81.98 \pm 1.06$  y de la variedad Borbón es de  $83.1 \pm 1.66$ , lo cual expresa que se tiene mejores resultados en sus atributos como: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, dulzura fue la variedad Borbón. La altitud de la zona de producción es un factor que influye en la calidad sensorial del café, para este estudio se tuvo mejores resultados a 1688 m.s.n.m. que obtuvo  $81.80 \pm 1.03$ . El mejor tiempo de fermentación fue de 16 horas y logró obtener  $83.78 \pm 1.68$  en la escala de calificación SCAA. En conclusión la variedad Borbón, producida a 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas presenta mejores características sensoriales en fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, balance y puntaje catador.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., fermentación, beneficio húmedo, calidad sensorial.

## I. INTRODUCCIÓN

El grano de café, es el primer producto de agro exportación y generador de divisas del país, también constituye la principal fuente de generación de ingresos para los productores en la zona de selva alta del Perú, que cuenta con climas diversificados y esto favorece la producción de café orgánico, que ha ido incrementando considerablemente en los últimos años (Agrobanco, 2007). El café es una importante materia prima global y forma una fracción importante de la economía de exportación de muchos países, en ocasiones se ha clasificado segundo después del petróleo entre los productos comercializados (Chanakya & De Alwis, 2004). El género *Coffea* contiene alrededor de 100 especies, siendo *Coffea arábica* y *Coffea canephora* los más importantes para propósitos comerciales (Patui *et al.*, 2013). El café es un producto económicamente relevante, comercializada internacionalmente como café verde. La Organización Internacional del Café (OIC) cubre el comercio mundial y el movimiento de café. (Chanakya & Alwis, 2004).

La Región de Puno tiene condiciones favorables para la producción de cafés especiales porque tiene un clima propicio para la producción de café de calidad. Es importante tomar en cuenta, que existen varios factores que pueden incidir en la calidad del café, condiciones climatológicas y altitudinales, tipo de suelo, las variedades, manejo agronómico, recolección del grano, mezcla de variedades, formas inadecuadas de beneficio del café (despulpado, fermentado, lavado, secado y almacenamiento).

La mayoría de los productores de café en el valle de Sandia, realiza el proceso de beneficiado de café en forma tradicional, lo cual genera desuniformidad en la calidad del café por los diferentes materiales y métodos que utiliza el productor, que a la vez desconoce el periodo óptimo de fermentación y buena descomposición del mucílago, generando en la mayoría de los casos un ambiente favorable para el crecimiento de

microorganismos, en consecuencia, la obtención de sabores y olores desagradables en taza que disminuye la calidad del café.

Por tal fin se planteó el siguiente objetivo:

Determinar la influencia de la variedad, de los pisos altitudinales y del tiempo de fermentación en la calidad sensorial del café del valle de Inambari – Sandía.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL CAFÉ (*Coffea*)

#### 2.1.1. Descripción

Es una semilla procedente del árbol del cafeto, perteneciente a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Los cafetos cultivados en el mundo a nivel industrial son de la especie *Coffea arábica* L. y *Coffea canephora* (Díaz, 2014).

El café crece de manera apropiada en la zona tórrida en lugares que reúnen condiciones especiales de suelo, temperatura, altitud y radiación solar (Prieto, 2002). Los suelos ricos en materia orgánica son ideales para el café. En general el suelo debe tener una profundidad de 80 cm para permitir la penetración de las raíces (Prieto, 2002).

Figura 1. Café cereza

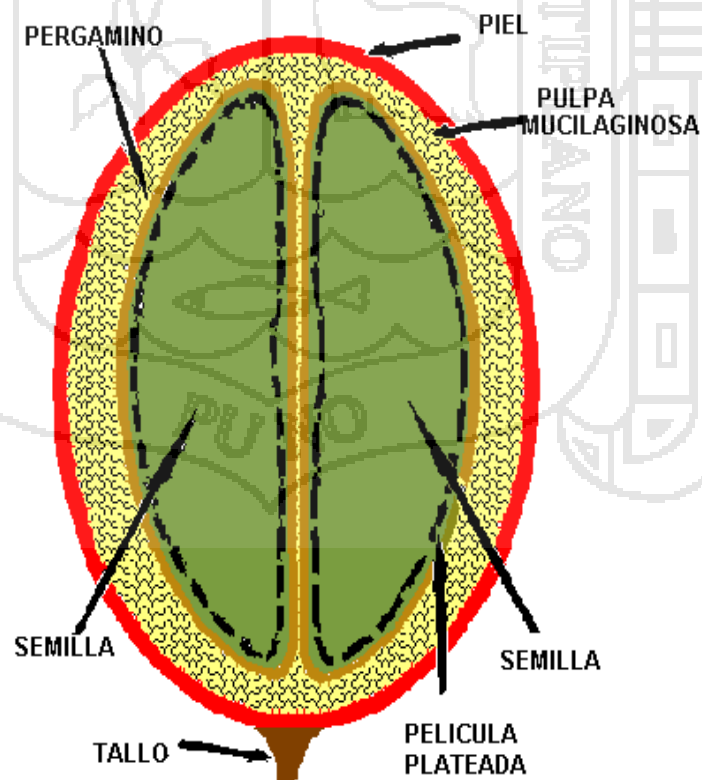


Fuente: Díaz, 2014

El café se desarrolla en el curso de 32 semanas siguientes a la aparición de la flor en el cafeto, cambia desde el verde claro a rojo oscuro (ver Figura 1) o amarillo según la variedad, color en el cual ya se puede considerar maduro, para luego ser recolectado. La cereza del café se forma en racimos unidos a las ramas por tallos muy cortos (Díaz, 2014).

La cereza o baya del café está formada por una piel (exocarpio), cuyo cambio en el color indica su evolución y que recubre la pulpa (mesocarpio) de naturaleza mucilaginosa, que encierra en ella normalmente dos semillas pegadas por su parte plana y recubiertas por una capa de coloración amarilla conocida como pergamino y finalmente está cubierto con una delgada membrana de tonalidad plateada (Prieto, 2002).

Figura 2. Estructura interna del café



Fuente: Ortiz, 2007



### 2.1.2. Origen

La planta de Café es originaria de la antigua Etiopía. Es fácil confundirse con el origen verdadero del café, ya que antiguas leyendas sobre el cultivo y la costumbre de tomar café provienen de Arabia. Uno de los más antiguos escritos que hace referencia al café es llamado "The Success of *Coffee*" (El éxito del café), escrito por un sensible hombre originario de la Meca llamado Abu-Bek a principios del Siglo XV y fue traducido al Francés en 1699 por Antoine de Gaillard.

La más fuerte y aceptada de las leyendas acerca del descubrimiento del café y la bebida del café es la que hace referencia a un pastor llamado Kaldi. La leyenda dice que Kaldi se dio cuenta del extraño comportamiento de sus cabras después de que habían comido la fruta y las hojas de cierto arbusto. Las cabras estaban saltando alrededor muy excitadas y llenas de energía. El arbusto del que Kaldi pensó que sus cabras habían comido tenía como frutas parecidas a las cerezas, entonces Kaldi decidió probar las hojas del arbusto y un rato después se sintió lleno de energía. Kaldi después llevó algunos frutos y ramas de ese arbusto a un monasterio. Allí le contó al Abad la historia de las cabras y de cómo se había sentido después de haber comido las hojas. El Abad decidió cocinar las ramas y las cerezas; el resultado fue una bebida muy amarga que él tiró de inmediato al fuego. Cuando las cerezas cayeron en las brasas empezaron a hervir, las arvejas verdes que tenían en su interior produjeron un delicioso aroma que hicieron que el Abad pensara en hacer una bebida basada en el café tostado, y es así como la bebida del café nace (Ortiz, 2007).

### 2.1.3. Taxonomía

La clasificación taxonómica del café es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub-división: Angiosperma

Clase: Magnoliata

Sub-clase: Asteridae

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: *Coffea*

Especies: *C. arabica* L.

*C. canephora* Pierre

*C. libérica* Hiern

*C. congensis* Froehner

*C. eugenioides* Moore

*C. humilis* Chev.

*C. stenophylla* G. Don

*C. racemosa* Lour

*C. salvatrix* Swyn et Phil

Fuente: Mora, 2008

#### 2.1.4. Variedades

El fruto del cafeto, del que se extrae la semilla del café y de las que existen una gran variedad existente, los cuales proceden de tres grandes grupos principales muy bien diferenciados las cuales son:

##### a) Variedad Arábica

La variedad arábica (*Coffea arábica* L.) tiene un contenido en cafeína menor que en la variedad robusta. Se cultiva principalmente en Centroamérica, Colombia, Brasil y Perú. Es la especie cultivada más abundante (Agrobanco, 2007).

A continuación se describen los cafetos más comúnmente cultivadas de la variedad arábica:

- **Typica:**

Es la variedad original que se encontró creciendo de forma silvestre en las mesetas de Etiopía, África. Puede alcanzar una altura promedio de 12 – 15 pies a libre crecimiento. Es un arbusto de forma cónica, generalmente formado de un solo tronco vertical y posee abundantes ramas productoras. Las ramas laterales forman ángulos entre 50 y 70 grados con el eje o tallo central. Sus hojas son lanceoladas con la base y el ápice agudos, su textura es fina y la superficie lisa. Las hojas nuevas o brotes son de color bronceado. El tamaño del fruto y las semillas es grande (Vergara, 2012).

- **Caturra:**

Esta variedad es una mutación del Borbón en el estado Minas Gerais en Brasil (Lara, 2005). Es una planta de porte bajo,

tronco grueso y poco ramificado e inflexible. Posee entrenudos muy cortos en las ramas y en el tallo lo que lo hacen un alto productor. Sus hojas son grandes, de borde ondulado, anchas, redondeadas, gruesas y de color verde oscuro. Las hojas nuevas son de color verde claro. Es un arbusto de un aspecto general compacto y de mucho vigor. Las ramas laterales forman un ángulo bien cerrado con el tronco. Su sistema radical está bien desarrollado lo que le permite adaptarse a diferentes condiciones. Es una variedad muy precoz y de alta producción por lo que requiere un manejo adecuado (Agrobanco, 2007).

- **Borbón:**

La variedad Borbón es una mutación del Typica en la isla de La Reunión. La forma del arbusto es ligeramente cónica y su parte de intermedio a alto (10 a 12 pies de altura). Los entrenudos del tallo y las ramas son más cortos que en el Typica lo que lo hace tener una capacidad de producción superior. Tiene la tendencia a producir varios troncos y su respuesta a la poda es excelente. La abundancia de ramas es mayor que en el Typica y forman un ángulo más cerrado (45 grados) con el tallo central. Las hojas son más anchas y de borde rizado. Las hojas adultas son de color verde pálido y las nuevas de color verde claro. Se recupera fácil y rápidamente de los efectos de la cosecha. El fruto es más pequeño y corto con relación al Typica, pero aparecen en mayor número. Tiene la tendencia a la caída del

fruto con lluvias abundantes durante la cosecha (Vergara, 2012).

#### **b) Variedad Robusta**

La variedad robusta (*Coffea canephora*) tiene mayor contenido en cafeína. Es más resistente a las plagas y necesita menos cuidados, por lo tanto es más económica. Se cultiva principalmente en África e Indonesia. Es la segunda especie cultivada más abundante (Agrobanco, 2007).

#### **c) Otras variedades**

Existen otras especies menos importantes y difundidas, como son: *Coffea liberica*, *Coffea dewevrei*, *Coffea stenophylla*, *Coffea congensis*, *Coffea abeokutae*, *Coffea klainii*, *Coffea zanguebariaey*, *Coffea racemosa* (Agrobanco, 2007).

#### **2.1.5. Composición química del café**

El café como todas las plantas, contiene miles de componentes químicos, con diferentes características. Muchos compuestos químicos han sido identificados en los granos de café y estos reaccionan e interactúan en todas las etapas del procesamiento del café. El café arábigo y Robusta, son cualitativa y cuantitativamente diferentes en composición química. Todos los constituyentes que están presentes en los granos de café son transformados durante el proceso de tostado y una gran variedad de compuestos pueden ser extraídos y encontrados en las infusiones de café. Algunos constituyentes de los granos de café se presentan en la tabla 1, las que pueden ser destruidas durante el tostado,

originando nuevos compuestos presentes en las infusiones o sustancias volátiles (Condor, 2007).

**Tabla 1. Composición química del café pergamino**

CONTENIDOS	CANTIDAD
Agua (%)	12
Azúcares (%)	50
Grasa (%)	20
Proteínas (%)	11
Aminoácidos libres (%)	0.7
Minerales, vitaminas y ácidos (%)	5
Componentes no nutritivos (%)	1.30

Fuente: Córdor, 2007.

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

En la tabla 2, se muestra las diferencias de los promedios de la composición química del grano de café verde de las variedades de *Coffea arábica* L. porcentaje en base seca.

**Tabla 2. Promedio de la composición química del grano de café verde de las variedades de *Coffea arábica* L. (% base seca).**

<i>Coffea arábica</i> L.		
Componente químico	Borbón	Caturra
Fibra (%)	21,75	18,85
Lípidos (%)	15,27	13,98
Proteínas (%)	13,90	14,79
Cafeína (%)	1,15	1,13
Ácidos clorogénicos (%)	7,37	6,97
Cenizas (%)	3,78	3,39

Fuente: Puerta, 2011.

### 2.1.6. Clasificación del café según zonas

El efecto de altitud sobre la calidad física y organoléptica del grano de café ha sido demostrado en diferentes ocasiones. El incremento altitudinal es acompañado de una mejora en la calidad física y organoléptica del café (Lara, 2005).

El 60% de la producción mundial cultiva a una altitud de entre 600 y 1800 m.s.n.m., del cual se considera de mejor calidad a partir de los 1200 m.s.n.m. (Ver tabla 3).

**Tabla 3. Distribución de las zonas según su altitud**

<b>Zona</b>	<b>Calidad del Café</b>	<b>Altitud m.s.n.m.</b>
Zona alta	Cafés de excelencia	1400 – 1800 m.s.n.m.
Zona media	Cafés de muy buena calidad	1200 – 1400 m.s.n.m.
Zona baja	Café de calidad	900 – 1400 m.s.n.m.
		600 – 900 m.s.n.m.

Fuente: Desco – Programa Selva Central, 2010.

### 2.1.7. Ciclo fisiológico del café


Está determinada por la campaña cafetalera que dura 12 meses y tiene cuatro etapas definidas. El comportamiento de la planta en cada etapa es diferente y determina las labores culturales que se realizan. Estas

son:

1. Floración.
2. Llenado de grano.
3. Llenado de frutos (maduración).
4. Descanso.



Figura 3. Ciclo fisiológico del café

<b>Meses</b>										
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
<b>Etapas</b>	Floración			Llenado de grano			Maduración de fruto			Descanso

Fuente: Desco – Programa Selva Central, 2010.

## 2.2. FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

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

La población de bacterias es mayor que la población de levaduras al comienzo de la fermentación, independiente del proceso. Las bacterias presentes durante la fermentación del café son *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* y *Weissella*. Las levaduras tienden a aumentar durante la fermentación y secado, en los cuales pueden alcanzar valores mayores que la población bacteriana. *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Hanseniaspora* y *Kluyveromyces* son la mayoría de los géneros de levaduras comunes encontrados. Los hongos filamentosos son generalmente los que se encuentran en cantidades más pequeñas durante el secado y en almacenamiento, en particular. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y son los principales géneros de hongos presentes (Masoud & Kalsoft 2006).

Durante el beneficio del café, los granos despulpados se mantienen hasta su lavado, inmersos en el mucílago fermentado, que contiene los diversos productos de la fermentación. Mediante la práctica de procesos de

fermentación, lavado y secado controlados, se obtienen bebidas de café con aromas y sabores de buena calidad. Por el contrario, cuando se realizan mezclas de sustratos, se sobrepasa el tiempo de fermentación, no se controlan los factores y no se conocen los cambios que ocurren en este proceso, se pueden generar defectos en la calidad, como el grano manchado y vinagre, y los sabores agrio y fermento en la bebida (Puerta, 2012).

### 2.2.1. Factores de la fermentación

En particular, la velocidad y los compuestos formados en la fermentación del café dependen de la calidad del sustrato, madurez y sanidad del fruto que influyen en la composición química y microbiológica de los granos despulpados; de factores ambientales como la temperatura externa y la higiene de las instalaciones, ambientes y equipos; del tiempo, y del sistema mismo de fermentación. (Puerta, 2012). El mesocarpio o mucílago del grano de café se separa del grano por la fermentación, proceso en el que se dejan los granos despulpados en tanques durante 12 a 18 horas para permitir la degradación de los azúcares y sustancias pécticas en ácidos, alcoholes, aldehídos y otros, mediante la acción de levaduras, bacterias y enzimas, presentes naturalmente en el mucílago, se controla la higiene, el tiempo y la degradación de los azúcares y formación de ácidos (Puerta, 2011).

- **Sistema de fermentación:** Pueden establecerse diferentes sistemas de fermentación del café según la dilución, aireación, agitación, aislamiento o suministro de sustrato. En los sistemas de sustrato sólido no se adiciona agua al café despulpado, en las fermentaciones sumergidas se agrega agua; a su vez, estos sistemas pueden ser

abiertos o cerrados, continuos o discontinuos, estáticos o agitados, o desarrollarse a una temperatura o pH constantes, entre otros (Puerta, 2012).

- **El sustrato:** La materia prima del proceso de fermentación está compuesta por los granos de café despulpados que contienen el mucílago que se fermenta. Los granos de café en baba contienen cantidades variables de mucílago y su calidad depende de la frescura y los controles en el beneficio y despulpado; la presencia de pulpa y de residuos de insecticidas y otras sustancias en el café en baba, influyen en los productos de fermentación, y por consiguiente, en los sabores y aromas del café. La cantidad de mucílago en los frutos de café depende del estado de maduración y presenta variaciones de cerca del 30% para cada grado de madurez, debido a la humedad y tamaño de los frutos, así, en promedio el fruto fresco verde contiene 1,3% de mucílago, el pintón 8,4%, el maduro entre 1% y 27%, el sobremaduro de 1% a 23%, y en el fruto seco no hay mucílago (Puerta, 2012).

### 2.2.2. Microbiología de la fermentación del café

Los microorganismos del café en baba provienen de diferentes fuentes como suelo, aire, agua, vegetales, personas, animales, insectos, equipos, instalaciones y utensilios de beneficio. En el café despulpado se encuentran primordialmente levaduras y bacterias lácticas, pero también otras bacterias y algunos hongos. El recuento y la clase de microorganismos presentes en un momento dado de la fermentación del café dependen de la población inicial en los frutos y granos despulpados,

de las condiciones ambientales como la temperatura, los gases como el CO<sub>2</sub>, la actividad del agua, el pH, el potencial redox, la higiene, del tiempo transcurrido y del sistema y la dilución del sustrato. Una zaranda en inadecuadas condiciones de higiene puede cambiar los recuentos y tipos de microorganismos del sustrato a fermentar. (Puerta, 2012).

Las principales levaduras fermentadoras del mucílago son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. lipolytica*, *C. parasilopsis* y *C. pintolopesii*, que producen etanol y CO<sub>2</sub>, y las no fermentadoras como *Cryptococcus terreus*, *Rhodotorula rubra* y *R. glutinis*. Las bacterias lácticas del mucílago son *Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecalis*, entre otras, las cuales producen ácido láctico, alcohol, ácido acético, ácido fórmico y dióxido de carbono (Puerta, 2012).

- **La temperatura:** Los microorganismos fermentadores del café son mesófilos. La mayoría de las levaduras crecen entre 5 y 39°C, con óptimos de 28 a 35°C, algunas se desarrollan entre 3 y 10°C y todas mueren por encima de 50°C. Las bacterias lácticas crecen entre 25 y 30°C, pero pueden reproducirse a 0°C, mientras que las bacterias entéricas se desarrollan entre 22 y 37°C (Puerta, 2012).

### 2.2.3. Bioquímica de la fermentación del café

Conocer las características químico-físicas del mucílago del café permite comprender mejor los episodios que se suceden durante la fermentación del café. El mucilago representa cerca del 20 – 25 % de la semilla y es una película húmeda de 0.5 – 2.0 mm de grosor.

Químicamente el mucílago de café está constituido por agua, azúcares, sustancias pécticas, holocelulosas, lípidos y proteínas (Jespersen, 2006).

El café en baba maduro y fresco presenta una humedad entre 58% y 61%. De otra parte, en promedio, el 90% del peso del mucílago de café fresco es agua y en el mucílago pintón la humedad representa el 61%, así, el mucílago del fruto pintón contiene mayor cantidad de materia seca que el maduro y sobremaduro. Durante la fermentación se presentan cambios en la humedad del mucílago de café, que son mayores en cuanto mayor es la temperatura ambiente durante el proceso (Puerta, 2012).

**Tabla 4. Composición química del mucílago de café**

Componentes del mucílago	Composición química
<b>a) Materia húmeda (m.h)</b>	
Humedad (%)	85.0
Carbohidratos totales (%)	7.0
Nitrógeno (%)	0.15
Acidez (como ácido cítrico) (%)	0.08
Compuestos insolubles en alcohol (AIS) (%)	5.0
Pectina (como ácido galacturónico) (%)	2.6
<b>b) Materia seca (m.s)</b>	
Sustancias pécticas (%)	33
Azúcares reductores (%)	30
Azúcares no reductores (%)	20
Celulosa y cenizas (%)	17

Fuente: Jespersen, 2006

Los componentes químicos más importantes del mucílago son las sustancias pécticas junto a los carbohidratos y sus productos de degradación. Los principales azúcares que forman parte de la estructura del mucílago son: arabinosa, xilosa, galactosa, fructosa y glucosa. De estos la arabinosa, xilosa y galactosa forman parte de la estructura insoluble del mucílago. En la fermentación del café está involucrada la pared celular y el material intercelular de las células parenquimatosas del fruto. La lámina media del mucílago del café es la que contiene fundamentalmente ácido pectínico, además de pectina y celulosa, y la fracción insoluble está constituida principalmente por sustancias pécticas en estrecha relación con otros materiales de la pared celular como hemicelulosas, fosfolípidos, galactolípidos y los azúcares ya mencionados. La degradación de este material celular y su eliminación de la película de pergamino de la semilla de café constituyen los procesos bioquímicos más importantes en la fermentación del café (Jespersen, 2006).

### **2.3. COMPUESTOS BIOQUÍMICOS ASOCIADOS A LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ**

Los granos de café están compuestos por un gran número de metabolitos secundarios, que juegan un papel importante en la definición de las características organolépticas del café y por consiguiente de su calidad. Por ello, comprender la dinámica de dichos compuestos es uno de los principales retos para entender los procesos que dan origen a cafés de calidad. En este sentido, en la región se han realizado recientemente una serie de investigaciones con el fin de describir mejor relación entre compuestos

bioquímicos presentes en el grano de café y la calidad de bebida que estos producen (Lara, 2005).

