

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, FISICOQUIMICA Y
SENSORIAL DE GRANOS DE CAFÉ VERDE ORO (*Coffea
arábica* L.) DE DIFERENTES ZONAS – LEONCIO PRADO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ELABORADO POR:

CHAVEZ RAFAEL, ANDY ADOLFO

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 007-2019

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 24 de mayo de 2019, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **CHAVEZ RAFAEL, Andy Adolfo**, titulada:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, FISICOQUIMICA Y SENSORIAL DE GRANOS DE CAFÉ