**a) Cafeína:** La cafeína es el compuesto característico del café. Es el alcaloide responsable de las propiedades estimulantes atribuidas al café (Shankaranarayana & Abraham, 1986). La cafeína se ha asociado principalmente al amargo de la bebida (Clifford, 1985). Sin embargo, los resultados han sido diversos. El mismo Clifford (1985) menciona que no existe asociación real entre cafeína y amargo de bebida, ya que se ha encontrado persistencia en el amargo de la bebida en cafés descafeinados. Vaast *et al.*, (2005a) en un estudio realizado en Nicaragua no encontró diferencias entre el contenido de cafeína de cafés de alta y baja calidad de taza. De forma similar, Avelino *et al.*, (2005) no encontró ninguna relación entre cafeína con el amargo y las demás características organolépticas de taza en la zona del Valle Central de Costa Rica.

**b) Trigonelina:** La trigonelina (ácido Nmetilnicotínico) se encuentra en hojas y frutos del café (Poisson, 1988). Se ha asociado altos contenidos de trigonelina a menor calidad del café producto del aumento del sabor amargo en la bebida de café (Shankaranarayana & Abraham, 1986). Posiblemente se deba a que durante el tostado del grano sufre una progresiva degradación, dando lugar a la formación de ácido nicotínico (Taguchi *et al.*, 1985).

**c) Ácidos Clorogénicos:** Los ácidos clorogénicos (AC, 5CQA) son una familia de esteres formados por ciertos ácidos trisdinámicos y el ácido quinico. Dentro de los AC más comunes se encuentran algunos



monoesteres de ácido cafeoilquinico – caffeoylquinic acids (CQA y FQA), diesteres (diCQA), triesteres (triCQA), entre otros (Lara 2005).

**d) Sacarosa:** La sacarosa sufre una degradación significativa o total durante el tostado (Alcázar *et al.*, 2005); Sin embargo, pueden quedar remanentes de este compuesto en los granos tostados en concentraciones de 0.4 2.8 %, contribuyendo probablemente al dulzor de la bebida. Además, es el principal contribuyente de los azúcares reductores que están implicados en las reacciones que ocurren durante el tostado (Lara, 2005).

**e) Materia grasa:** Mayores contenidos de materia grasa han sido vinculados a cafés con buena acidez y preferencia. Las mayores acumulaciones de materia grasa se han observado en cafés de zonas mayor altitud y/o bajo sombra. Bajo estas condiciones el periodo de maduración del fruto es mayor debido a las bajas temperaturas, favoreciendo de esta forma un mayor desarrollo y llenado de grano (Lara, 2005).

## 2.4. TIPOS DE BENEFICIADO DE CAFÉ

### 2.4.1. Beneficio por vía húmeda

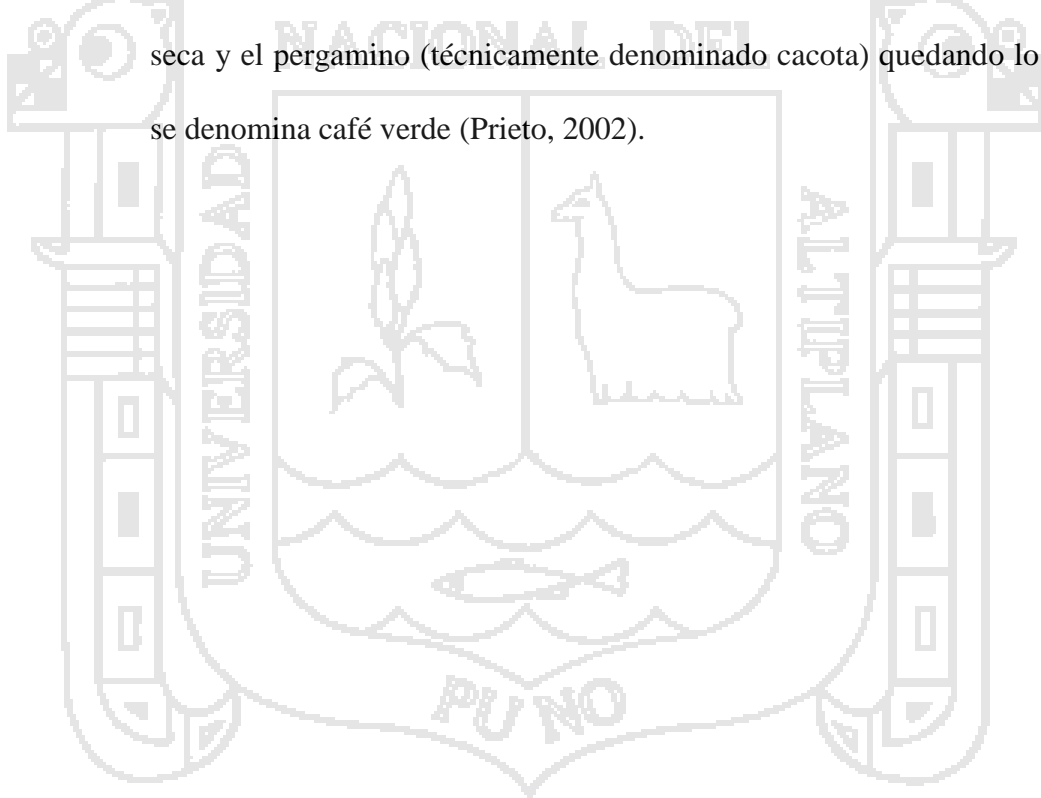
Este sistema exige un tratamiento rápido, debido que después se aceleran procesos químicos muy fuertes en la cereza y parte viscosa que rodea los granos, que a medida que transcurren las horas se van haciendo más intensos y acaban por demeritar la calidad del producto (Ortiz, 2007). Se debe recolectar el grano completamente maduro, en forma manual y se debe despulpar el mismo día, puesto que después de 24 horas de cosechado, el mucílago comienza a colorearse (acción de taninos) por oxidación y puede manchar el pergamino. Las semillas frescas despulpadas están recubiertas de una capa de mucílago (miel,

goma o baba) esta debe eliminarse por fermentación antes que las semillas se sequen. Las semillas se dejan fermentar humedecidas o sumergidas totalmente en agua. La descomposición del mucílago (insoluble en agua) puede durar entre 12 y 20 horas, dependiendo de la temperatura del lugar (a mayor temperatura menor tiempo de fermentado), de la madurez del café, del diseño de los tanques y de la calidad del agua. Luego se lava para retirar completamente el mucílago, cambiando el agua por lo menos tres veces durante el proceso de lavado y se hace una clasificación de los granos que pueden ser; café tipo exportación, café corriente y pasilla o grano de baja densidad. Después de lavado y escurrido el grano tiene un contenido de humedad entre el 52% y 55%, la cual se extrae durante el proceso de secado, hasta obtener un grano de humedad final del 10% al 12%. El secado se puede realizar natural o mecánicamente. Luego se almacena en forma de café pergamino o de café verde el cual ha sido pasado por el proceso de trilla, donde se retira el pergamino (Prieto, 2002).

#### **2.4.2. Beneficio por vía seca**

Se deja secar el café con la cereza o la pulpa que rodea los granos, esto es sin descerezar el café. Los frutos recolectados directamente del árbol o recogidos del suelo, se llevan a patios de cemento o ladrillo, para dejarlos secando al sol. El café beneficiado por este método adquiere una calidad inferior al procesado por la vía húmeda porque el grano con la cereza adherida se operan procesos químicos muy fuertes que le dan al café un sabor muy intenso y amargo y se traduce en una calidad inferior y precios más bajos (Ortiz, 2007).

Se inicia cuando los frutos comienzan a secarse en el propio árbol, estado en el cual contiene una humedad de 60% a 65%. El grano se cosecha e inmediatamente debe someterse al proceso de secado. El secado al aire o secado natural puede durar entre dos y cuatro semanas, dependiendo el clima. Cuando se utilizan secadores dinámicos se recomienda hacer un presecado al sol hasta que el grano reduzca su contenido de humedad entre el 30% y 35%, lo cual permite un mejor manejo y eficiencia de la secadora. El proceso de secado se debe suspender cuando el grano haya alcanzado un 12% de humedad, momento en el cual se somete a la trilla con el fin de separar la pulpa seca y el pergamino (técnicamente denominado cacota) quedando lo que se denomina café verde (Prieto, 2002).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

- La parte experimental del presente trabajo de investigación se ejecutó en los sectores de Buena Vista y Pampa Grande, zonas de producción correspondientes a la Cooperativa Inambari, del Distrito de Alto Inambari, Provincia de Sandia, entre los meses de Setiembre y Diciembre del 2013, con la debida autorización de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia (CECOVASA).
- Las evaluaciones de las características físicas, químicas y organolépticas del café verde y tostado se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia (CECOVASA), ubicado en el Distrito de Juliaca, Provincia de San Román del Departamento de Puno, parque industrial Taparachi, Km 3, Carretera vía Juliaca – Puno.

#### 3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

##### 3.2.1. Materia prima

Cerezos de café (*Coffea arabica* L.), variedades Caturra y Borbón obtenidos de los sectores que pertenecen a la Cooperativa Inambari Ltda. (CECOVASA).

##### 3.2.2. Materiales

- Recipientes (baldes de plástico) para la recolección de cerezos.
- Lavatorios para realizar el proceso de lavado.
- Plástico de alta densidad para el proceso de secado. (instalación de carpa).
- Termómetro Digital marca TAYLOR.

- Implementaría de laboratorio (mandil, barbijo, toca, guantes).
- Zarandas granulométricas.
- Mesa para catación.
- Vasos pirex.
- Cucharilla de plata para catación.
- Vaso para desperdicio.
- Tablero de calificación.

### 3.2.3. Equipos

- Balanza analítica de 2 kg: para realizar el pesado de las muestras. (Marca OHAUS).
- Molino manual: para quitar la cascara de los cerezos una vez obtenida del arbusto. (Marca Nova, Modelo – 2010).
- Tostadora de café de 200gr. Modelo ERT-15 Marca IMSA.
- Molino de café. Marca Zanenco (Made in Germany).
- Medidor de Humedad para grano de café. Marca Gehaca, Modelo G-600.
- Cronómetro digital. Marca Leds, Modelo Crono-1600.

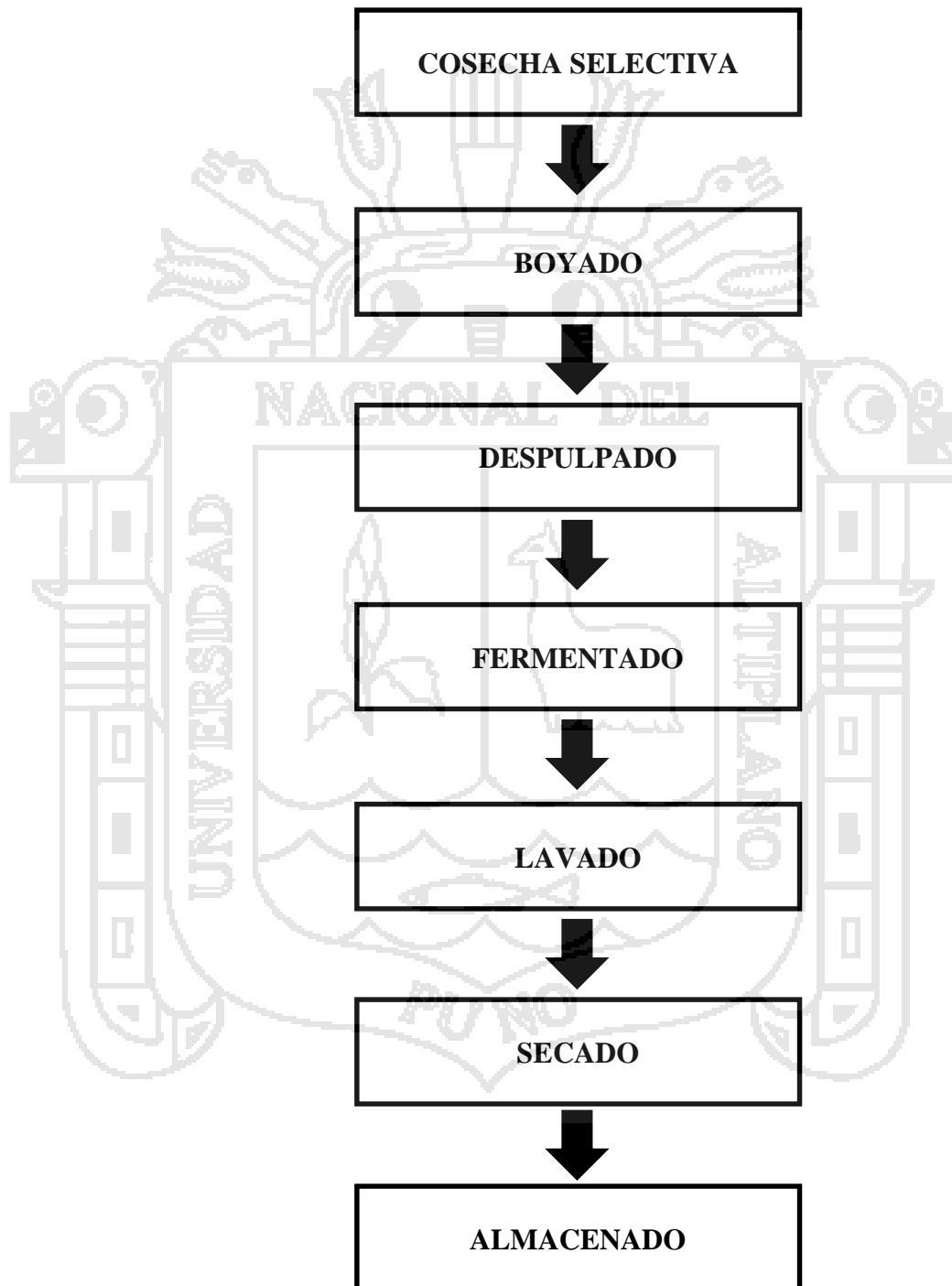
### 3.2.4. Insumos

- Agua mineral (San Luis).

### 3.3. METODOLOGÍA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE OPERACIONES

#### 3.3.1. Obtención de café pergamino

Figura 4. Diagrama de flujo de beneficio húmedo



Fuente: Duicela, 2010.

**a) Cosecha selectiva**

Consiste en recolectar selectivamente solo las cerezas maduras, evitando el quiebre de las ramas y la destrucción de las yemas florales y las hojas. La cosecha de café debe realizarse en estado de cereza madura. Se debe evitar cosechar los frutos verdes o inmaduros, porque tienen bajo rendimiento y provocan en la bebida un gusto verdoso (Duicela, 2010). Las características organolépticas de la bebida del café dependen también del grado de madurez del café cerezo, alcanzando así su máximo valor en los granos provenientes de los granos maduros (Barboza, 1995).

**b) Boyado**

El boyado de café consiste en sumergir en agua las cerezas de café recolectadas, para que las impurezas y los granos vanos floten y sean extraídos. Luego, se escurre toda el agua con impurezas y las cerezas limpias quedan en el fondo del recipiente (Duicela, 2010).

**c) Despulpado**

El despulpado consiste en remover el epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del fruto, con el fin repropiciar una aceleración del proceso de descomposición del mucílago y evitar el manchado del café pergamino por dispersión de los pigmentos antocianicos presentes en el epicarpio del fruto (Lara, 2005).

El despulpado de los frutos consiste en eliminar la pulpa, usando máquinas despulpadoras (molino manual tradicional). Esta operación debe realizarse el mismo día de la cosecha. Cuando la despulpadora no se ha ajustado adecuadamente, los granos se

quiebran, dando como resultado granos partidos, cortados y mordidos (Duicela, 2010).

#### **d) Proceso de fermentación**

La fermentación consiste en depositar el café despulpado en pilas de fermentación con el objetivo de eliminar el mucílago que quedó adherido al pergamino (Lara, 2005). El grano de café despulpado queda recubierto de una capa mucilaginosa, que representa del 17% al 20% en peso del fruto maduro, la cual se desintegra por medio del proceso de autofermentación a partir de actividad de hongos, bacterias y levaduras (Fischersworing, 2001). Cuando la fermentación es muy prolongada, la infección por los microorganismos de la masa se vuelve muy importante y la calidad empieza a deteriorarse debido a la deformación de compuestos indeseables como ácido propionico y butílicos (Lara, 2005).

#### **e) Lavado**

El lavado consiste en la inmersión y paso de los granos por una corriente de agua limpia, con el fin de eliminar los productos que resultan de la degradación del mucílago en la fase de fermentación (Lara, 2005). El lavado del café tiene como objetivo principal separar el mucílago del grano, lo cual debe de hacerse cuando está en su punto óptimo de fermentación, en este caso a las 12, 14 y 16 horas de fermentación. (Fischersworing, 2001). Si la fermentación es incompleta, quedan restos de mucílago sobretodo dentro de la hendidura del pergamino donde continúa la descomposición generando el defecto “fermentado”. Estos restos también sirven como



sustrato para el desarrollo de microorganismos durante el almacenamiento, produciendo café con el pergamino manchado y con sabor y olor a moho denominado café sucio (Lara, 2005).

#### **f) Secado**

El café lavado o pergamino húmedo debe pasar de inmediato a la etapa de secado. Se debe evitar almacenar el pergamino húmedo o retardar el paso al proceso de secado. Este tipo de retraso produce efectos negativos sobre la calidad de la bebida. Los principales efectos negativos observados son sabor a tierra y fermento, cuerpo sucio, amargo intenso y poca acidez de la bebida (Lara, 2005). El secado consiste en bajar el contenido de humedad presente (55 % aproximadamente) en el pergamino húmedo de café hasta 12 %. Esto con el fin de asegurar la conservación, impidiendo el desarrollo de hongos, mohos y bacterias durante el almacenamiento (Zarco, 2003). El secado es la etapa de beneficio que tiene el propósito de disminuir la humedad del grano hasta llegar de 10 a 12 % de humedad, porcentaje con el que se puede almacenar el café pergamino sin sufrir ataques de hongos o adquirir olor y sabor indeseable. (Fischersworing, 2001).

#### **g) Almacenamiento**

De un correcto almacenamiento del café depende el mantenimiento de su calidad. Por ello el café únicamente debe almacenarse en pergamino seco, cuidando que el porcentaje de humedad se conserve entre el 10 y 12% para evitar que se blanquee, fermente o tome olor y sabor a moho. El sitio de almacenamiento debe

ser un lugar seco, limpio y bien ventilado. La temperatura no ha de sobrepasar los 20°C y la humedad relativa del aire debe estar alrededor del 65%. (Fischersworing, 2001).

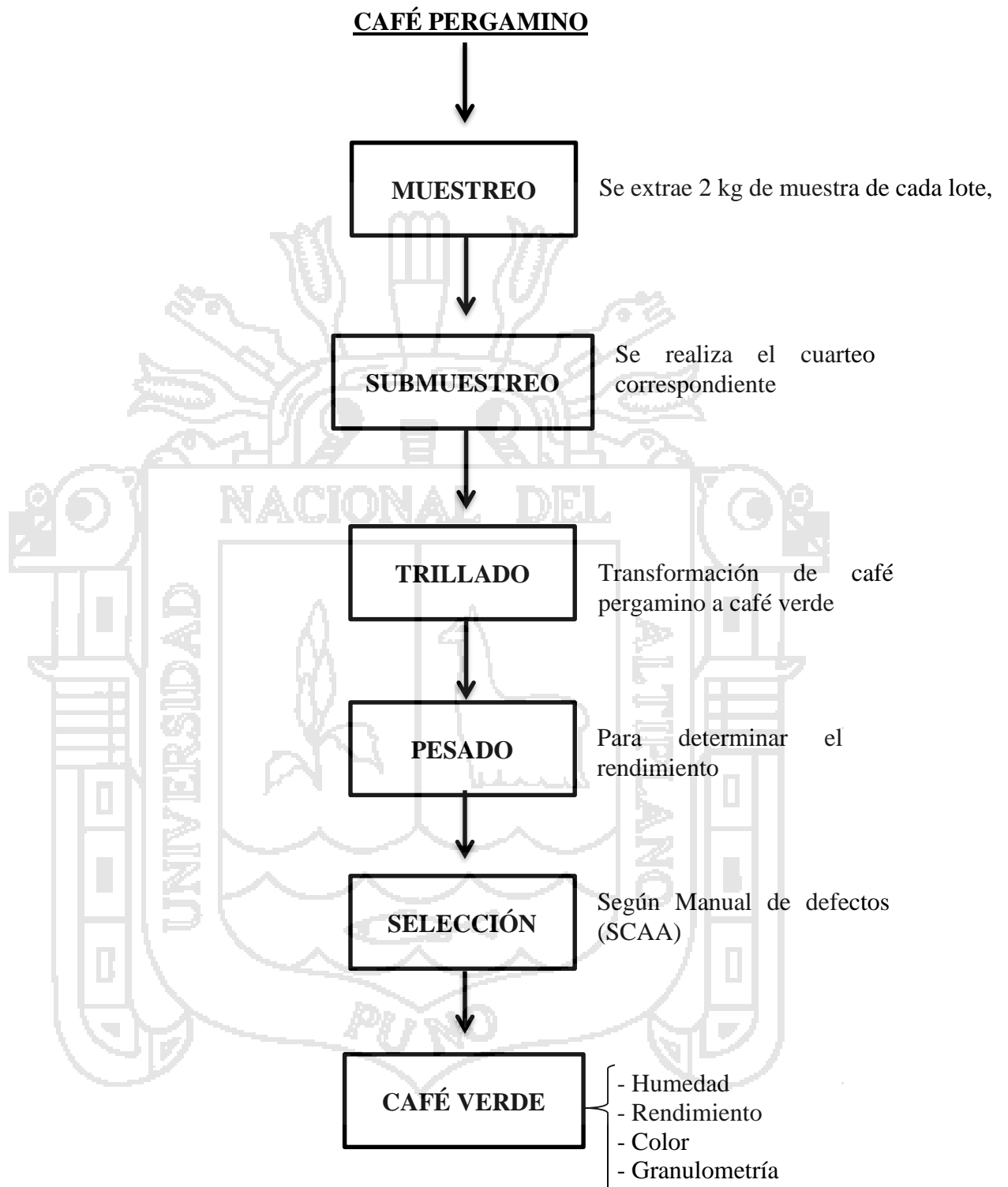
Preservar atributos sensoriales deseables esencialmente depende de las condiciones de conservación del café, y una gran parte del café que se produce pasa a través de un periodo de almacenamiento. Debido a que el almacenamiento es uno de los pasos que sigue la producción, pero precede al comercialización de los granos de café, el almacenamiento es considerado uno de los pasos más importantes en el mantenimiento de la calidad del producto final (Ribeiro *et al.*, 2011). Para que la calidad del grano no se vea afectada por éste almacenamiento hay que tener en cuenta los siguientes factores: Humedad del grano (entre 10 y 12%), Humedad relativa (entre 50 y 70%), Temperatura (inferiores a los 20°), Insectos y microorganismos, Respiración del grano (Prieto, 2002).

### **3.3.2. Procedimientos de muestreo y evaluación de análisis físico**

Para la evaluación del análisis físico se realizaron de acuerdo a las normas técnicas peruanas NTP, y de acuerdo a los estándares de calidad de los Estados Unidos establecidas por la Specialty Coffee Association of América (SCAA).

A continuación se muestra detalladamente el diagrama de flujo para el análisis físico.

Figura 5. Diagrama de flujo de análisis físico



Fuente: Duicela, 2010.

**a) Proceso de muestreo**

Para el muestreo se utiliza la NTP ISO 4072 2007 “Café verde en sacos” donde indica que se debe de extraer 2 kilogramos de café pergamino por cada lote.

**b) Submuestreo (Cuarteo a mano)**

Consiste en mezclar la muestra y extenderla sobre la mesa dándole en cuanto sea posible una forma circular; luego con una regla de tamaño adecuado y bordes redondeados se divide en dos partes iguales y a continuación en cuatro, del cual se obtiene 500 gramos de café pergamino.

**c) Trillado**

La trilla consiste en eliminar la cascarilla del pergamino seco y así obtener el café verde o café oro (Lara, 2005). Este proceso también consiste en separar el pergamino del grano verde en una maquina piladora o trilladora sin triturarla ni rayarla. El proceso de trillado se realiza durante un tiempo 2 minutos y 30 segundos (SCAA, 2011). En general este proceso está basado en separar el endocarpio del café pergamino seco para obtener el grano verde o almendra (Puerta, 2011).

**d) Pesado**

Luego del proceso del trillado se realiza el pesado del café verde, el cual nos servirá para determinar el porcentaje de rendimiento.

### e) Selección

El proceso de selección se realiza de acuerdo a los Defectos primarios y Defectos secundarios, es como se detalla a continuación.

**DEFECTOS:** Según Manual de defectos (SCAA)

- **Estándares de la Specialty Coffee Association of América**

**(SCAA) para café verde arábica:** Grado Especial: No se permiten defectos de categoría 1. Máximo 5 defectos secundarios.

- **Clasificación:** Cuando dos defectos se encuentran presentes en un mismo grano, el defecto que tenga mayor impacto en la taza será el que se tome en cuenta.

- **Tipos de café según defectos:** Sólo existen 2 tipos de café según defectos los cuales son:

- Con especialidad: se considera de 80 a 100 puntos.  
Tiene un máximo de 5 defectos de categoría 2.
- Sin especialidad: se considera de 0 a 79.9 puntos.

- **Peso de muestras:** Café verde 350 gr., Café tostado 100 gr.

**Tabla 5. Tabla de equivalencias de los defectos**

Defectos de la categoría 1	Defectos Totales Equivalentes	Defectos de la categoría 2	Defectos Totales Equivalentes
Grano negro	1	Negro parcial	3
Grano agrio/vinagre	1	Agrio parcial	3
Cereza seca	1	Pergamino	5
Daño por hongos	1	Flotador	5
Materia extraña	1	Inmaduro	5
Grano brocado severo	5	Averanado/Arrugado	5
		Conchas	5
		Partido/Molido/Cortado	5
		Cáscara o pulpa seca	5
		Grano brocado leve	10

Fuente: SCAA, 2011.

#### f) **Café verde**

Una vez obtenida café verde, se realiza diferentes análisis como: humedad, rendimiento, color y granulometría, se detallan a continuación:

##### ➤ **Humedad:**

Se refiere al porcentaje físico de agua aún presente en el grano de café. Según la Specialty Coffee Association of América (SCAA) el grano de café verde debe de encontrarse entre 10% y 12% de humedad para evitar la actividad enzimática y el crecimiento de moho, los cuales dependen

directamente de la humedad relativa y la temperatura del medio que lo rodea (Prieto, 2002).

➤ **Rendimiento**

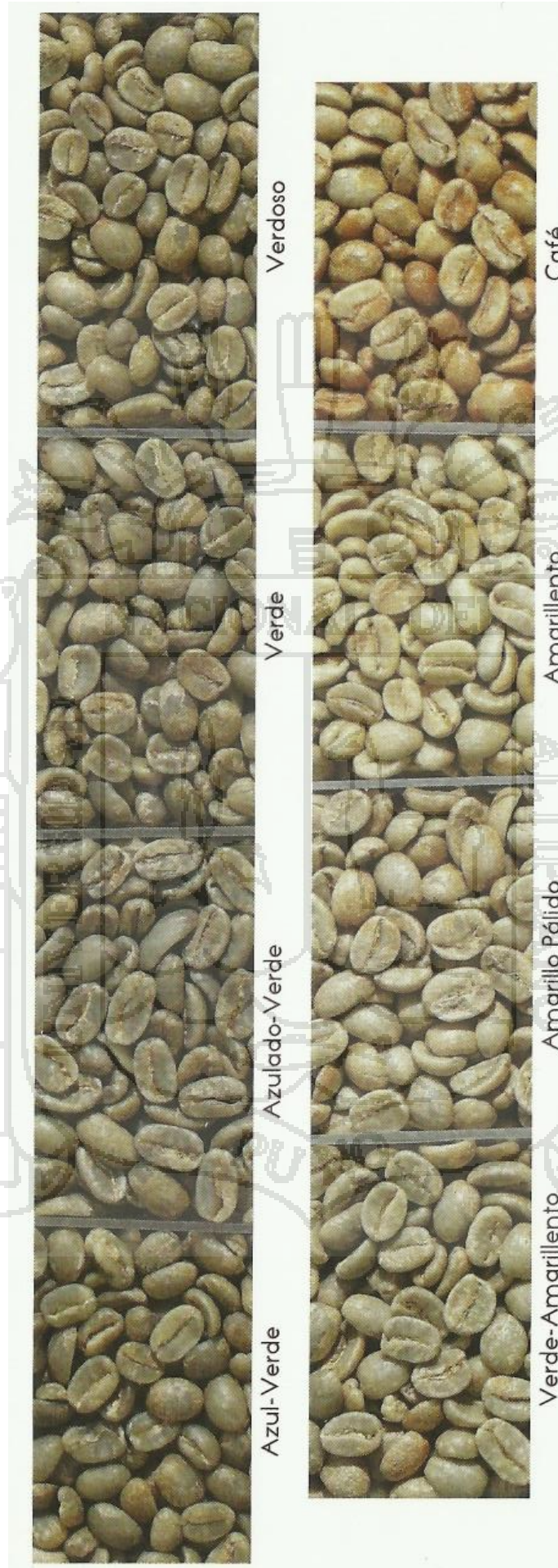
Debemos entender por rendimiento, el índice o porcentaje de merma de una materia a otra.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{Peso de café pergamino} - \text{Peso de café verde}) \times 100}{\text{Peso de café pergamino}}$$

➤ **Color**

Esta característica tiene gran importancia comercial sobre todo para los Arábica, el beneficio desempeña un papel esencial en el color (Prieto, 2002). Los cafés sin tostar (café verde) presentan coloraciones que van desde Café hasta Azul – Verde, dependiendo del origen, proceso o tiempo de almacenamiento (SCAA, 2011).

Figura 6. Escala de coloración del café verde



Fuente: SCAA. 2011.



➤ **Granulometría**

Se define como el procedimiento de partición de un lote de grano por su diferencia de tamaño, asignando valores aceptados para gradación de calidad comercial. Para la medición del tamaño del grano de café verde se utilizan zarandas con perforaciones redondas con numeraciones consecutivas del 14 al 20.

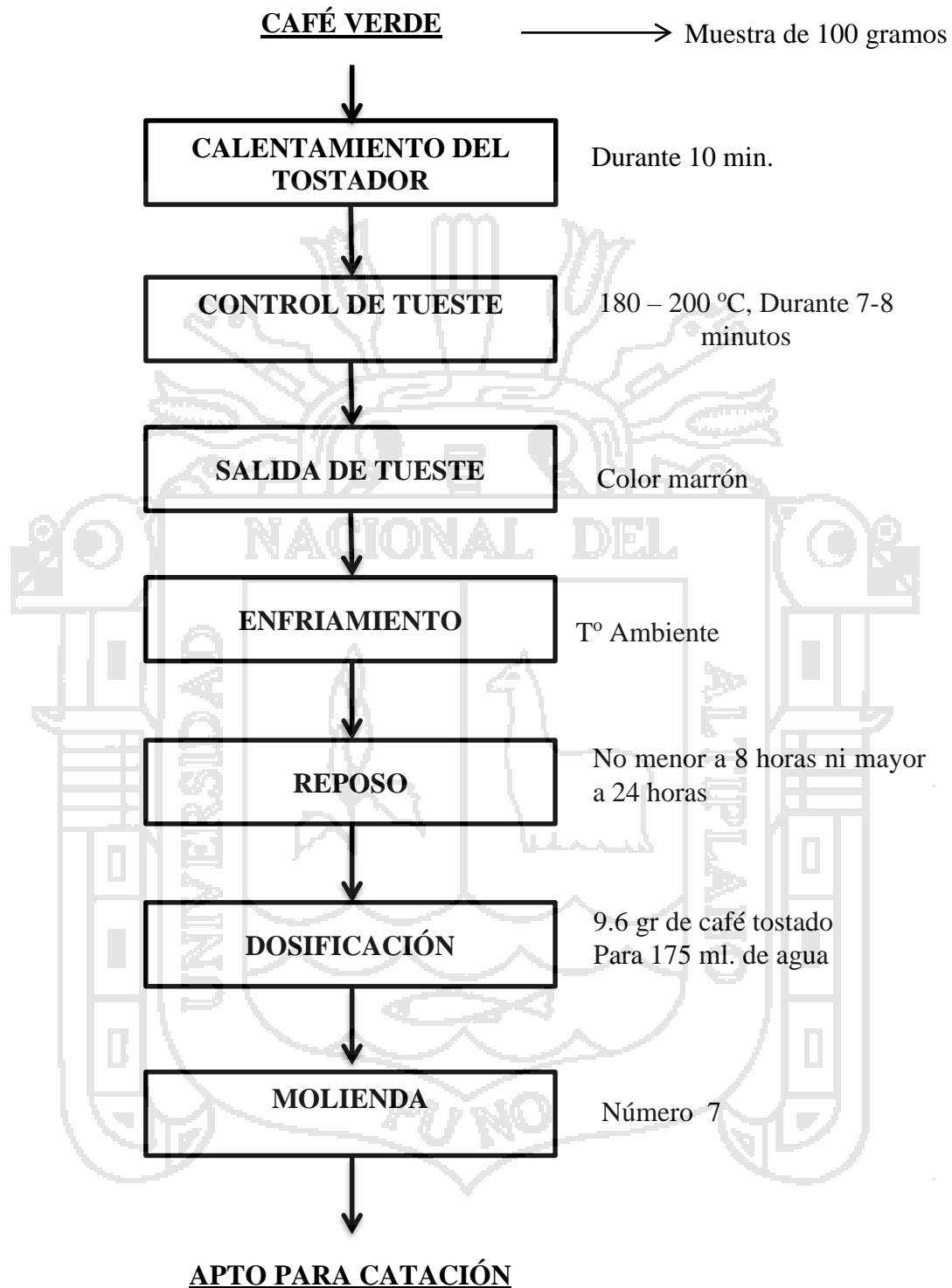
**Tabla 6. Ejemplo para determinar el tamaño del grano**

# DE MALLA	GRAMOS	FORMULA
20	A1	$(A1/250) \times 100$
19	A2	$(A2/250) \times 100$
18	A3	$(A3/250) \times 100$
17	A4	$(A4/250) \times 100$
16	A5	$(A5/250) \times 100$
15	A6	$(A6/250) \times 100$
14	A7	$(A7/250) \times 100$
TOTAL	250 gr.	100 %

Fuente: SCAA, 2011

### 3.3.3. Acondicionamiento del material y la muestra

Figura 7. Diagrama de flujo para tostado



Fuente: CECOVASA, 2014

**a) Calentamiento del tostador**

Una vez encendida el tostador, se realiza el proceso de calentamiento durante un tiempo de 10 minutos aproximadamente (Lingle, 2011).

**b) Control de tueste**

El grado de tueste variará de acuerdo al tipo de café que se esté procesando; sin embargo, el sistema sugiere el grado “claro” y “claro-medio”. El proceso de tueste deberá efectuarse en no menos de 7 minutos y no más de 12 minutos (SCAA, 2011).

El tiempo de tuestión y el grado de color varían según la temperatura, el diseño del tostador, la forma de transferir el calor y el tipo de café (Prieto, 2002).

**Parámetros a medir sobre el tueste**

- Temperatura: de 180 a 200 °C.
- Tiempo: luego del primer “crack”, se controla el tiempo de 100 a 105 segundos. (esto podría variar de acuerdo a la temperatura).
- Uniformidad: La uniformidad de los granos tostados.
- Defectos: Presencia de quakers (granos inmaduros o verdes)

**c) Reposo**

El almacenamiento de las muestras tostadas, no podrá exceder las 24 horas ni ser menor a 8 horas previas a su evaluación. En el caso de almacenaje, las muestras deben alojarse en ambientes frescos y oscuros, pero no refrigerado ni congelado. Para éste propósito, deberán utilizarse bolsas impermeables y de preferencia al vacío (SCAA, 2011).

#### d) Dosificación

La proporción agua/café a utilizar será el 5.5% de café sobre la capacidad de volumen de agua en mililitros de las tazas utilizadas. (Lingle, 2011).

Multiplique la cantidad de agua que sostiene el vaso por 5.5% y obtendrá la cantidad de gramos que debe utilizar para esa taza.

#### Ejemplo:

$150\text{ml} \times 5.5\% = 8.250 \text{ gr. de café molido}$

**$175\text{ml} \times 5.5\% = 9.625 \text{ gr. De café molido}$**

$200\text{ml} \times 5.5\% = 11.00 \text{ gr. de café molido}$

Pesar, luego moler.

#### e) Molienda

Quebrantar un cuerpo, reduciéndolo a menudísimas partes, o hasta hacerlo polvo, la maquinaria usada para este propósito son los molinos (Ortiz, 2007). Es la operación mecánica destinada a producir la fragmentación de los granos del café tostado, lo cual da como resultado el café molido. La limpieza del molino se debe realizar por cada juego de tazas a moler, con el fin de limpiar el mecanismo del molino.

#### 3.3.4. Evaluación sensorial y/o catación

La catación se realiza en un tiempo de 30 minutos exactamente, ésta es estrictamente controlada por los catadores.

Se recomienda catar en las primeras horas del día cuando el sentido del gusto esté libre de contaminantes, para apreciar y degustar con mayor claridad los atributos y/o defectos que el café posee.

Para llevar a cabo una catación que valore atributos específicos, más que solo la búsqueda de defectos, no se debe catar más de 5 muestras por sesión. No se recomienda catar más de 30 muestras por día debido a la saturación que pueda tener un catador al probar un número elevado de muestras con el fin de minimizar el margen de error en cada evaluación.

El objetivo de la catación es evaluar las características, atributos, defectos, contaminaciones, etc., en una taza de café, pero también nos ayuda a definir la limpieza de la misma, podemos aumentar la cantidad de tazas o muestras catadas al día, siempre y cuando no se tenga que hacer una evaluación profunda de las características del café.

La forma de catar nos sirve para registrar los 10 atributos del sabor del café.

Fragancia/Aroma, Sabor, Sabor residual, Acidez, Cuerpo, Balance, Uniformidad, Taza Limpia, Dulzor, y Puntaje catador. Los atributos específicos del sabor son calificaciones positivas de calidad determinados por la opinión del catador mientras que los defectos son calificaciones negativas que representan sensaciones no agradables; el resultado final está basado en la experiencia con el sabor, como apreciación personal del catador.

### **Procedimiento para la evaluación sensorial**

Las muestras primero deben ser inspeccionadas visualmente para el color del tostado, esto se apunta en la hoja de evaluación y puede ser utilizado como una referencia durante la calificación de los atributos específicos del sabor. La secuencia de la calificación de cada atributo se basa en la percepción de los cambios del sabor causados por la

disminución de la temperatura del café cuando está en proceso de enfriamiento:

### **Paso 1. Fragancia/ Aroma**

1. Dentro de 15 minutos después de que las muestras hayan sido molidas, se deben evaluar la fragancia seca – levantar la tapa y oler la muestra seca.
2. Después de aplicar el agua, la espuma se deja intacta, por lo menos 3 minutos, pero no más de 5 minutos. Se rompe la espuma removiendo 3 veces, entonces permita que la espuma pase por la parte trasera de la cuchara mientras huele suavemente. La calificación de Fragancia/ Aroma se marca en base a su evaluación seca y mojada.

### **Paso 2. Sabor, Resabio, Acidez, Cuerpo, y Balance**

3. Cuando la muestra se ha enfriado a 160°F (70°C, 10 – 12 minutos de la infusión), la evaluación de licor debe comenzar. El licor se aspira en la boca de tal manera de cubrir tanta área como sea posible, especialmente la lengua y el paladar superior. Los vapores retronasales están en su intensidad máxima en estas temperaturas elevadas y por esto el sabor y resabio se valoran en este punto.
4. Cuando el café continua enfriándose (160°F – 140°F), la Acidez, el Cuerpo y el Balance se valoran. El Balance es determinado por el catador cuando se combinan armoniosamente el Sabor, Resabio, Acidez y Cuerpo.
5. La preferencia del catador para los diferentes atributos se evalúan a varias temperaturas (2 o 3 veces) mientras se enfría la muestra.

### Paso 3. El Dulzor, Uniformidad, y Taza limpia

6. Cuando la muestra se acerca a la temperatura ambiente (80°F - 70°F) el Dulzor, Uniformidad, y Taza Limpia se evalúan. Para estos atributos, el catador hace un juicio en cada taza individual, dando 2 puntos por taza por cada atributo (cuenta máxima de 10 puntos).

### Paso 4. Puntaje del catador y sumatoria total

7. El catador le da un puntaje del aspecto general.
8. Después de evaluar las muestras, todos los puntajes se suman y el resultado final se escribe en el cuadro del formulario de catación.

La tabla 7, muestra los rangos de puntuación para los 10 atributos de acuerdo a la tabla de calificación establecida por la Sociedad Americana de cafés especiales (SCAA),

**Tabla 7. Rangos de puntuación**

Bueno	Muy bueno	Excelente	Extraordinario
6.00	7.00	8.00	9.00
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Fuente: Lingle, 2011

#### 3.3.5. Descripción de los componentes individuales

En algunos de los atributos positivos, hay dos escalas de marca (tick – markscales). Las escalas verticales (de arriba a abajo) se utilizan para registrar la intensidad del componente sensorial listado y se marcan para el registro del evaluador. Las escalas horizontales (izquierda a derecha) se utilizan para evaluar la preferencia del panelista basado en su

percepción de la muestra y su comprensión (por experiencia) de la calidad. La evaluación de atributo se registra en la caja apropiada en el formato de catación.

Cada uno de estos atributos se describe abajo con más detalles.

### 1) **Fragancia**

La fragancia es el olor del café de la muestra molida sin agua. Es el primer indicador de la calidad de la muestra, sin embargo no se debe de calificar como punto aparte sin tomar en cuenta el aroma. Desde este inicio se pueden manifestar atributos positivos o negativos del café que se está analizando.

### 2) **Aroma**

El aroma es el olor del café y nos da una impresión general de la muestra ya molida una vez agregada el agua. Se debe de apreciar acercando la nariz lo más cerca posible a la superficie de la taza utilizando una cuchara para romper la espuma, simultáneamente inhalando el aroma desprendido. Para la calificación se debe considerar conjuntamente el aspecto de la fragancia y el aroma al definir la puntuación de ambas propiedades. En el aroma se confirman los atributos positivos o negativos que puede presentar la muestra que se pudieron describir en la fragancia.

### 3) **Acidez**

La acidez es la propiedad que describe la impresión gustativa causada por la presencia de ácidos orgánicos en la infusión de café. Existen diferentes tipos de ácidos que se describen con: cítrico, agrio, vinoso, frutoso.



#### 4) **Cuerpo**

El cuerpo es el grosor del sabor, consistencia o espesor del líquido.

Ejemplo para acidez y cuerpo: Se puede comparar una manzana roja y verde en donde la verde tiene unas notas brillantes y cítricas con una cantidad de acidez elevada con poco cuerpo y la manzana roja tiene una mínima cantidad de acidez con un sabor grueso y dulce que es el cuerpo.

#### 5) **Sabor**

El Sabor es la propiedad que describe la combinación de los atributos y defectos que se hacen presentes en una taza de café, regularmente se unifican a un criterio considerando las propiedades: fragancia/aroma, acidez y cuerpo. El catador tiene la potestad de definir si la taza es agradable o desagradable otorgándole una calificación alta o baja respectivamente de acuerdo a los estándares para la cual la muestra está siendo analizada.

#### 6) **Sabor Residual/Post gusto**

El Sabor Residual es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca. Este puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero.

#### 7) **Dulzura**

No todos los cafés presentan esta característica, ya que se observa con más intensidad en los cafés de altura, el buen café debe poseer un aspecto de dulzura.

### 8) Balance

Es la manera en que todos los aspectos de la muestra, es decir, de sabor, sabor residual, acidez y cuerpo, trabajan en conjunto y se complementan o contrastan entre ellos. Si a la muestra le faltan ciertos rasgos de aroma o sabor o si algunos rasgos sobresalen, el puntaje del balance sería menor.

### 9) Uniformidad

La uniformidad entre distintas tazas de una sola muestra puede ser uniforme tanto por atributos y características, como en defectos y/o contaminaciones, el catador la puede catalogar como positiva o negativa.

### 10) Limpieza

Se refiere a la falta de impresiones negativas.

### 11) Puntaje catador

Se refiere al puntaje que el catador califica de acuerdo a su comportamiento general de cada muestra.

### 3.3.6. Puntaje final

El puntaje final es la sumatoria de todos los atributos, es decir son las cuentas individuales dadas para cada uno de los atributos primarios. Los defectos entonces se restan de “la cuenta total” para llegar a “la cuenta final”. La escala de calificación se encuentra de 0 a 100 puntos. El siguiente cuadro de puntaje nos da una referencia para la clasificación del café según su puntaje total.

**Tabla 8. Clasificación total de puntuación de calidad**

<b>Puntaje</b>	<b>Descripción de</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Grado</b>
<b>Total</b>	<b>la especialidad</b>		
95–100	Ejemplar o único	Especialidad súper premio	Especial
90 – 94	Extraordinario	Premio a la especialidad	
85 – 89	Excelente	Especialidad	
80 – 84	Muy bueno	Premio	
75 – 79	Bueno	Calidad usual buena	Sin Especialidad
70 – 74	Pasable	Calidad media	
60 – 70		Grado de cambio	
50 – 60		Comercial	
40 – 50		Abajo del grado	
<40		Fuera de grado	

Fuente: Lingle, 2011.

### 3.4. UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES

#### 3.4.1. Unidades de estudio

##### 1. Variables de estudio

###### a. Variedad de café (*Coffea arábica* L.)

- Caturra
- Borbón

###### b. Altitud

- 1524 m.s.n.m.
- 1688 m.s.n.m.

###### c. Tiempo de fermentación

- 12 horas

- 14 horas
- 16 horas

## 2. Variables de respuesta

- a. Características físico-químicas
- b. Características sensoriales

## 3. Indicadores

- a. Evaluación físico-química

- Porcentaje de humedad
- Número de defectos según SCAA.
- Color (escala de coloración de café verde según SCAA)
- Rendimiento

- b. Evaluación sensorial

- Atributos individuales
  - Fragancia/aroma
  - Sabor
  - Sabor residual
  - Acidez
  - Cuerpo
  - Uniformidad
  - Balance
  - Taza limpia
  - Dulzura
  - Puntaje catador
- Sumatoria total de los atributos

### 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95% de significancia y el test de Tukey ( $P \geq 0.05$ ) para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos. Se trabajó con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI (Statistical Graphics Corp.).

Las variables de estudio fueron la variedad, altitud y tiempo de fermentación. Se utilizó un experimento factorial bajo el diseño completo al azar (DCA) con 3 repeticiones para el análisis físico y 4 repeticiones para el análisis sensorial, ajustado al siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 1$  y  $2$  (Variedad)

$j = 1$  y  $2$  (Altitud)

$k = 1, 2$  y  $3$  (Tiempo de fermentación)

$l = 1, 2, 3$  y  $4$  (Repeticiones)

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta de la  $l$ -ésima observación bajo el  $k$ -ésimo tiempo de fermentación, en el  $j$ -ésima altitud, sujeto al  $i$ -ésimo variedad.

$\mu$  = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo variedad.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésima altitud.

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo tiempo de fermentación.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo variedad, con el j-ésima altitud.

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo variedad, con el k-ésimo tiempo de fermentación.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Efecto de la interacción del j-ésima altitud, con el k-ésimo tiempo de fermentación.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto de la interacción l-ésima observación bajo el k-ésimo tiempo de fermentación, en el j-ésima altitud, sujeto al i-ésimo variedad.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental, que está distribuido como  $\varepsilon_{ijkl} \sim DNI(0, \sigma_e^2)$ .

Para la recolección de datos se utilizó el formato mostrado en la tabla 9.

Donde se registraron todos los datos experimentales para cada variable de respuesta.

**Tabla 9. Formato para recolección de datos**

VARIEDAD ( <i>Coffea arabica</i> L.)	ALTITUD (m.s.n.m.)	TIEMPO (Horas)	REPETICIONES
CATURRA	1524	12	
		14	
		16	
	1688	12	
		14	
		16	
BORBON	1524	12	
		14	
		16	
	1688	12	
		14	
		16	

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Resultados del análisis físico

Los resultados fueron obtenidos de acuerdo a los estándares y protocolos de calidad establecidos por la Specialty Coffee Association of América (SCAA) y Normas Técnicas Peruanas (NTP). Las evaluaciones de análisis físico se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandía (CECOVASA LTDA.).

En esta categoría se evaluaron características como: Humedad, Defectos, Color, Granulometría y Rendimiento.

El análisis físico no es un factor determinante en cuanto a la calidad de café se refiere; sin embargo, es necesaria su evaluación para un descarte previo del grano de café verde.

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

#### 4.1.1. Humedad

El porcentaje de humedad depende del secado del grano (café pergamino) y de las condiciones de almacenamiento, lo cual está relacionada con la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente (Aranibar, 2009). De hecho, el metabolismo activo de las semillas de café verde podría tener un impacto negativo en las características de calidad de los granos comerciales a través del deterioro de precursores conocidos de sabor del café, tales como aminoácidos libres y azúcares libres, lo que podría conducir a una mala calidad durante el almacenamiento de café verde, los "malos sabores" también son producidos por los procesos de oxidación que actúan en la fracción lipídica (Patui *et al.*, 2013).

La tabla 10, muestra el promedio y la desviación estándar de los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo II.



**Tabla 10. Resultados del porcentaje de humedad**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	HUMEDAD (%)
CATURRA	1524	12	11.67 ± 0.058
		14	11.67 ± 0.058
		16	11.70 ± 0.000
	1688	12	11.70 ± 0.000
		14	11.70 ± 0.100
		16	11.67 ± 0.058
BORBON	1524	12	11.70 ± 0.100
		14	11.63 ± 0.058
		16	11.67 ± 0.058
	1688	12	11.70 ± 0.000
		14	11.73 ± 0.058
		16	11.67 ± 0.058

n=3

Es preciso aclarar que el porcentaje de humedad no es un indicador de calidad del café, su importancia está basada en la conservación de grano verde. Según la Specialty Coffee Association of América (SCAA), el rango admisible se encuentra entre 10 % y 12 % de humedad. En la Tabla 10, podemos apreciar que los puntajes del porcentaje de humedad varían entre 11.63 y 11.73, lo cual indica que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad.

El análisis de varianza del porcentaje de humedad con un 95 % de nivel de confianza, influido por los factores de estudio: Variedad, Altitud y Tiempo de fermentación, indica que no existe diferencia significativa entre los factores; es decir, la variedad, altitud y tiempo de fermentación no tiene influencia sobre la humedad, ya que ésta depende principalmente del secado y de las condiciones de almacenamiento.

#### 4.1.2. Defectos

El término defectos es utilizado en el ámbito comercial para describir el factor de calidad de los granos y del material extraño (no café) (Prieto, 2002). Éste proceso de selección de defectos se realizó de acuerdo al manual de defectos de la Specialty Coffee Association of América (SCAA).

La tabla 11, muestra el promedio de los resultados obtenidos de todos los tratamientos.

**Tabla 11. Número de defectos por cada 250 g de café verde**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	# DE DEFECTOS
CATURRA	1524	12	2
		14	2
		16	2
	1688	12	2
		14	3
		16	2
BORBON	1524	12	2
		14	3
		16	3
	1688	12	2
		14	2
		16	3

Los defectos son ocasionados por varios factores como: mala recolección de café cereza, descontrolado proceso de fermentación, mal ajuste de la maquina despulpadora, exceso de temperatura en el proceso de secado, tratamiento rudo en el proceso de trillado, deficiente almacenamiento.

De acuerdo al manual de defectos de la SCAA para café verde arábica, en el grado especial no se permiten defectos de la categoría 1 y se aceptan máximo 5 defectos de la categoría 2. En los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos no se presenciaron defectos de la categoría 1; es decir, no se encontraron defectos como grano negro, grano agrio/vinagre, cereza seca, daño por hongos, materia extraña, ni grano brocado severo y en los defectos de la categoría 2 se encontró de entre 2 y 3 defectos (Ver tabla 11), en su mayoría se encontró defectos como brocados leves, conchas, Averañado / arrugado y partido / molido / cortado. Por lo tanto, podemos decir de acuerdo al manual de defectos que todos los tratamientos corresponden a la categoría ESPECIAL. En la figura del Anexo III, se muestra de manera gráfica las diferencias entre los tratamientos.

El secado es un proceso complejo, porque después de cosechar el café, como cualquier otro vegetal, conservan las actividades de una entidad viviente, incluyendo la respiración y la transpiración (Rendón *et al.*, 2013).

#### 4.1.3. Color

El color del grano de café se relaciona con calidad de la bebida y es un factor importante en la valoración del producto. La variación del color en los granos de café verde es un fuerte indicio de la aparición de los procesos oxidativos y transformaciones bioquímicas enzimáticas naturales que alterará la composición de los precursores responsables del sabor y el aroma de los granos, dando como resultado reducción de la calidad de bebidas. (Meira *et al.*, 2012).

El color del grano en bruto es uno de los principales parámetros utilizados para establecer el valor comercial del café, ya que la falta de color uniformidad indica problemas en el proceso de secado, y una mala apariencia de los granos tostados. Por otra parte, la intensidad de color descrito como verde se relaciona con el tiempo y las condiciones de almacenamiento (Rojas, 2004). El color dominante varía con su origen botánico, la naturaleza del suelo, la técnica de cultivo, el beneficio y la manera que se almacene y se conserve el grano. Los cafés Arábica tienen por lo general una coloración verde, verde azulado o gris azulado uniforme, mientras que los *Canephora* tienen un color de tendencia grisácea a consecuencia, de un despéliculado deficiente (Prieto, 2002).

La mejora de altitud sobre características físicas del grano son diversas; color de grano verde-gris-azulado, mayor tamaño y densidad, ranura irregular y cerrada, axial como una reducción en el contenido de granos defectuosos. Cafés cultivados a poca altitud presentan colores de grano verde pálido, con ranura abierta y regular, y con menor densidad (Lara, 2005).

Ésta categoría es un análisis sensorial, ya que para la determinación de color no se utiliza ningún equipo ni material; por lo que fue evaluado por los catadores Licenciados Q Grader.

El grano de café verde que se encuentra en condiciones óptimas se caracteriza por tener un color verde – azulado. (Fischersworing & Robkamp, 2001).

De acuerdo al manual de defectos de la Specialty Coffee Association of América (SCAA), donde se muestra un patrón de colores, éstas se encuentran de entre café hasta azul – verde (Ver figura 6). De la evaluación realizada se concluye que los 12 tratamientos presentan la misma coloración, el cual es AZULADO – VERDE. Esto indica que todos los tratamientos se encuentran en un estado óptimo de conservación.

#### **4.1.4. Granulometría**

El café arábica presenta generalmente un aspecto voluminoso de forma más alargada en comparación con otras variedades.

La granulometría es un análisis físico que consiste en determinar el tamaño del grano, de acuerdo al número de mallas, en este caso se utilizaron mallas de 14 a 20. Este análisis se realizó de acuerdo a los estándares internacionales de calidad (SCAA) y NTP – ISO 4150. En donde indican que el porcentaje de los granos de café verde tiene que estar por encima de la malla 15 en su mayor porcentaje para considerarse dentro de la categoría del grado ESPECIAL.

Se denomina Excelso Supremo a los granos retenidos sobre la malla 17, 18, 19 y 20, Excelso Extra Especial a los granos retenidos sobre la malla 16, Excelso Europa a los granos retenidos sobre la malla 15, y se les denomina Excelso UGQ a los granos retenidos sobre la malla 14. En general el porcentaje retenido sobre la malla 16 al 20 debe de superar el 70 % para considerarse de categoría Especial (Pelaez, 2007).

Este dato es de gran utilidad porque nos permite ubicar las preparaciones posibles para los cafés logrando un rendimiento adecuado a dichos cafés; ya que uno de los requerimientos para todas las preparaciones es la homogeneidad en tamaño. De igual forma su importancia está basada en el proceso de tostado, debido a que la transferencia de calor hacia el grano sea homogénea.

Realizando un análisis podemos observar claramente que en todos los tratamientos la concentración del porcentaje de los granos de café supera el 70 % en las mallas del 16 al 20. Por lo tanto podemos concluir que todos los 12 tratamientos corresponden a la categoría ESPECIAL. (Ver Figura 8 y 9). Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo IV.

Estos resultados indican que en las mallas número 14 y 15 no superan el 30 % de concentración; por lo tanto no se considera un café defectuoso.

Figura 8. Porcentaje de Granulometría para variedad Caturra

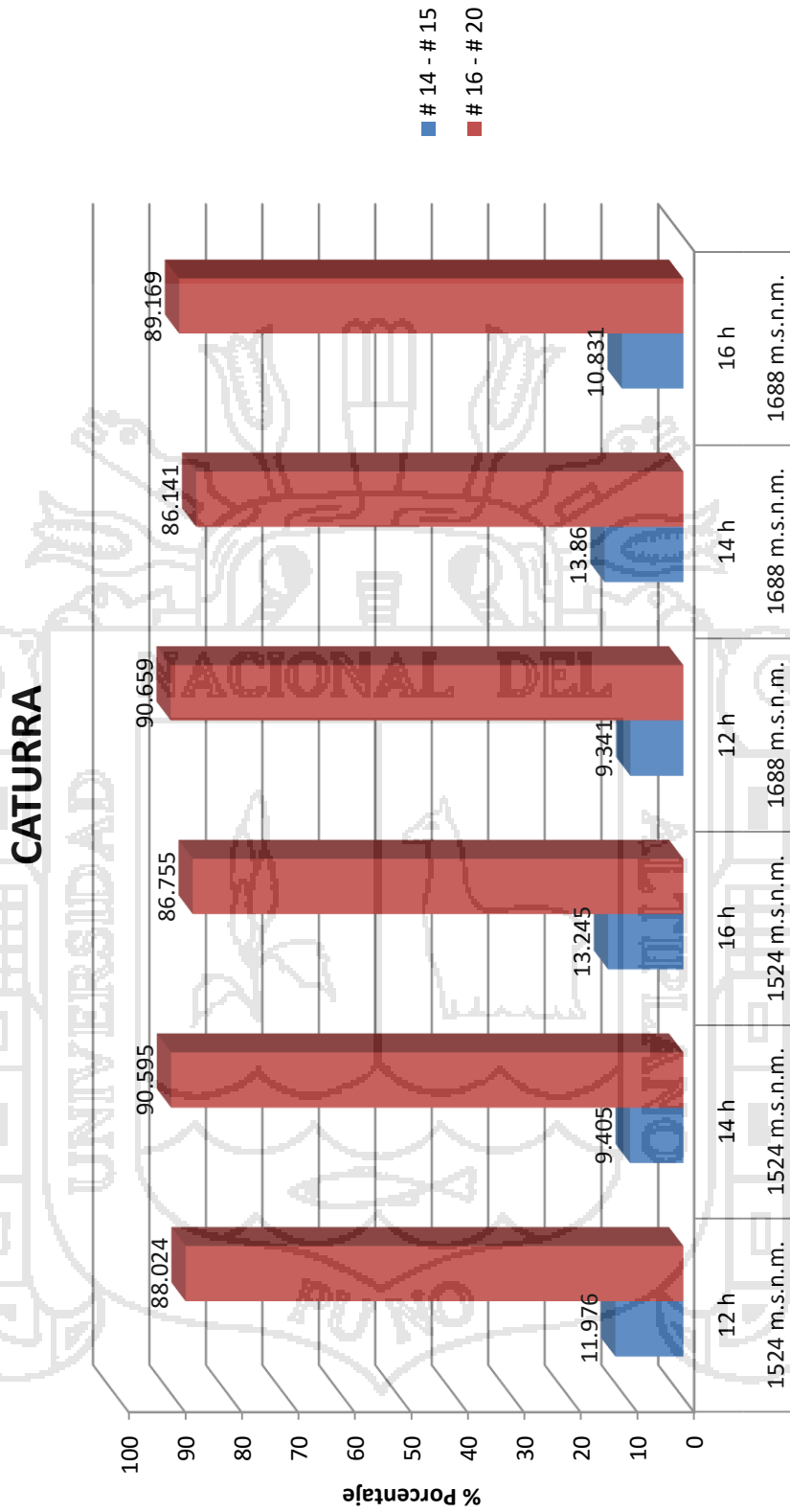
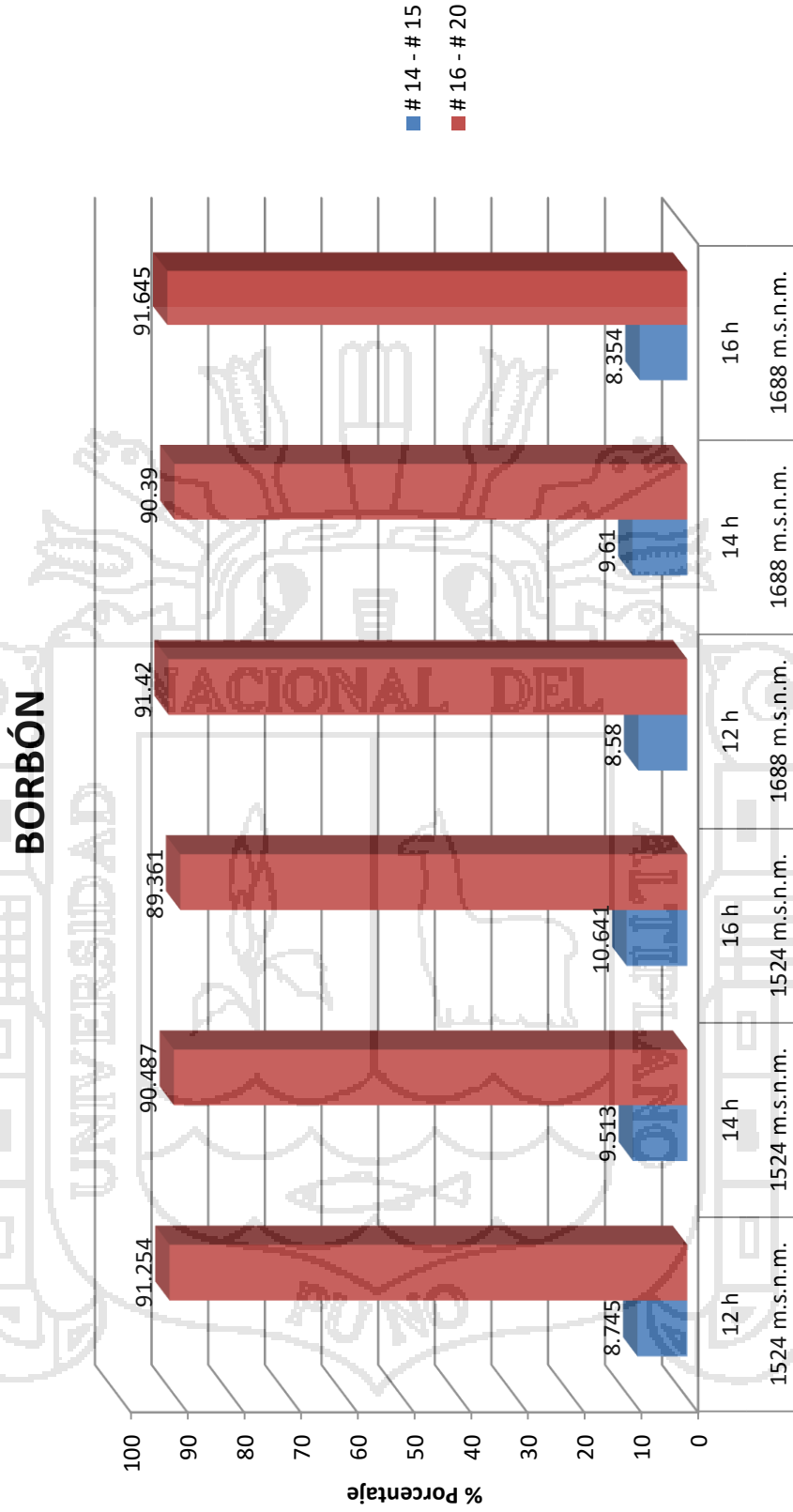


Figura 9. Porcentaje de Granulometría para variedad Borbón





#### 4.1.5. Rendimiento

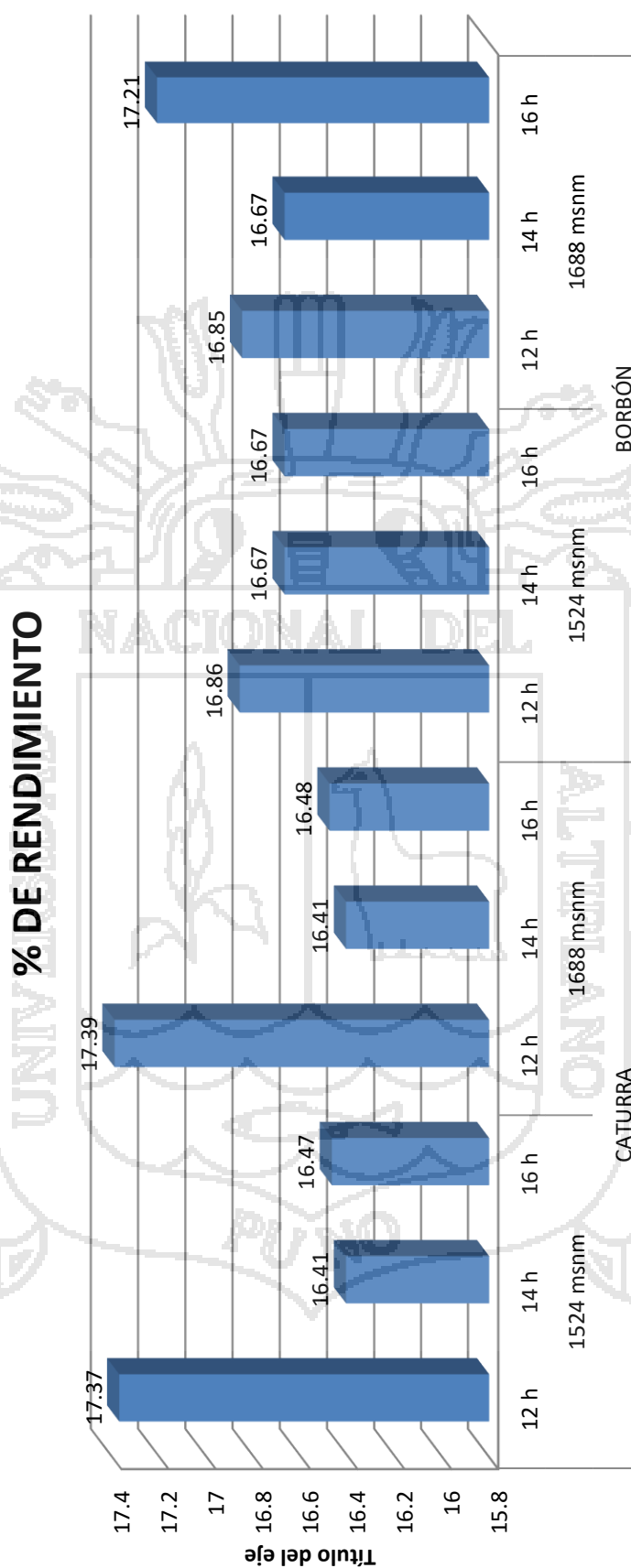
El rendimiento está basado en el índice o porcentaje de merma de una materia a otra. De acuerdo a nuestros resultados podemos decir que de 13500 gramos de café cerezo se obtiene un promedio de 1828 gramos de café tostado – molido. Éste resultado puede ser variable puesto que influyen varios factores como: variedad, altitud, geografía de la zona de cultivo, manejo agronómico y proceso de beneficiado.

La textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica y fertilidad del suelo son aspectos que están directamente relacionados con el rendimiento del café producido. Por otro lado, deficiencias nutricionales de macro elementos como el nitrógeno, potasio u oligoelementos como el boro, cloro, molibdeno, hierro, entre otros tienen efectos negativos directos sobre la calidad del café (Lara, 2005).

En la figura 10, se muestra el porcentaje de rendimiento de todos los tratamientos, en el cual se observa que existe una diferencia entre los factores como: variedad, altitud y tiempo de fermentación. El tratamiento que sobresale es la variedad Caturra, en una altitud de 1688 m.s.n.m., en un tiempo de fermentación de 12 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo V.

Sin embargo de acuerdo a los estándares de calidad establecidas por la Specialty Coffee Association of América (SCAA) nos indica que el rendimiento debe de estar en un promedio de un 15% como mínimo (relación de café pergamino a café verde). El resultado obtenido alcanza un promedio de entre 16% y 17% de rendimiento; es decir que supera el promedio de los estándares de calidad.

Figura 10. Porcentaje de Rendimiento



#### 4.2. Resultados del análisis sensorial según atributos

El análisis sensorial es una herramienta muy importante en la caracterización de diferentes tipos de café. Uno de los métodos para la evaluación sensorial que ha sido destacado por la evaluación de la calidad de las bebidas de café de especialidad es la Specialty Coffee Association of América (SCAA). Este método se basa en una cuantitativa análisis sensorial descriptivo de la bebida, que se realiza por un equipo de jueces seleccionados y entrenados. De acuerdo con esta metodología, los granos de café se puntúan de 0 a 10 puntos en la evaluación de los atributos principales que componen el perfil sensorial de café: fragancia / aroma, uniformidad, taza limpia, dulzor, sabor, acidez, cuerpo, sabor, el equilibrio y la impresión general de la café. La suma de las puntuaciones individuales de todos los atributos constituye el resultado final, que representa la calidad general del café. Los cafés que puntúan más alto que 80 puntos son considerados cafés especiales (Meira *et al.*, 2012).

Los resultados del trabajo de investigación indican que la variedad Borbón tiene mejores características sensoriales en comparación con la variedad Caturra, esto es debido a que en la fermentación ocurren diferentes reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas. El café mucilaginoso está compuesto en un mayor porcentaje por humedad, carbohidratos, lípidos, ácidos, proteínas, entre otros componentes. Los carbohidratos se encuentran principalmente en los azúcares y fibra, los azúcares se encuentran en el mucílago de café, el mucílago es un polisacárido, el cual es un componente de la fibra. En la tabla 2 podemos observar que la variedad Borbón contiene 21.75 % de fibra, mientras que la variedad Caturra tiene 18.85%.

Los polisacáridos contenidos en el grano de café se degradan en la tostación, la sacarosa se descompone completamente, se carameliza y así se producen pigmentos que dan color caramelo, y también ácido fórmico, acético, glicólico, láctico y compuestos aromáticos como los furanos. Más del 99% de los azúcares reductores reaccionan con los aminoácidos en la conocida reacción de Maillard, de esta manera se forman las melanoidinas que dan el pigmento marrón a los granos de café y otorgan sabor y color a la bebida; además, mediante estas reacciones se producen los pirroles, tiofenos, oxazoles, tiazoles y pirazinas del aroma del café tostado.

De igual forma el contenido de lípidos en la variedad Borbón es de 15.27%, mientras que en la variedad Caturra es de 13.98%. Los ácidos grasos reaccionan con alcohol y forman ésteres, los ésteres le dan sabores y aromas a frutal, dulce y floral en la bebida del café.

La especie, la madurez, altitud, tiempo de fermentación, secado, almacenamiento, tostado y el método de preparación de la bebida influyen en la composición química; por lo tanto, en la calidad del sabor, acidez, cuerpo, amargo, dulzor y aromas de una taza de café.

En el presente trabajo se evaluó mediante dos metodologías de análisis sensorial; el primero de acuerdo a los 10 atributos los cuales son: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, taza limpia, uniformidad, dulzura y puntaje catador, cada uno de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA, el segundo basado principalmente en la sumatoria de los 10 atributos, con una escala de 0 a 100 puntos según SCAA, para los cuales se utilizaron 4 catadores licenciados Q – Grader, graduados en el Coffee Quality Institute (CQI) de los Estados Unidos.

#### 4.2.1. Fragancia/Aroma

En la tabla 12, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para Fragancia/Aroma de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 12. Resultados del análisis sensorial para Fragancia/Aroma**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	FRAGANCIA /AROMA
CATURRA	1524	12	7.00 ± 0.20
		14	7.31 ± 0.13
		16	7.50 ± 0.20
	1688	12	7.50 ± 0.20
		14	7.56 ± 0.43
		16	7.88 ± 0.14
BORBON	1524	12	7.50 ± 0.35
		14	7.56 ± 0.31
		16	7.69 ± 0.24
	1688	12	7.56 ± 0.24
		14	7.75 ± 0.20
		16	8.44 ± 0.24

n=4

En el análisis sensorial para fragancia/aroma se presenciaron aromas florales, frutales, caramelo en la variedad borbón y en la variedad caturra se presenciaron aromas a chocolate, frutales y herbáceas.

El análisis de varianza para Fragancia/Aroma indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores

de estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación; asimismo, realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores. En el atributo fragancia/aroma, la variedad Borbón logró obtener un puntaje de 7.75, con el cual superó a la variedad Caturra que obtuvo un puntaje de 7.46 en la escala de calificación de la SCAA. La altitud de 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.78 la cual es superior al puntaje obtenido por la altitud de 1524 m.s.n.m. en la escala de calificación de la SCAA. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.88, el cual es superior a los puntajes que obtuvieron los tiempos de 12 horas y 14 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo VI.

Los cafés de muy alta altitud resultan más acidulados frutados que los cafés de altitud inferior, los cuales son más frecuentemente estándares y balanceados (Escarramán *et al.*, 2007). El café es apreciado en todo el mundo por sus propiedades estimulantes y rico aroma. El aroma de un alimento depende de su capacidad para estimular el sentido del olfato a través de la liberación de compuestos volátiles, que son percibidos por vía retronasal después de la ingestión. La composición aromática de café es excepcionalmente compleja, con cerca de 1.000 compuestos que contribuye a su característica sabor (Flament, 2001).

La composición de café tostado es probablemente uno de las más importantes factores para determinar el carácter de café y la calidad (Flament, 2001). Los compuestos volátiles generados por el tostado ha sido el foco de varios estudios (Bertrand *et al.*, 2012).

Las combinaciones de compuestos orgánicos volátiles determinan el aroma de frutas y verduras (Schwab *et al.*, 2008). La mayoría de los compuestos que componen el aroma típico de café tostado se genera a través de una o más de estas reacciones, y por lo tanto no están presentes en el grano verde. Hay; sin embargo, otras clases de sustancias olorosas que total o parcialmente sobreviven al azar, y cuyo origen por lo tanto puede ser atribuido a la biosintética la actividad de la fruta y semilla.

Compuestos terpénicos son un importante representante de esta última categoría. Los terpenos son el mayor grupo de metabolitos de las plantas, con muchos miles de compuestos conocidos clasifican en varias clases. Tienen funciones esenciales en el metabolismo primario de las plantas (por ejemplo, como hormonas vegetales, moléculas de señalización y el fitol cadena lateral de la clorofila), pero su versatilidad es especialmente mostró en los papeles innumerables que se desempeñan en el metabolismo secundario como atractores de polinizadores, repelentes para los herbívoros y los antimicrobianos compuestos (Pichersky & Gershenzon, 2002).

#### 4.2.2. Sabor

En la tabla 13, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para Sabor de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 13. Resultados del análisis sensorial para Sabor**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	SABOR	
CATURRA	1524	12	7.19 ± 0.24	
		14	7.50 ± 0.35	
		16	7.50 ± 0.20	
	1688	12	7.44 ± 0.13	
		14	7.56 ± 0.13	
		16	7.63 ± 0.14	
		1524	12	7.38 ± 0.25
			14	7.56 ± 0.31
			16	7.75 ± 0.00
BORBON	12	7.44 ± 0.43		
	14	7.69 ± 0.13		
	16	8.13 ± 0.25		

n=4

El análisis de varianza para Sabor indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Asimismo, realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos expresar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores. La variedad Borbón logró obtener un



puntaje de 7.66, con el cual superó a la variedad Caturra que obtuvo un puntaje de 7.47 en la escala de calificación de la SCAA. La altitud de 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.65, la cual es superior al puntaje obtenido por la altitud de 1524 m.s.n.m. en la escala de calificación de la SCAA. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.75, el cual es superior a los puntajes que obtuvieron los tiempos de 12 horas y 14 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo VII.

El sabor representa el carácter principal del café, las anotaciones de “rango medio”, desde las primeras impresiones que generan el primer aroma del café y la acidez hasta su sabor residual final. Es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas (de las papilas gustativas) y los aromas retronasales que van de la boca a la nariz. El puntaje que se da al sabor debe representar la intensidad, calidad y complejidad de su gusto y aroma combinados, lo cual se experimenta al sorber el café enérgicamente para involucrar todo el paladar en la evaluación (Lingle, 2011).

De los 300 compuestos volátiles detectado en el café verde limpio, alrededor de 200 están todavía presentes después del tostado. Se han estudiado los volátiles preexistentes en café verde (Bertrand *et al.*, 2012).

Similar a la acidez del café, el sabor salado de café era positivamente relacionado con la mayoría de los ácidos, así como con

todos los polisacáridos excepto manosa, y negativamente relacionado con ácidos clorogénicos y cafeína. (Wei *et al.*, 2013). Las diferencias en el medio ambiente, las condiciones de cultivo, métodos de procesamiento y secado entre especie *Coffea arábica* y *Coffea robusta*, condujeron a fruta dulce y floral perfil de sabor pronunciado en arábica (Cagliani *et al.*, 2012).

Dentro de los factores ambientales y agronómicos estudiados, la altitud es el que tiene una influencia predominante sobre las características sensoriales en las dos cosechas (Escarramán *et al.*, 2007). El café cultivado en las altas elevaciones se vende a un precio mayor que cultivan en las regiones de tierras bajas. Aunque la elevación es empíricamente sabe que tiene efectos beneficiosos sobre la calidad del café, sólo unos pocos científicos realmente han documentado estos efectos. Cafés de alta calidad se desarrollan en las elevaciones más altas. Los cafés producidos en regiones con un clima fresco (más elevada) son más ácidas, tener una mejor calidad de aroma y visualización menos defectos de sabor de los producidos en las regiones más cálidas (menos elevada). Por el contrario, cafés cultivados bajo la temperatura más caliente condiciones tienen menor acidez calidad, menores aromático, así como la presencia de sabores verdes y terrosos. (Bertrand *et al.*, 2012).

#### **4.2.3. Sabor Residual**

En la tabla 14, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para el atributo Sabor Residual de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 14. Resultados del análisis sensorial para Sabor Residual**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	SABOR RESIDUAL
CATURRA	1524	12	7.00 ± 0.50
		14	7.25 ± 0.20
		16	7.06 ± 0.31
	1688	12	7.13 ± 0.14
		14	7.25 ± 0.00
		16	7.38 ± 0.14
BORBON	1524	12	7.31 ± 0.24
		14	7.31 ± 0.13
		16	7.63 ± 0.14
	1688	12	7.31 ± 0.13
		14	7.50 ± 0.00
		16	7.69 ± 0.13

n=4

El análisis de varianza para Sabor Residual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de estudio: variedad y tiempo de fermentación, pero no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre las altitudes. Por lo tanto se concluye que los factores de estudio como variedad y tiempo de fermentación influyen en el atributo sabor residual; sin embargo el factor altitud no tiene influencia sobre el atributo sabor residual. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y los tiempos de fermentación; sin

embargo, no se encontró diferencias significativas entre las altitudes. La variedad Borbón obtuvo un puntaje de 7.46, el cual es superior al puntaje obtenido por la variedad Caturra en la escala de calificación de la SCAA. La altitud de 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.38, mientras que la altitud de 1524 m.s.n.m. obtuvo 7.26 puntos, la cual indica que estadísticamente no existe diferencia significativa. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.44 en la escala de calificación de la SCAA, con el cual supera a los tiempos de 12 y 14 horas; asimismo, es preciso mencionar que entre los tiempos de fermentación de 12 y 14 horas no se encontraron diferencias significativas, de igual forma no se encontró diferencias entre los tiempos de 14 y 16 horas, solamente existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de 12 y 16 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo VIII.

El sabor residual es un componente de “Bouquet” o también llamado perfil aromático. Se refiere principalmente a los vapores residuales después de tragar el café; asimismo, nos dice que el sabor residual se define como la duración de las cualidades positivas del sabor (gusto y aroma) que emanan del fondo del paladar y que permanecen después de que el café ha sido escupido o tragado. Si el sabor residual fuese corto o desagradable, se daría un puntaje bajo (Lingle, 2011).

Considerando las variables ambientales y agronómicas, la altitud y la variedad son los factores de mayor influencia sobre las características organolépticas del café (Escarramán *et al.*, 2007).

#### 4.2.4. Acidez

En la tabla 15, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para el atributo Acidez de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 15. Resultados del análisis sensorial para Acidez**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	ACIDEZ
CATURRA	1524	12	7.50 ± 0.20
		14	7.38 ± 0.25
		16	7.31 ± 0.47
	1688	12	7.38 ± 0.14
		14	7.44 ± 0.13
		16	7.38 ± 0.14
BORBON	1524	12	7.38 ± 0.14
		14	7.38 ± 0.14
		16	7.81 ± 0.13
	1688	12	7.75 ± 0.20
		14	7.75 ± 0.20
		16	8.25 ± 0.20

n=4

El análisis de varianza para Acidez indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de

estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Por lo tanto, se concluye que los parámetros de fermentación tienen influencia sobre el atributo Acidez. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores. La variedad Borbón logró obtener un puntaje de 7.72, el cual es superior al puntaje obtenido por la variedad Caturra en la escala de calificación de la SCAA. La altitud de 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.66 la cual supera a la altitud de 1524 m.s.n.m. que obtuvo un puntaje de 7.46 en la escala de calificación de la SCAA; asimismo, podemos mencionar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos 12 horas y 14 horas, pero existe una diferencia significativa entre los tiempos 12 horas y 16 horas, de igual forma existe diferencia entre los tiempos de 14 horas y 16 horas. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.69, el cual es superior a los puntajes que obtuvieron los tiempos de 12 horas y 14 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo IX.

El café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, tales como acidez y aroma, definiendo así un mejor sabor y calidad de bebida (Lara, 2005).

Un café especial, sinónimo de café de calidad fina o superior, cuenta con ciertas características que la distingue de otros cafés, tales como un persistente floral, cítrica y sabor a chocolate, que ayuda a añadir

valor al producto (Paiva, 2005). Los cafés de granos más grandes resultan más ácidos y frutados y menos leñosos que los cafés de baja granulometría. Los cafés más preferidos tienen una granulometría superior al promedio (Escarramán *et al.*, 2007).

Se ha informado de que el componente ácido disminuye y los pH aumentan junto con el cambio de claro a oscuro niveles de tostado (Fuse, Kusu, & Takamura, 1997). Por lo tanto, es razonable que la astringencia de café se incrementa durante el tostado progreso. (Wei *et al.*, 2013). La acidez es un término cuantitativo que se refiere a la concentración relativa de ácidos presentes en el líquido que se está evaluando. Si bien la palabra “ácido” en el café y la sensación “acidez” tienen relación, no significan la misma cosa. De hecho, los cafés que se consideran muy ácidos no tienen un alto contenido de acidez (Lingle, 2011).

Además, cada uno de los ácidos tiene su propio sabor característico, como por ejemplo el sabor a limón del ácido cítrico, el sabor mantecoso del ácido láctico y el sabor a manzana del ácido málico. Una de las características del café de nuestra región en cuanto a acidez se refiere es que presentan un sabor a limón, mandarina, naranja, toronja; es decir que se perciben sabores a ácido cítrico.

#### **4.2.5. Cuerpo**

En la tabla 16, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para el atributo Cuerpo de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

Tabla 16. Resultados del análisis sensorial para Cuerpo

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	CUERPO
CATURRA	1524	12	7.44 ± 0.13
		14	7.50 ± 0.20
		16	7.56 ± 0.24
	1688	12	7.50 ± 0.20
		14	7.88 ± 0.14
		16	8.06 ± 0.24
BORBON	1524	12	7.19 ± 0.13
		14	7.19 ± 0.24
		16	7.31 ± 0.24
	1688	12	7.38 ± 0.14
		14	7.38 ± 0.14
		16	7.56 ± 0.24

n=4

El análisis de varianza para Cuerpo indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Por lo tanto, se concluye que los parámetros de fermentación tienen influencia sobre el atributo Cuerpo. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores. La variedad Caturra logró obtener un puntaje de 7.66, con el cual supera a la variedad Borbón que obtuvo un puntaje de 7.33 en la escala de calificación de la SCAA. Es preciso mencionar que solamente en ésta categoría la variedad



Caturra logró superar en puntaje a la variedad Borbón. La altitud 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.63, la cual es superior al puntaje obtenido por la altitud de 1524 m.s.n.m. en la escala de calificación de la SCAA. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.63, el cual es superior a los puntajes que obtuvieron los tiempos de 12 horas y 14 horas; asimismo es preciso mencionar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de 12 horas y 14 horas, tampoco existe diferencia significativa entre los tiempos de 14 horas y 16 horas, pero existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de 12 horas y 16 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Caturra, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo X.

Haciendo un análisis de los resultados del atributo Cuerpo podemos observar la notable diferencia en favor a la variedad Caturra; además, se puede apreciar que la altitud de 1688 m.s.n.m. se mantiene en ventaja con respecto a la altitud de 1524 m.s.n.m. Lara (2005) sostiene que gran parte de la influencia benéfica de la altitud en la determinación de la calidad del café es atribuida a los cambios en temperatura y humedad que se producen al ascender altitudinalmente. Altitud y temperatura presentan correlaciones negativas entre sí, donde por cada 100 m que se asciendan verticalmente se disminuyen entre 0.5 0.6 °C. Esta reducción en la temperatura se debe a la disminución en el grosor de la atmósfera conforme se asciende altitudinalmente; esto provoca mayor pérdida de calor por la reirradiación que ocurre durante la noche.

Además, niveles de nubosidad considerables durante el día en zonas con mayores altitudes producen una disminución adicional en el aprovechamiento de la radiación. La disminución en la temperatura favorece un alargamiento en el proceso de maduración de la cereza, que a su vez propicia un mejor llenado de grano y consecuente producción de granos de mayor peso y con mejor calidad de bebida.

La calidad del cuerpo se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente aquella percibida entre la lengua y el techo de la boca. La mayoría de las muestras con cuerpo pesado pueden además recibir un puntaje alto en términos de calidad debido a la presencia de coloides de infusión y sacarosa. No obstante, algunas muestras con cuerpo más liviano también pueden dar una buena sensación en boca (Lingle, 2011).

Los polisacáridos son conocidos por ser responsable del aumento de la viscosidad de café (Wei *et al.*, 2013). Aún más importantes son los cambios en la composición química del grano de café: degradación de hidratos de carbono para formar aldehídos y ácidos volátiles, la desnaturalización de las proteínas y la reacción de los grupos amino libres con hidratos de carbono (reacción de Maillard), la degradación de los ácidos clorogénicos y trigonelina (Bonnlaender *et al.*, 2005).

#### 4.2.6. Balance

En la tabla 17, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para el atributo Balance de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 17. Resultados del análisis sensorial para Balance**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	BALANCE
CATURRA	1524	12	7.00 ± 0.20
		14	7.38 ± 0.14
		16	7.50 ± 0.20
	1688	12	7.38 ± 0.14
		14	7.31 ± 0.13
		16	7.44 ± 0.13
BORBON	1524	12	7.31 ± 0.13
		14	7.44 ± 0.13
		16	7.56 ± 0.13
	1688	12	7.44 ± 0.13
		14	7.56 ± 0.13
		16	7.75 ± 0.00

n=4

El análisis de varianza para Balance indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Por lo tanto, se concluye que los parámetros de fermentación tienen influencia sobre el atributo Acidez. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los factores como: variedad, altitud y tiempo de fermentación. La variedad Borbón logró obtener un puntaje de 7.51, con el cual superó a la variedad Caturra que obtuvo un puntaje de 7.33 en la escala de calificación de la SCAA. La

altitud de 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.48, la cual el superior al puntaje obtenido por la altitud de 1524 m.s.n.m. en la escala de calificación de la SCAA. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.56 con el cual superó a los tiempos de 12 y 14 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo XI.

Los factores determinantes en la calidad del café son la altitud y la latitud, los cuales están directamente relacionados con las condiciones de la temperatura, precipitación, humedad relativa e insolación (Ortiz 2007). El café comienza en la fase de cultivo, donde existen muchos factores que influyen en la calidad y la composición química del grano sin procesar: el lugar, la altitud, las condiciones meteorológicas, la composición y la fertilización del suelo, así como los métodos de cultivo, recolección y secado (Lara, 2005).

El balance es la manera en que todos los aspectos de la muestra, es decir, sabor, sabor residual, acidez y cuerpo, trabajan en conjunto y se complementan o contrastan entre ellos (Lingle, 2011). Varios estudios han determinado que la mejor bebida se obtiene de frutos maduros, mientras que los verdes y sobremaduros deterioran la calidad debido a múltiples defectos como sabor y aroma a fermento y acre en la bebida (Marin 2003).

#### 4.2.7. Puntaje Catador

En la tabla 18, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para el atributo Puntaje Catador de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 18. Resultados del análisis sensorial para Puntaje Catador**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	PUNTAJE CATADOR
CATURRA	1524	12	7.31 ± 0.24
		14	7.38 ± 0.14
		16	7.56 ± 0.24
	1688	12	7.50 ± 0.20
		14	7.50 ± 0.20
		16	7.81 ± 0.13
BORBON	1524	12	7.31 ± 0.31
		14	7.50 ± 0.35
		16	7.75 ± 0.20
	1688	12	7.63 ± 0.32
		14	7.81 ± 0.24
		16	8.25 ± 0.20

n=4

El análisis de varianza para Puntaje Catador indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores de estudio: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Por lo tanto, se concluye que los parámetros de fermentación tienen influencia sobre el atributo Puntaje Catador. Realizando la prueba de comparación múltiple

de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos decir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades, entre las altitudes y entre los tiempos de fermentación. La variedad Borbón logró obtener un puntaje de 7.71, el cual es superior al puntaje obtenido por la variedad Caturra. La altitud 1688 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 7.75 la cual supera a la altitud de 1524 m.s.n.m. que obtuvo un puntaje de 7.47 en la escala de calificación de la SCAA. El tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 7.84, el cual es superior a los puntajes que obtuvieron los tiempos de 12 horas y 14 horas; asimismo, es preciso mencionar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de 12 horas y 14 horas, pero se aprecia que existe una diferencia significativa entre los tiempos 12 horas y 16 horas, de igual forma existe una diferencia entre los tiempos 14 horas y 16 horas. Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo XII.

La composición química de la bebida de café es extremadamente complejo, siendo compuesto de cientos de compuestos volátiles y no volátiles, muchos de los cuales se generan en las reacciones térmicas que se producen durante el proceso de tostado. Sin embargo, en el grano de café crudo también hay compuestos que sobreviven al tostado y por lo tanto se extraen en la bebida. Los monoterpenos son un ejemplo de esta categoría, ya que su presencia se ha informado en la flor café, fruta,

semilla, grano tostado y en el aroma de la bebida. (Del Terra *et al.*, 2013).

Los cambios sensoriales durante el almacenamiento de granos de café se producen principalmente debido a la oxidación de lípidos y son responsables de la pérdida de valor comercial. (Rendón *et al.*, 2013). La calidad de la taza de café está asociado con los precursores de sabor natural y el aroma de café, tales como compuestos de nitrógeno, carbohidratos, lípidos y compuestos fenólicos, y otros componentes forman durante el proceso de tostado (Good *et al.*, 2014).

El aspecto Puntaje catador debe reflejar la calificación integrada de todos los aspectos de la muestra según la percepción del panelista.

Una muestra con muchos aspectos altamente agradables que sin embargo “no está a la altura” recibe aquí un puntaje bajo. Un café que superó las expectativas en cuanto a su carácter y reflejó características de sabor de un origen particular recibe un puntaje alto. Una muestra que sirva de ejemplo de las características esperadas debería recibir un puntaje incluso más alto. En este paso, el panelista hace una apreciación personal (Lingle, 2011).

#### **4.2.8. Uniformidad, Taza Limpia y Dulzura**

Para la evaluación de los tres atributos se utilizó el formulario de calificación de la Specialty Coffee Association of América (SCAA).

De las 5 tazas en evaluación para cada muestra, se otorgan 2 puntos a cada taza, con un máximo de 10 puntos si las 5 tazas son iguales.

Para los resultados obtenidos en esta evaluación, no se logró efectuar el análisis estadístico, esto es debido a que todos los valores son iguales; es decir, que todos los tratamientos obtuvieron un puntaje de 10 en la escala de calificación de la SCAA.

La dulzura del café se encuentra positivamente relacionada con los lípidos, quínico ácidos, manosa y quinide, y negativamente relacionado con clorogénico ácidos, citrato, formiato, malato, trigonelina, arabinosa y galactosa. Curiosamente, casi todos los componentes positivamente relacionada con el dulce sabor del café no son dulces sí mismos. Por el contrario, quínico y quinide son incluso ligeramente amargo (Wei *et al.*, 2013).

#### **4.3. Resultados del Análisis Sensorial según sumatoria de los atributos**

Ésta es la categoría más importante de nuestro trabajo de investigación; ya que está dada por la sumatoria de los 10 atributos de acuerdo a la tabla de calificación establecida por la Specialty Coffee Association of América (SCAA). La calificación general es de 0 – 100 puntos (Ver tabla 7).

Se considera un café sin especialidad a las muestras que obtienen un puntaje menores a 80 y se considera un café con especialidad a las muestras que obtienen puntajes mayores o iguales a 80. El rango de puntaje de las fincas en las cuales se trabajó la investigación, fue de entre 80 y 82 puntos. Por lo tanto, se le atribuye el grado de Especial, y corresponde a la categoría Muy Bueno.

En el presente análisis evaluaremos los resultados de dos formas, la primera de acuerdo al análisis estadístico y la segunda de acuerdo a los protocolos de calidad de la Specialty Coffee Association of América (SCAA).



#### 4.3.1. Evaluación de resultados de acuerdo al análisis estadístico

En la tabla 19, se presenta los resultados promedios y la desviación estándar para Puntaje Final de todos los tratamientos, las cuales fueron obtenidos de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA.

**Tabla 19. Resultados del análisis sensorial para Puntaje Final**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	PUNTAJE FINAL
CATURRA	1524	12	80.44 ± 0.239
		14	81.69 ± 0.966
		16	82.00 ± 1.744
	1688	12	81.81 ± 0.718
		14	82.50 ± 0.935
		16	83.56 ± 0.125
BORBON	1524	12	81.38 ± 1.233
		14	81.94 ± 1.313
		16	83.50 ± 0.736
	1688	12	82.50 ± 1.137
		14	83.44 ± 0.718
		16	86.06 ± 0.625
n=4			

El análisis de varianza para puntaje final, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los factores: variedad, altitud y tiempo de fermentación. Por lo tanto se concluye que los parámetros de fermentación influye en la calidad sensorial del café (*Coffea arábica* L.) del valle de Inambari – Sandía.

Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey para puntaje final con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades caturra y borbón, en donde la variedad Borbón logró obtener un puntaje de 83.14, mientras que la variedad Caturra obtuvo un puntaje de 81.97 en la escala de calificación de la SCAA. Por lo tanto, la variedad Borbón es superior en 1.17 puntos. Esto es debido a que la variedad Borbón tiene mejores características en fragancia, aroma, sabor, sabor residual, acidez y puntaje de catador.

Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey para puntaje final con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las altitudes 1688 m.s.n.m. y 1524 m.s.n.m. en donde la altitud de 1688 m.s.n.m. se obtuvo un puntaje de 83.31 mientras que la altitud de 1524 m.s.n.m. obtuvo un puntaje de 81.80 en la escala de calificación de la SCAA. Por lo tanto, la altitud de 1688 m.s.n.m. supera en 1.51 puntos.

Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey para puntaje final con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de 12, 14 y 16 horas, en donde el tiempo de fermentación de 16 horas obtuvo un puntaje de 83.78, mientras que el tiempo de 14 horas obtuvo un puntaje de 82.39 y el tiempo de 12 horas un puntaje de 81.5 de acuerdo a la escala de calificación de la SCAA. Por lo tanto el tiempo de 16 horas destaca en comparación de los demás tratamientos, esto es debido que en este tiempo completa el ciclo de fermentación y se descompone completamente el

mucílago; sin embargo, en los tiempos de 12 horas y 14 horas no se descompone completamente el mucílago; es decir no se separa completamente el mucílago del pergamino, el cual dificulta en el proceso de lavado.

Por lo tanto, el tratamiento que obtuvo mejores resultados es la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas. Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo XIII.

La fermentación del café es una de las operaciones críticas en el proceso de beneficiado por su impacto en la calidad organoléptica del producto final. De forma general la mayor parte de las explotaciones carecen de tecnificación alguna del fermentador, no teniendo el operario ninguna información objetiva sobre la evolución de los parámetros físico-químicos de control del proceso que le ayuden a la toma de decisión (Jiménez *et al.*, 2011). La fermentación del café es una de las etapas críticas de su proceso de obtención ya que fermentaciones prolongadas, incompletas o mal controladas producen defectos sensoriales (Woelore, 1993 & Martínez *et al.*, 2010). De manera general, el proceso de fermentación del café se lleva a cabo en las explotaciones de manera empírica, dándose una elevada heterogeneidad, incluso entre fincas próximas, en cuanto al tipo de fermentadores (forma, tamaño, materiales constructivos), tiempos de fermentación y otros parámetros de control del proceso. Las fermentaciones tienen una duración entre 15 y 20 horas en función principalmente de las condiciones ambientales reinantes en cada momento. En general en las explotaciones cafeteras no existe

instrumentación o tecnificación alguna del fermentador, careciendo el operario de información objetiva que le aporte información útil para conducir la fermentación de manera adecuada. Según muestran distintos trabajos, las principales variables de control del proceso de fermentación son la temperatura y pH (Jiménez *et al.*, 2011).

Los frutos verdes, pintones y sobremaduros producen una taza de inferior calidad con respecto a los frutos maduros, pero no se conoce bien cuál y cuanto es el efecto de estos granos. Por lo tanto el estado de madurez del cerezo de café tiene influencia sobre las características organolépticas de la bebida del café (Barboza, 1995).

El sabor y aromas particulares de la bebida de café son el resultado de alrededor de mil sustancias químicas que se originan en la semilla de café y se preparan para su apreciación sensorial en el proceso de tostación. En el café se han determinado diversos compuestos como furanos, pirroles, pirazinas, cetonas, aldehídos, alcoholes, ácidos, piridinas, tiazoles, ésteres, diterpenos, alcaloides, colorantes, aminoácidos, lo cual hace que el estudio sea complejo (Puerta, 1999). Los compuestos químicos tiene un efecto sobre la calidad sensorial de la bebida del café, estos es debido a que los polisacáridos retienen aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida y a la espuma del espresso, la sacarosa da amargo, sabor, color, acidez y aroma; los azúcares reductores dan color, sabor y aroma; los lípidos contribuyen al transporte de aromas y sabores y en el espresso dan sabor y cuerpo; las proteínas dan amargo y sabor y en el espresso forman la espuma, la cafeína y trigonelina contribuyen al amargo; los ácidos clorogénicos dan cuerpo, amargo y

astringencia, los ácidos alifáticos son los principales componentes de la acidez y también dan cuerpo y aroma (Puerta, 2011).

El genotipo de la planta de café determina las características de tamaño, forma y color de los granos, su composición química y las propiedades organolépticas de la bebida (Lara, 2005)

#### **4.3.2. Evaluación de resultados de acuerdo a protocolos de calidad de la Speciality Coffee Association of América (SCAA)**

De acuerdo a los protocolos de calidad establecidos por la Specialty Coffee Association of América (SCAA) el único tratamiento que logró obtener la categoría de EXCELENTE, fue el tratamiento de la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas el cual obtuvo un puntaje promedio de 86.06 y todos los demás tratamientos lograron obtener la categoría de MUY BUENO (Ver tabla 8).

La Specialty Coffee Association of América (SCAA), utiliza el diagrama de mallas para graficar una muestra según sus atributos.

En la figura 11, se muestra de manera gráfica una comparación entre el tratamiento que obtuvo el mejor puntaje y el tratamiento que obtuvo el menor puntaje.

El tratamiento que obtuvo el mejor puntaje corresponde a la variedad Borbón, en una altitud de 1688 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 16 horas, con un promedio de 86.06 puntos y el tratamiento que obtuvo el menor puntaje corresponde a la variedad Caturra, en una altitud de 1524 m.s.n.m. en un tiempo de fermentación de 12 horas, con un puntaje promedio de 80.31 en la escala de calificación de la SCAA.

Las diferencias entre los cafés están relacionados con la variabilidad genética (Louarn *et al.*, 2006); asimismo, las condiciones agronómicas como: altitud, la temperatura, la demanda hídrica, tipos y niveles de fertilización y la maduración del grano de café. Estos factores influyen en la composición de café, que define la calidad y aceptabilidad sensorial de café (Good *et al.*, 2014).

En las figuras 12 y 13, se muestran los resultados gráficamente mediante el diagrama de mallas individualmente para los 12 tratamientos, en los cuales indican que todos los tratamientos pertenecen al grado Especial. De igual forma es preciso aclarar que el puntaje de los atributos en el diagrama de mallas quiere decir que mientras más se aproximen al borde de la malla, los resultados tendrán mejores características sensoriales.

Según los protocolos de calidad de la Specialty Coffee Association of América (SCAA) ambos puntajes pertenecen al grado Especial y a la categoría de Muy Bueno.

Figura 11. Comparación de resultados según diagrama de mallas

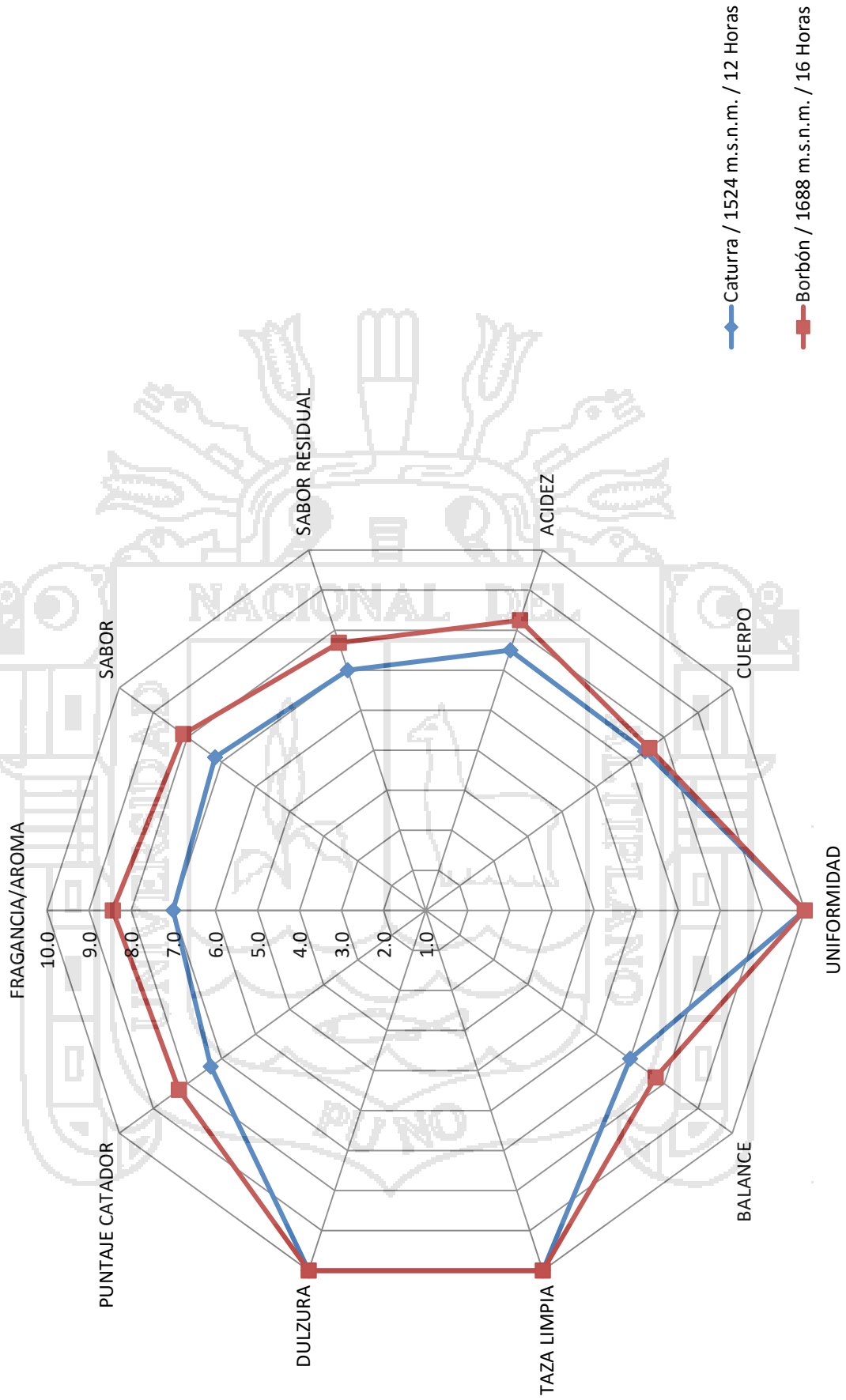
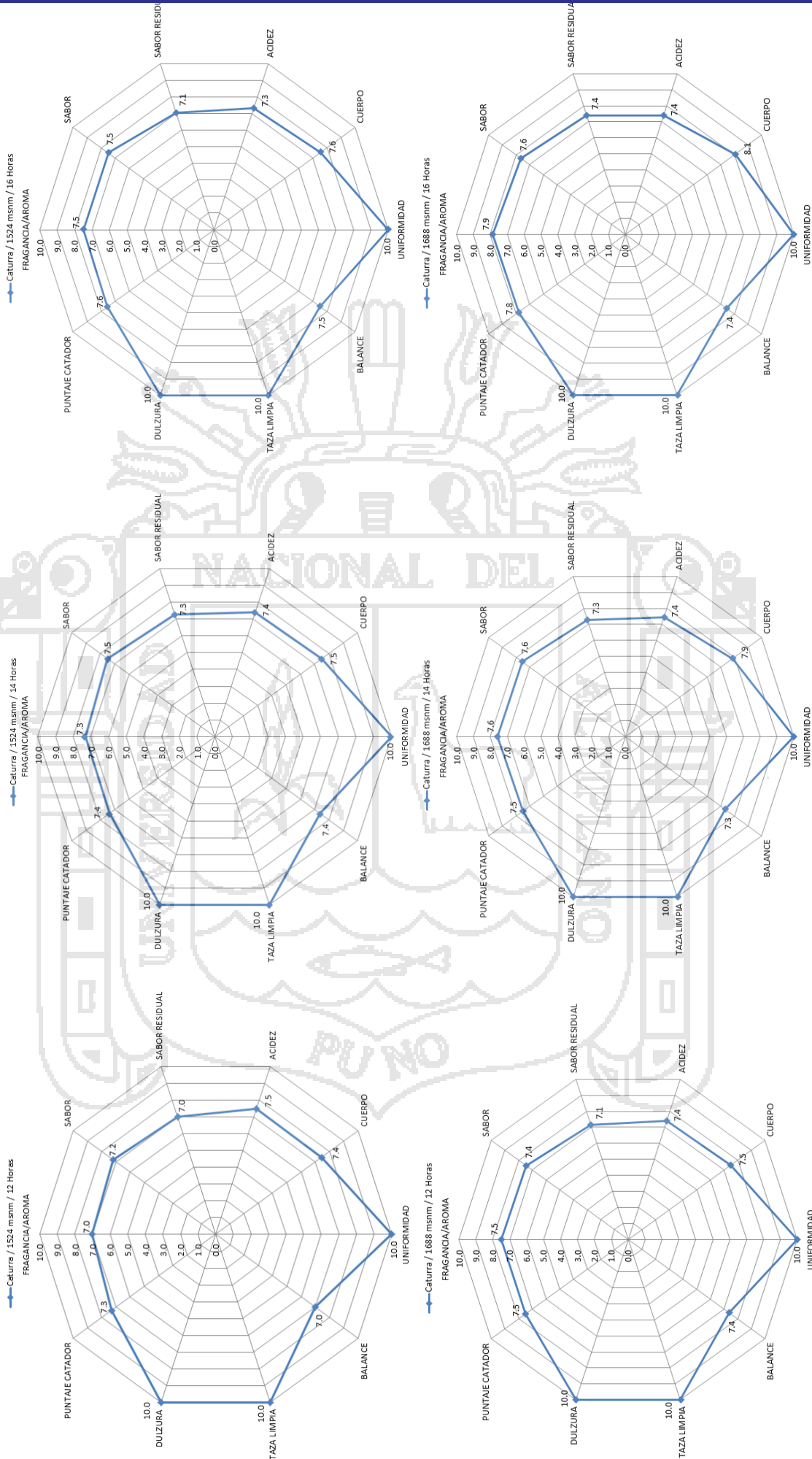
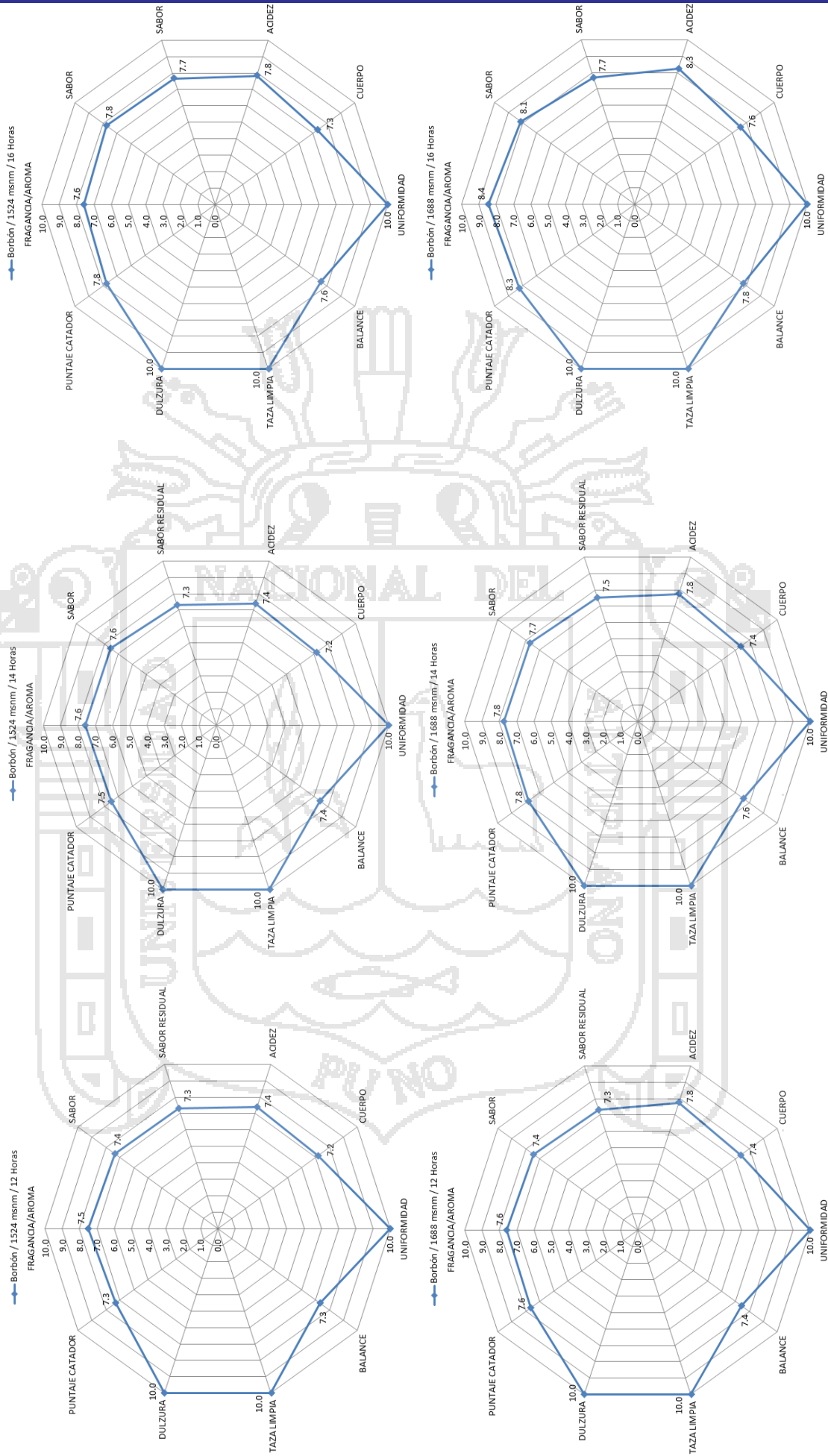


Figura 12. Resultados individuales según diagrama de mallas para variedad Caturra





**Figura 13. Resultados individuales según diagrama de mallas para variedad Borbón**



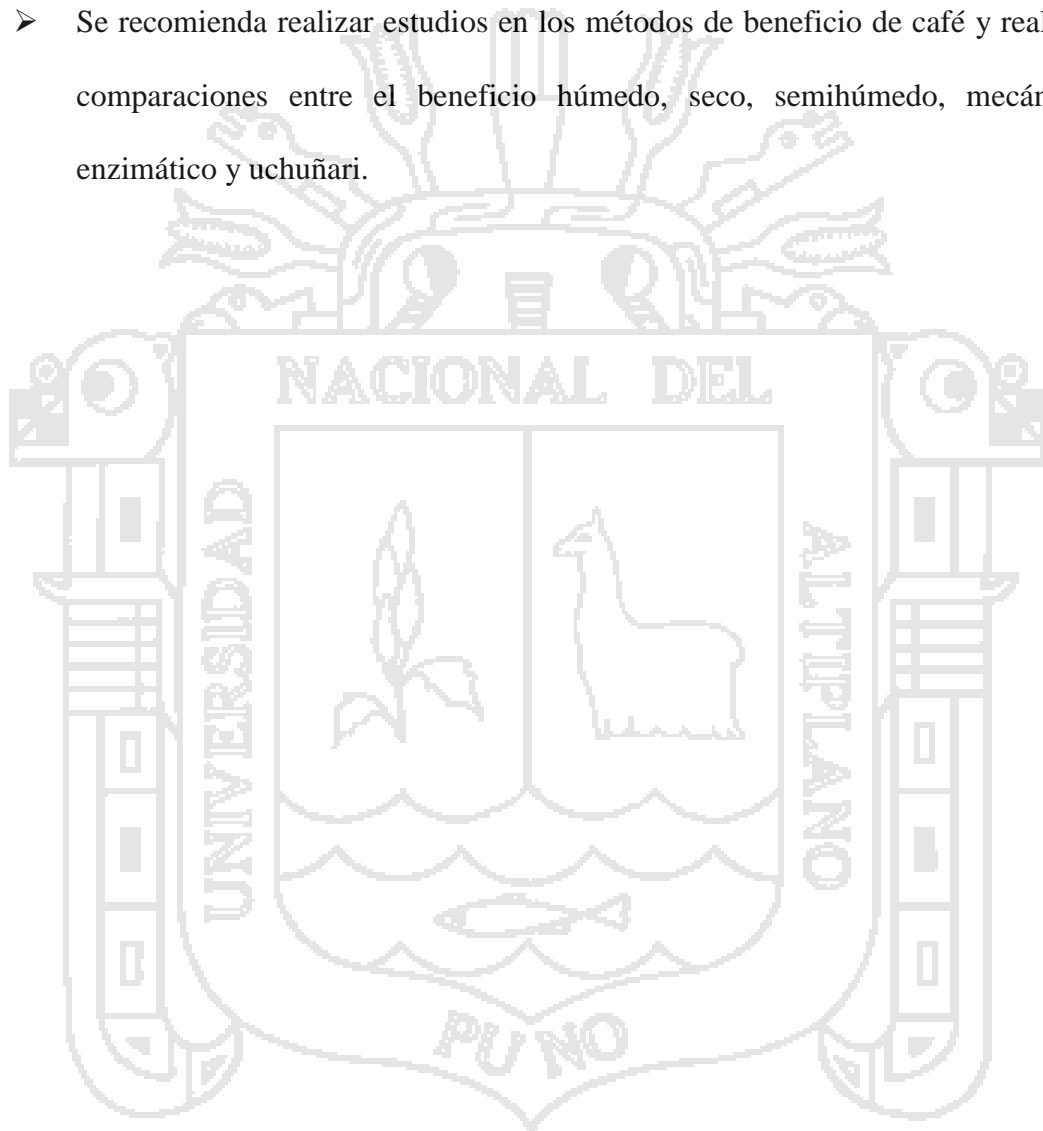
## V. CONCLUSIONES

- La variedad Borbón presenta mejores características sensoriales en fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, balance y puntaje catador, en comparación a la variedad caturra. La altitud de 1688 msnm sobresalió en todos los atributos en comparación con la altitud de 1524 msnm. El tiempo de fermentación de 16 horas sobresalió en la evaluación sensorial y superó a los tiempos de 12 y 14 horas.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un manejo adecuado e inocuo en el proceso de beneficiado.
- Se recomienda fijar las horas de fermentación del café en cada finca, para así optimizar el tiempo de fermentación y obtener un producto de alta calidad.
- Se recomienda realizar estudios en los métodos de beneficio de café y realizar comparaciones entre el beneficio húmedo, seco, semihúmedo, mecánico, enzimático y uchuñari.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrobanco, (2007). Cultivo de café. Lima – Perú.
- Alcázar, A., Jurado, J., Martín, M., Pablos, F. & González, A. 2005. Enzymatics pectrophotometric determination of sucrose in coffee beans. Talanta In press.
- Aranibar Y.J. (2009). Determinación de parámetros (tiempo y temperatura) durante el tostado de café típica (*Coffea arabica* L.) en el valle Tambopata. Puno – Perú.
- Barboza, C. A. & Amaya, F. L. (1995). Análisis de la calidad del grano y de la bebida del café variedad caturra en función de la maduración y el tiempo de fermentación. Táchira –Venezuela.
- Bertrand, B., Boulanger, R., Dussert, S., Ribeyre, F., Berthiot, L., Descroix, F. & Joët, T. (2012). Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. Montpellier – France.
- Bonnlaender, B., Eggers, R., Engelhardt, U. H. & Maier, H. G. (2005). Espresso Coffee: The Science of Quality, second ed. Elsevier Academic Press, London
- Cagliani, L. R., Pellegrino, G., Giugno, G. & Consonni, R. (2012). Quantification of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. robusta in roasted and ground coffee blends. Institute for the Study of Macromolecules. Milan – Italy.
- Condor, A. E. (2007). El café mueve el mundo. Lima – Perú.

- Chanakya, H. N. & De Alwis, A. A. (2004). Environmental issues and management in primary coffee processing. Indian Institute of Science. Bangalore – India.
- Clifford, M. (1985). Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In Clifford, M; Willson, K. Eds. Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Great Britain. Croom Helm.
- Del Terra, L., Lonzarich, V., Asquini, E., Navarini, L., Graziosi, G., Suggi, F. & Pallavicini, A. (2013). Functional characterization of three *Coffea arabica* L. monoterpene synthases: Insights into the enzymatic machinery of coffee aroma. University of Trieste. Italy.
- DESCO, (2010). Manual técnico cafetalero para la producción de cafés especiales. Programa Selva Central. Perú
- Díaz, P. A. (2014). Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (*Coffea arábica* L. Var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y La Union – Nariño, pertenecientes al ecotopo e – 220 A. Universidad Nacional abierta a Distancia. Bogotá – Colombia.
- Duicela, L. A., Corral, R., Farfán, D., Fernandez, F., Shiguango, D., Guamán, J. & García, J. (2010). Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del café robusta. COFENAC. Portoviejo – Ecuador.
- Escarramán, A., Romero, J. M., Almonte, I., Ribeyre, F., Aguilar P., Jiménez, H. & Causse A. (2007). Determinación de los atributos de calidad del café en zonas de la República Dominicana. IDIAF. República Dominicana.
- Fichersworing, B. & Robkamp, R. (2001). Guía para la caficultura ecológica. Colombia.
- Flament, I. (2001). Coffee Flavor Chemistry. Wiley & Sons, New York.

- Good, C. S., dos Santos, M. B. & de Toledo, M. (2014). Bioactive compounds content in roasted coffee from traditional and modern *Coffea arabica* cultivars grown under the same edapho-climatic conditions. Universidade Estadual de Londrina. Brasil.
- Ibáñez, V. (2009). Análisis y diseño de experimentos. Facultad de Ingeniería Estadística e Informática. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Jiménez, T., Meneses, B., & García, J. (2011). Caracterización térmica de la fermentación del café. Madrid – España.
- Jespersen, L. & Masoud, W. (2006). Pectin degrading enzymes in yeasts involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa. *International Journal of Microbiology*.
- Lara, L. D. (2005). Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L.) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera nor-central de Nicaragua. Turrialba – Costa Rica.
- Lingle, T. R. (2011). Manual del catador de Café. California – Estados Unidos.
- Marín, S. M., Arcila J., Montoya, E. C. & Oliveros, C. E. (2003). Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y la calidad de la bebida. CENICAFÉ. Colombia.
- Masoud, W. & Kalsoft, C. H. (2006). The effects of yeasts involved in the fermentation of *Coffea arabica* in East Africa on growth and ochratoxin A (OTA) production by *Aspergillus ochraceus*.

- Meira, F., Carmanini, F., Pereira, L., Silva, G., Aparecida, V. & Pedroza, E. (2012). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. Universidade Federal de Lavras. Brazil.
- Mora, N. (2008). Agrocadena del Café. ICAFE. Costa Rica.
- Ortiz, A. L. (2007). Café. Universidad Del Valle. Cali – Colombia.
- Paiva, E. F. (2005). Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais. Ph. D. thesis Presented to Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- Patui, S., Clincon, L., Peresson, C., Zancani, M., Conte, L., Del Terra, L., Navarini, L., Vianello, A. & Braidot, E. (2013). Lipase activity and antioxidant capacity in coffee (*Coffea arabica* L.) seeds during germination. University of Udine. Italy.
- Pelaez, A. (2007). Aspectos de calidad del café para la Industria torrefactora nacional. Colombia.
- Prieto, Y. A. (2002). Caracterización física del café semitostado. Fundación Universidad de América. Bogotá – Colombia.
- Pichersky, E. & Gershenzon, J. (2002). The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Plant Biol.*
- Puerta, G. I. (1999). Influencia del proceso de beneficiado en la calidad del café. CENICAFÉ. Caldas – Colombia.
- Puerta, G. I. (2011a). Factores de origen y proceso en la calidad y la química del café. Universidad de Córdoba. Caldas – Colombia.
- Puerta, G. I. (2011b). Composición química de una taza de café. Colombia.
- Puerta, G. I. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. Caldas – Colombia.
- Quispe, M. (2011). Determinación comparativa de perfiles de taza de café arábico en 3 pisos altitudinales en cuenca del río Tambopata - Sandia. Puno - Perú.

- Rendón, M. Y., García, T. de J. & Bragagnolo N. (2013). University of Campinas. São Paulo, Brazil.
- Ribeiro, F. C., Borém, F. M., Giomo, G. S., Lima, R. R., Malta, M. R., Figueiredo, L. P. (2011). Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>. *Journal of Stored Products Research*.
- Rojas, J. (2004). Green coffee storage. In J. N. Wintgens, *Coffee: growing, processing, sustainable production*.
- SCAA. (2011). *Manual de defectos de cafés especiales*. Sociedad Americana de Cafés Especiales. Estados Unidos.
- Shankaranarayana, M & Abraham, K. (1986). Evaluation of Coffee Quality Using Chemical and Instrumental Methods. *Journal of Coffee Research*.
- Taguchi, H., Sakaguchi, M. & Shimabayashi, Y. (1985). Trigonelline content in coffee beans and thermal conversion of trigonelline into nicotinic acid during the roasting of coffee beans. *Agricultural and Biological Chemistry*.
- Vaast, P., Cilas, C., Perriot, J., Davrieux, J., Guyot, B. & Bolaños, M. 2005a. Mapping of Coffee Quality in Nicaragua According to Regions. *Ecological Conditions and Farm Management*. In ASIC Conference. Bangalore, India.
- Vergara, S. A. (2012). *Café peruano: Aroma y sabor para nosotros y el Mundo*. Perú
- Wei, F., Furihata, k., Miyakawa, K. & Tanokura, M. (2013). A pilot study of NMR-based sensory prediction of roasted coffee bean extracts. The University of Tokyo. Japón.
- Zarco, E. (2003). Beneficio del café a pequeña escala. In *Manual del Caficultor*. San Salvador – El Salvador.





**ANEXO I**

**Resultados del análisis sensorial**

	CATURRA / 1524				CATURRA / 1524				CATURRA / 1524			
	m.s.n.m. / 12 HORAS				m.s.n.m. / 14 HORAS				m.s.n.m. / 16 HORAS			
	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4
Fragancia/Aroma	7.5	6.75	7	7.25	7.25	7.5	7.25	7.25	7.25	7.75	7.5	7.5
Sabor	7.5	7.25	7.25	7	7.75	7.75	7	7.5	7.25	7.75	7.5	7.5
Sabor residual	6.75	7.25	6.75	6.75	7.25	7.5	7	7.25	6.75	7.5	7	7
Acidez	7.75	7.5	7.5	7.5	7.5	7.75	7.5	7.25	7	8	7.25	7.5
Cuerpo	7.25	7.25	7	7.25	7.25	7.5	7.5	7.25	7.25	7.75	7.5	7.25
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Balance	6.75	7	7.25	7	7.25	7.5	7.25	7.5	7.25	7.75	7.5	7.5
Taza limpia	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dulzura	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje catador	7.25	7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.25	7.25	7.25	7.75	7.5	7.75

	CATURRA / 1688				CATURRA / 1688				CATURRA / 1688			
	m.s.n.m. / 12 HORAS				m.s.n.m. / 14 HORAS				m.s.n.m. / 16 HORAS			
	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4
Fragancia/Aroma	7.25	7.5	7.75	7.5	8	7.75	7	7.5	7.75	8	7.75	8
Sabor	7.75	7.5	7.75	7.5	7.75	7.5	7.5	7.5	7.75	7.75	7.5	7.75
Sabor residual	7	7	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.75	7.25	7.5	7.5
Acidez	7.5	7.75	7.5	7.5	7.75	7.75	7.5	7.75	7.75	7.5	7.75	7.5
Cuerpo	7.25	6.75	7.25	7.25	7.5	7.75	7.5	7.75	7.5	7.75	7.5	7.5
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Balance	7.5	7.25	7.5	7.25	7.5	7.25	7.25	7.25	7.5	7.5	7.5	7.5
Taza limpia	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dulzura	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje catador	7.5	7.25	7.75	7.5	7.75	7.5	7.25	7.5	7.75	7.75	8	7.75



	<b>BORBON / 1524</b>				<b>BORBON / 1524</b>				<b>BORBON / 1524</b>			
	<b>m.s.n.m. / 12 HORAS</b>				<b>m.s.n.m. / 14 HORAS</b>				<b>m.s.n.m. / 16 HORAS</b>			
	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4
Fragancia/Aroma	7.5	7	7.75	7.25	7.5	8	7.25	7.25	7.5	7.75	7.25	8
Sabor	7.25	7.25	7.75	7.25	7.25	8	7.25	7.5	7.75	7.75	7.75	7.75
Sabor residual	7	7	7.25	7.5	7	7.5	7.25	7.25	7.5	7.75	7.75	7.5
Acidez	7.5	7.25	7.5	7.25	7.5	7.5	7	7.25	7.5	7.75	7.75	7.5
Cuerpo	7.5	7.25	7.5	7.5	7.25	7.5	7.5	7.5	7.75	7.75	7.25	7.5
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Balance	7.25	7.25	7.5	7.25	7.25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.75	7.5	7.5
Taza limpia	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dulzura	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje catador	7.25	7	7.75	7.25	7	7.75	7.5	7.75	7.75	8	7.5	7.75

	<b>BORBON / 1688</b>				<b>BORBON / 1688</b>				<b>BORBON / 1688</b>			
	<b>m.s.n.m. / 12 HORAS</b>				<b>m.s.n.m. / 14 HORAS</b>				<b>m.s.n.m. / 16 HORAS</b>			
	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4	J-1	J-2	J-3	J-4
Fragancia/Aroma	7.5	7.5	7.75	7.25	7.5	7.75	7.75	8	8.75	8.5	8	8.25
Sabor	8	7.25	7	7.5	7.5	7.75	7.75	7.75	8.25	7.75	8.25	8.25
Sabor residual	7.5	7	7.25	7.25	7.5	7.5	7.5	7.5	7.75	7.5	7.75	7.75
Acidez	7.75	7.5	7.75	7.5	7.5	7.75	7.5	7.5	7.75	7.75	8.25	8
Cuerpo	7.75	7.5	7.5	7.75	7.5	7.75	7.5	7.5	7.75	8	8.25	7.75
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Balance	7.5	7.25	7.5	7.5	7.5	7.75	7.5	7.5	7.75	7.75	7.75	7.75
Taza limpia	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dulzura	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje catador	8	7.25	7.5	7.75	7.5	8	8	7.75	8.25	8	8.5	8.25

**ANEXO II**

**Resultados de la evaluación de humedad**

**1. Resultados del porcentaje de Humedad**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	HUMEDAD	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	
CATURRA	1524	12	11.7 11.6	11.67	0.058	
		14	11.7 11.7	11.67	0.058	
		16	11.7 11.7	11.70	0.000	
	1688	12	11.7 11.7	11.70	0.000	
			14	11.6 11.7	11.70	0.100
		16	11.8 11.7	11.67	0.058	
			11.6 11.7	11.70	0.100	
		1524	14	11.6 11.6	11.63	0.058
				16	11.7 11.7	11.67
	11.7 11.7		11.70	0.000		
	BORBON	1688	14	11.7 11.7	11.73	0.058
				16	11.7 11.7	11.67
11.6 11.6			11.67	0.058		

n=3

## 2. Análisis de Varianza para Humedad

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
Efectos principales					
A:VARIEDAD	0	1	0	0.00	1.0000
B:ALTITUD	0.00444444	1	0.00444444	1.28	0.2689
C:TIEMPO	0.00166667	2	0.00083333	0.24	0.7889
INTERACCIONES					
AB	0.00111111	1	0.00111111	0.32	0.5770
AC	0.00166667	2	0.00083333	0.24	0.7889
BC	0.0105556	2	0.0052778	1.52	0.2385
RESIDUOS	0.0905556	26	0.0034829		
TOTAL	0.11	35			

## 3. Pruebas de rangos múltiples para % de Humedad por Variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	18	11.6833	0.0139102	a
BORBON	18	11.6833	0.0139102	a

## 4. Pruebas de rangos múltiples para % de Humedad por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	18	11.6722	0.0139102	a
1688	18	11.6944	0.0139102	a

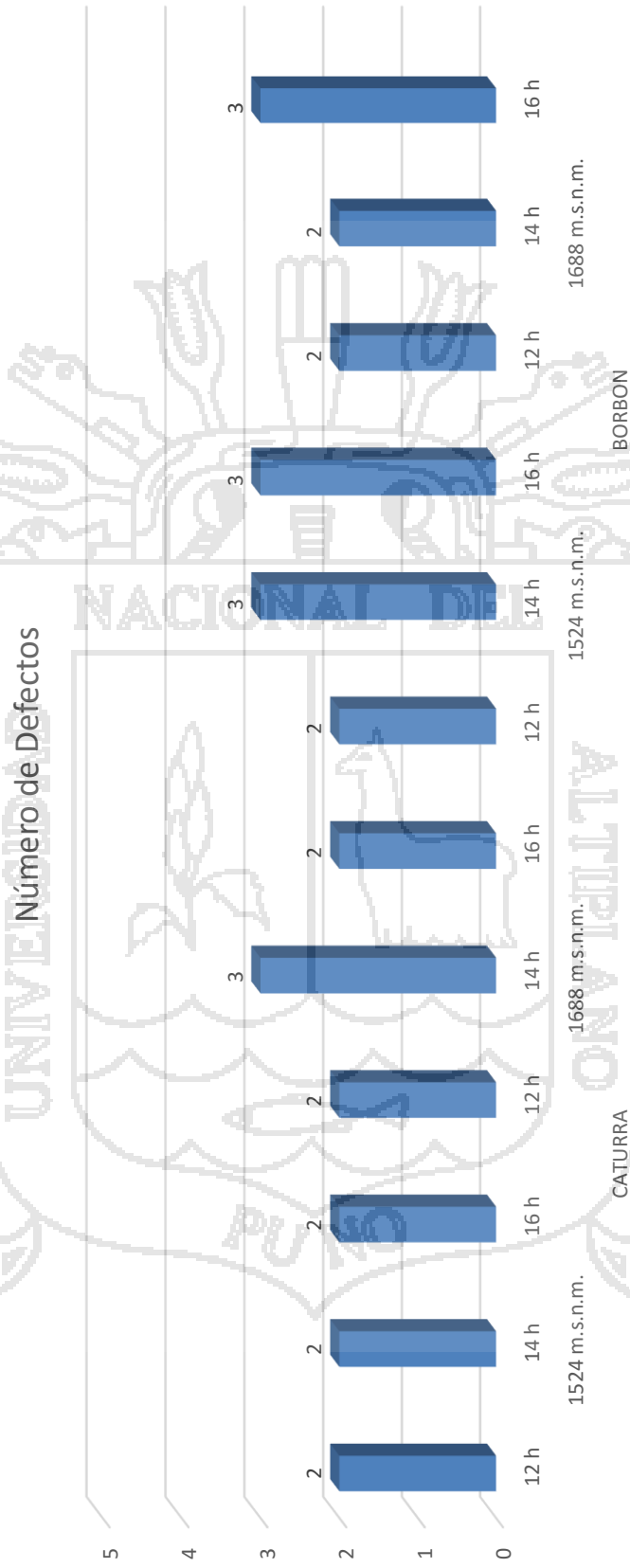
## 5. Pruebas de rangos múltiples para % de Humedad por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
16	12	11.675	0.0170365	a
14	12	11.6833	0.0170365	a
12	12	11.6917	0.0170365	a

**ANEXO III**

**Resultados de la evaluación de número de defectos**



ANEXO IV

Resultados de la evaluación de granulometría

1. Resultados de granulometría para caturra

# Malla	1524m.s.n.m.						1688 m.s.n.m.					
	12 Horas		14 Horas		16 Horas		12 Horas		14 Horas		16 Horas	
	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
20	6.25	2.488	7.45	2.977	7.04	2.826	6.78	2.695	5.45	2.168	7.42	2.989
19	52.40	20.862	53.70	21.455	41.50	16.661	41.70	16.575	29.67	11.803	58.33	23.495
18	61.36	24.430	88.60	35.399	74.90	30.071	61.32	24.374	72.14	28.698	69.42	27.961
17	54.76	21.802	53.48	21.367	68.51	27.505	89.56	35.599	61.90	24.624	49.89	20.095
16	46.32	18.442	23.52	9.397	24.14	9.692	28.72	11.416	47.38	18.848	36.32	14.629
15	22.56	8.982	16.84	6.728	27.08	10.872	16.11	6.404	26.18	10.415	20.41	8.221
14	7.52	2.994	6.70	2.677	5.91	2.373	7.39	2.937	8.66	3.445	6.48	2.610
<b>TOTAL</b>	251.17	100.000	250.29	100.000	249.08	100.000	251.58	100.000	251.38	100.000	248.27	100.000



2. Resultados de granulometría para borbón

<b>BORBON</b>												
<b>1524m.s.n.m.</b>												
# Malla	12 Horas		14 Horas		16 Horas		12 Horas		14 Horas		16 Horas	
	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
20	8.44	3.364	8.89	3.541	7.89	3.123	8.98	3.577	9.74	3.910	8.42	3.364
19	47.70	19.012	52.94	21.088	49.52	19.603	52.43	20.883	48.70	19.549	46.60	18.618
18	89.40	35.633	90.01	35.855	90.01	35.631	89.23	35.541	86.60	34.762	93.54	37.373
17	61.78	24.624	48.76	19.423	56.76	22.469	52.56	20.935	55.78	22.391	59.76	23.876
16	21.63	8.621	26.56	10.580	21.56	8.535	26.32	10.484	24.36	9.778	21.06	8.414
15	17.08	6.808	16.34	6.509	19.34	7.656	16.56	6.596	17.08	6.856	15.43	6.165
14	4.86	1.937	7.54	3.004	7.54	2.985	4.98	1.984	6.86	2.754	5.48	2.189
<b>TOTAL</b>	<b>250.89</b>	<b>100.000</b>	<b>251.04</b>	<b>100.000</b>	<b>252.62</b>	<b>100.000</b>	<b>251.06</b>	<b>100.000</b>	<b>249.12</b>	<b>100.000</b>	<b>250.29</b>	<b>100.000</b>

1688 m.s.n.m.

1524m.s.n.m.



ANEXO V

Porcentaje de rendimiento

VARIEDAD	CATURRA						BORBON																	
	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16												
<b>ALTITUD</b>	1524 m.s.n.m.						1688 m.s.n.m.						1524 m.s.n.m.						1688 m.s.n.m.					
<b>TIEMPO (Horas)</b>	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16			
Peso inicial (Café cerezo)	13500 g.						13500 g.						13500 g.						13500 g.					
Peso de café con mucílago	7348.2 g.						7257.5 g.						7393.6 g.						7484.3 g.					
Peso para cada tratamiento (g)	2449.4	2449.4	2449.4	2419.2	2419.2	2419.2	2449.4	2419.2	2419.2	2419.2	2464.5	2464.5	2464.5	2464.5	2464.5	2494.8	2494.8	2494.8	2494.8	2494.8	2494.8	2494.8		
Peso de café pergamino (g)	926.1	916.3	933.1	938.6	908.1	930.5	939.1	924.6	938.4	950.2	934.2	942.8	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2	934.2		
Peso de café verde (g)	765.2	765.9	779.4	775.4	759.1	777.2	780.8	770.5	782.0	790.1	778.5	780.5	780.5	782.0	790.1	778.5	778.5	780.5	780.5	780.5	780.5	780.5		
Peso de café tostado (g)	601.3	601.9	612.5	609.3	596.5	610.8	613.6	605.5	614.5	620.9	611.8	613.4	611.8	614.5	620.9	611.8	611.8	613.4	613.4	613.4	613.4	613.4		
<b>Porcentaje de rendimiento (%)</b>	17.37	16.41	16.47	17.39	16.41	16.48	16.86	16.67	16.67	16.85	16.67	17.21	16.67	16.67	16.85	16.67	16.67	17.21	16.67	16.67	16.67	17.21		

**ANEXO VI**

**Resultados de la evaluación sensorial para Fragancia/Aroma.**

**1. Resultados del atributo Fragancia/aroma**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	FRAGANCIA /AROMA	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
CATURRA	1524	12	7.25	7.00	0.20
			6.75		
			7		
		14	7		
			7.25		
			7.5		
	16	14	7.25	7.31	0.13
			7.25		
			7.25		
		16	7.75		
			7.5		
			7.5		
BORBON	1688	12	7.25	7.50	0.20
			7.5		
			7.75		
		14	7.5		
			8		
			7.75		
	16	14	7.75	7.56	0.43
			7		
			7.5		
		16	8		
			7.75		
			8		
BORBON	1524	12	7.75	7.50	0.35
			7		
			7.75		
		14	7.5		
			7.5		
			8		
	16	14	7.25	7.56	0.31
			7.5		
			7.5		
		16	7.75		
			7.5		
			8		
BORBON	1688	12	7.75	7.69	0.24
			7.5		
			7.75		
		14	7.25		
			7.5		
			7.5		
	16	14	7.75	7.75	0.20
			8		
			8.75		
		16	8.5		
			8.25		
			8.25		
				8.44	0.24

## 2. Análisis de Varianza para Fragancia/Aroma

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A:VARIEDAD	1.02083	1	1.02083	14.50	0.0005
B:ALTITUD	1.50521	1	1.50521	21.39	0.0000
C:TIEMPO	1.95573	2	0.977865	13.89	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.00520833	1	0.00520833	0.07	0.7871
AC	0.0494792	2	0.0247396	0.35	0.7059
BC	0.268229	2	0.134115	1.91	0.1627
RESIDUOS	2.67448	38	0.070381		
TOTAL	7.47917	47			
(CORREGIDO)					

### 3. Pruebas de rangos múltiples para Fragancia/Aroma por variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	24	7.45833	0.054153	a
BORBON	24	7.75	0.054153	b

### 4. Pruebas de rangos múltiples para Fragancia/Aroma por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	24	7.42708	0.054153	a
1688	24	7.78125	0.054153	b

### 5. Pruebas de rangos múltiples para Fragancia/Aroma por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
12	16	7.39063	0.0663236	a
14	16	7.54688	0.0663236	a
16	16	7.875	0.0663236	b

**ANEXO VII**

**Resultados de la evaluación sensorial para Sabor**

**1. Resultados del atributo sabor**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	SABOR	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
			7.5		
		12	7.25		
			7		
			7	7.19	0.239
			7.75		
	1524	14	7.75		
			7		
			7.5	7.50	0.354
			7.25		
		16	7.75		
			7.5		
CATURRA			7.5	7.50	0.204
			7.25		
		12	7.5		
			7.5		
			7.5	7.44	0.125
			7.75		
	1688	14	7.5		
			7.5		
			7.5	7.56	0.125
			7.75		
		16	7.75		
			7.5		
			7.5	7.63	0.144
			7.25		
		12	7.25		
			7.75		
			7.25	7.38	0.250
			7.25		
	1524	14	8		
			7.5		
			7.5	7.56	0.315
			7.75		
		16	7.75		
			7.75		
			7.75	7.75	0.000
BORBON			8		
		12	7.25		
			7		
			7.5	7.44	0.427
			7.5		
	1688	14	7.75		
			7.75		
			7.75	7.69	0.125
			8.25		
		16	7.75		
			8.25		
			8.25	8.13	0.250

**2. Análisis de Varianza para Sabor**

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	0.421875	1	0.421875	7.32	<b>0.0102</b>
B:ALTITUD	0.333333	1	0.333333	5.78	<b>0.0212</b>
C:TIEMPO	1.22656	2	0.613281	10.64	<b>0.0002</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.00520833	1	0.00520833	0.09	0.7653
AC	0.210938	2	0.105469	1.83	0.1743
BC	0.0494792	2	0.0247396	0.43	0.6541
RESIDUOS	2.1901	38	0.0576343		
TOTAL (CORREGIDO)	4.4375	47			

**3. Pruebas de rangos múltiples para Sabor por variedad**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	24	7.46875	0.0490044	a
BORBON	24	7.65625	0.0490044	b

**4. Pruebas de rangos múltiples para Sabor por Altitud**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	24	7.47917	0.0490044	a
1688	24	7.64583	0.0490044	b

**5. Pruebas de rangos múltiples para Sabor por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
12	16	7.35938	0.0600179	a
14	16	7.57813	0.0600179	b
16	16	7.75	0.0600179	b

**ANEXO VIII**

**Resultados de la evaluación sensorial para Sabor Residual**

**1. Resultados del atributo Sabor Residual**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	SABOR RESIDUAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR		
CATURRA	1524	12	6.75	7.00	0.500		
			7.75				
			6.75				
		14	6.75				
			7.25				
			7.5				
	16	14	7	7.06	0.315		
			7.25				
			6.75				
		16	7.5			7.13	0.144
			7				
			7				
1688	12	7	7.25	0.000			
		7.25					
		7.25					
	14	7.25			7.38	0.144	
		7.5					
		7.25					
16	14	7.25	7.31	0.239			
		7.25					
		7.5					
	16	7.25			7.31	0.125	
		7.25					
		7.5					
BORBON	1524	12	7.75	7.63			0.144
			7.75				
			7.5				
	16	7.5	7.31		0.125		
		7.25					
		7.25					
1688	14	12		7.5		7.50	0.000
				7.5			
				7.5			
	16	14	7.5	7.69	0.125		
			7.75				
			7.5				
16	16	7.75	7.69			0.125	
		7.75					
		7.75					

## 2. Análisis de Varianza para Sabor Residual

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	0.949219	1	0.949219	20.34	0.0001
B:ALTITUD	0.157552	1	0.157552	3.38	0.0740
C:TIEMPO	0.502604	2	0.251302	5.38	0.0087
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.0117188	1	0.0117188	0.25	0.6192
AC	0.164063	2	0.0820313	1.76	0.1862
BC	0.0338542	2	0.0169271	0.36	0.6982
RESIDUOS	1.77344	38	0.0466694		
TOTAL (CORREGIDO)	3.59245	47			

## 3. Pruebas de rangos múltiples para Sabor Residual por Variedad.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	24	7.17708	0.0440972	a
BORBON	24	7.45833	0.0440972	b

## 4. Pruebas de rangos múltiples para Sabor Residual por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	24	7.26042	0.0440972	a
1688	24	7.375	0.0440972	a

## 5. Pruebas de rangos múltiples para Sabor Residual por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
12	16	7.1875	0.0540078	a
14	16	7.32813	0.0540078	ab
16	16	7.4375	0.0540078	b

**ANEXO IX**

**Resultados de la evaluación sensorial para Acidez**

**1. Resultados del atributo Acidez**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	ACIDEZ	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
			7.75		
		12	7.5	7.50	0.204
			7.25		
			7.5		
	1524	14	7.5	7.38	0.250
			7.5		
			7		
		16	8	7.31	0.473
			7		
CATURRA			7.25		
			7.5		
		12	7.25	7.38	0.144
			7.5		
			7.25		
	1688	14	7.5	7.44	0.125
			7.25		
			7.5		
		16	7.25	7.38	0.144
			7.5		
			7.5		
		12	7.25	7.38	0.144
			7.5		
			7.25		
	1524	14	7.5	7.38	0.144
			7.25		
			7.25		
		16	7.75	7.81	0.125
			8		
			7.75		
BORBON			7.75		
			7.75		
		12	7.5	7.75	0.204
			8		
			7.75		
			7.5		
	1688	14	8	7.75	0.204
			7.75		
			7.75		
		16	8.25	8.25	0.204
			8		
			8.5		
			8.25		



## 2. Análisis de Varianza para Acidez

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	1.2513	1	1.2513	27.62	0.0000
B:ALTITUD	0.470052	1	0.470052	10.38	0.0026
C:TIEMPO	0.408854	2	0.204427	4.51	0.0174
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.470052	1	0.470052	10.38	0.0026
AC	0.799479	2	0.39974	8.82	0.0007
BC	0.0338542	2	0.0169271	0.37	0.6907
RESIDUOS	1.72135	38	0.0452988		
TOTAL (CORREGIDO)	5.15495	47			

## 3. Pruebas de rangos múltiples para Acidez por Variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	24	7.39583	0.0434448	a
BORBON	24	7.71875	0.0434448	b

## 4. Pruebas de rangos múltiples para Acidez por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	24	7.45833	0.0434448	a
1688	24	7.65625	0.0434448	b

## 5. Pruebas de rangos múltiples para Acidez por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
14	16	7.48438	0.0532088	a
12	16	7.5	0.0532088	a
16	16	7.6875	0.0532088	b

**ANEXO X**

**Resultados de la evaluación sensorial para Cuerpo**

**1. Resultados de atributo Cuerpo**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	CUERPO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
			7.5		
		12	7.25	7.44	0.125
			7.5		
			7.5		
	1524	14	7.25	7.50	0.204
			7.75		
			7.5		
			7.5		
		16	7.25	7.56	0.239
			7.75		
CATURRA			7.5		
			7.75		
		12	7.25	7.50	0.204
			7.5		
			7.5		
	1688	14	7.75	7.88	0.144
			8		
			8		
		16	8.25	8.06	0.239
			8		
			8.25		
			7.75		
		12	7.25	7.19	0.125
			7		
			7.25		
			7.25		
	1524	14	7	7.19	0.239
			7.5		
			7		
			7.25		
			7.5		
		16	7.5	7.31	0.239
			7		
BORBON			7.25		
			7.5		
		12	7.25	7.38	0.144
			7.25		
			7.5		
	1688	14	7.5	7.38	0.144
			7.25		
			7.25		
		16	7.75	7.56	0.239
			7.75		
			7.5		

**2. Análisis de Varianza para el atributo Cuerpo**

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	1.2513	1	1.2513	32.32	0.0000
B:ALTITUD	0.813802	1	0.813802	21.02	0.0000
C:TIEMPO	0.502604	2	0.251302	6.49	0.0038
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.0325521	1	0.0325521	0.84	0.3650
AC	0.111979	2	0.0559896	1.45	0.2482
BC	0.127604	2	0.0638021	1.65	0.2059
RESIDUOS	1.47135	38	0.0387198		
TOTAL	4.3112	47			
<b>(CORREGIDO)</b>					

**3. Pruebas de rangos múltiples para Cuerpo por Variedad**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BORBON	24	7.33333	0.0401662	a
CATURRA	24	7.65625	0.0401662	b

**4. Pruebas de rangos múltiples para Cuerpo por Altitud**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>ALTITUD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1524	24	7.36458	0.0401662	a
1688	24	7.625	0.0401662	b

**5. Pruebas de rangos múltiples para Cuerpo por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
12	16	7.375	0.0491934	a
14	16	7.48438	0.0491934	ab
16	16	7.625	0.0491934	b

**ANEXO XI**

**Resultados de la evaluación sensorial para Balance**

**1. Resultados del atributo Balance**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	BALANCE	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
			6.75		
		12	7	7.00	0.204
			7.25		
			7		
	1524	14	7.25	7.38	0.144
			7.5		
			7.25		
		16	7.5	7.50	0.204
			7.75		
CATURRA			7.5		
		12	7.25	7.38	0.144
			7.5		
	1688	14	7.25	7.31	0.125
			7.25		
		16	7.25	7.44	0.125
			7.5		
		12	7.25	7.31	0.125
			7.5		
	1524	14	7.25	7.44	0.125
			7.5		
		16	7.5	7.56	0.125
			7.75		
BORBON			7.5		
		12	7.25	7.44	0.125
			7.5		
			7.5		
	1688	14	7.75	7.56	0.125
			7.5		
		16	7.5	7.75	0.000
			7.75		
			7.75		
			7.75		

## 2. Análisis de Varianza para Balance

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	0.376302	1	0.376302	16.79	0.0002
B:ALTITUD	0.157552	1	0.157552	7.03	0.0116
C:TIEMPO	0.632813	2	0.316406	14.12	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.0117188	1	0.0117188	0.52	0.4740
AC	0.00260417	2	0.0013020	0.06	0.9436
BC	0.111979	2	0.0559896	2.50	0.0956
RESIDUOS	0.851563	38	0.0224095		
TOTAL (CORREGIDO)	2.14453	47			

## 3. Pruebas de rangos múltiples para Balance por Variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CATURRA	24	7.33333	0.030557	a
BORBON	24	7.51042	0.030557	b

## 4. Pruebas de rangos múltiples para Balance por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

ALTITUD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1524	24	7.36458	0.030557	a
1688	24	7.47917	0.030557	b

## 5. Pruebas de rangos múltiples para Balance por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
12	16	7.28125	0.0374245	a
14	16	7.42188	0.0374245	b
16	16	7.5625	0.0374245	c

**ANEXO XII**

**Resultados de la evaluación sensorial para Puntaje Catador**

**1. Resultados del atributo Puntaje Catador**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	PUNTAJE CATADOR	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
			7.25		
		12	7	7.31	0.239
			7.5		
			7.5		
	1524	14	7.5	7.38	0.144
			7.25		
			7.25		
		16	7.75	7.56	0.239
			7.5		
CATURRA		12	7.75	7.50	0.204
			7.25		
			7.75		
	1688	14	7.5	7.50	0.204
			7.25		
			7.5		
		16	7.75	7.81	0.125
			8		
			7.75		
		12	7.25	7.31	0.315
			7		
			7.75		
			7.25		
	1524	14	7.75	7.50	0.354
			7.5		
			7.75		
		16	7.75	7.75	0.204
			8		
BORBON		12	7.25	7.63	0.323
			7.5		
			7.75		
			7.5		
	1688	14	8	7.81	0.239
			8		
			7.75		
			8.25		
		16	8	8.25	0.204
			8.5		
			8.25		

## 2. Análisis de Varianza para Puntaje Catador

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	0.470052	1	0.470052	8.44	0.0061
B:ALTITUD	0.949219	1	0.949219	17.04	0.0002
C:TIEMPO	1.41406	2	0.707031	12.69	0.0001
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.105469	1	0.105469	1.89	0.1769
AC	0.127604	2	0.0638021	1.15	0.3289
BC	0.0546875	2	0.0273438	0.49	0.6160
RESIDUOS	2.11719	38	0.0557155		
TOTAL (CORREGIDO)	5.23828	47			

## 3. Pruebas de rangos múltiples para Puntaje Catador por Variedad

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CATURRA	24	7.51042	0.0481817	a
BORBON	24	7.70833	0.0481817	b

## 4. Pruebas de rangos múltiples para Puntaje Catador por Altitud

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>ALTITUD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1524	24	7.46875	0.0481817	a
1688	24	7.75	0.0481817	b

## 5. Pruebas de rangos múltiples para Puntaje Catador por Tiempo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
12	16	7.4375	0.0590103	a
14	16	7.54688	0.0590103	a
16	16	7.84375	0.0590103	b

**ANEXO XIII**

**Resultados de la evaluación sensorial según sumatoria de atributos**

**1. Resultados de sumatoria de atributos**

VARIEDAD	ALTITUD	TIEMPO	PUNTAJE FINAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
			80.75		
		12	80.50	80.44	0.239
			80.25		
			80.25		
			81.75		
	1524	14	83.00	81.69	0.966
			80.75		
			81.25		
			80.00		
		16	84.25	82.00	1.744
			81.75		
			82.00		
CATURRA			81.75		
		12	81.00	81.81	0.718
			82.75		
			81.75		
			83.50		
	1688	14	82.75	82.50	0.935
			81.25		
			82.50		
			83.75		
		16	83.50	83.56	0.125
			83.50		
			83.50		
		12	81.25	81.38	1.233
			80.00		
			83.00		
			81.25		
			80.75		
	1524	14	83.75	81.94	1.313
			81.25		
			82.00		
			83.25		
		16	84.50	83.50	0.736
			82.75		
			83.50		
BORBON			84.00		
		12	81.25	82.50	1.137
			82.25		
			82.50		
			82.50		
	1688	14	84.25	83.44	0.718
			83.50		
			83.50		
			86.25		
		16	85.25	86.06	0.625
			86.75		
			86.00		



**2. Análisis de Varianza para sumatoria de atributos**

Fuente	S. C.	Gl	C.M.	Fc.	Signif.
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	16.043	1	16.043	17.21	0.0002
B:ALTITUD	27.3763	1	27.3763	29.36	0.0000
C:TIEMPO	42.2995	2	21.1497	22.68	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.574219	1	0.574219	0.62	0.4374
AC	4.42969	2	2.21484	2.38	0.1066
BC	1.8776	2	0.938802	1.01	0.3749
RESIDUOS	35.4297	38	0.93236		
TOTAL (CORREGIDO)	128.03	47			

**3. Pruebas de rangos múltiples para puntaje final por Variedad**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CATURRA	24	81.9792	0.1971	a
BORBON	24	83.1354	0.1971	b

**4. Pruebas de rangos múltiples para puntaje final por Altitud**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>ALTITUD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1524 m.s.n.m.	24	81.8021	0.1971	a
1688 m.s.n.m.	24	83.3125	0.1971	b

**5. Pruebas de rangos múltiples para puntaje final por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>TIEMPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
12	16	81.5	0.241397	a
14	16	82.3906	0.241397	b
16	16	83.7813	0.241397	c

**ANEXO XIV**

**Panel Fotográfico**

**Panel fotográfico de la cosecha**



Panel fotográfico de la fermentación



**CAFÉ PERGAMINO CON MUCÍLAGO**



**Panel fotográfico del análisis sensorial.**



**CAFÉ PERGAMINO**



**CAFÉ TOSTADO**

**CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO**



**A 1524 msnm.**



**A 1688 msnm.**



**MUESTRA LISTA PARA CATAR**



### ANEXO XV. Formulario de Catación de Cafés Especiales (SCAA)

La Asociación de Cafés Especiales de América - Formulario de Catación



**Clasificación:**

6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Mesa: \_\_\_\_\_ Sesión: \_\_\_\_\_

<b>Muestra #</b>	Nivel de Tueste		<b>Fragancia/Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Uniformidad</b>	<b>Taza Limpia</b>	<b>Total:</b>	<b>Puntaje Catador</b>	<b>Suma</b>
	Total: 6 7 8 9 10 		Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 
	Cualidades: Seco _____ Espuma _____		Cualidades: Sabor Residual _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Acidez _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Cuerpo _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Balance _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Dulzura _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Defectos (Sustraer) _____ Ligeros=2 _____ Rechazo=4 _____			
<b>Notas:</b>											

<b>Muestra #</b>	Nivel de Tueste		<b>Fragancia/Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Uniformidad</b>	<b>Taza Limpia</b>	<b>Total:</b>	<b>Puntaje Catador</b>	<b>Suma</b>
	Total: 6 7 8 9 10 		Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 
	Cualidades: Seco _____ Espuma _____		Cualidades: Sabor Residual _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Acidez _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Cuerpo _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Balance _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Dulzura _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Defectos (Sustraer) _____ Ligeros=2 _____ Rechazo=4 _____			
<b>Notas:</b>											

<b>Muestra #</b>	Nivel de Tueste		<b>Fragancia/Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Uniformidad</b>	<b>Taza Limpia</b>	<b>Total:</b>	<b>Puntaje Catador</b>	<b>Suma</b>
	Total: 6 7 8 9 10 		Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 
	Cualidades: Seco _____ Espuma _____		Cualidades: Sabor Residual _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Acidez _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Cuerpo _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Balance _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Dulzura _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Defectos (Sustraer) _____ Ligeros=2 _____ Rechazo=4 _____			
<b>Notas:</b>											

<b>Muestra #</b>	Nivel de Tueste		<b>Fragancia/Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Uniformidad</b>	<b>Taza Limpia</b>	<b>Total:</b>	<b>Puntaje Catador</b>	<b>Suma</b>
	Total: 6 7 8 9 10 		Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 	Total: 6 7 8 9 10 
	Cualidades: Seco _____ Espuma _____		Cualidades: Sabor Residual _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Acidez _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Cuerpo _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Balance _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Dulzura _____ Intensidad Alto _____ Bajo _____	Cualidades: Defectos (Sustraer) _____ Ligeros=2 _____ Rechazo=4 _____			
<b>Notas:</b>											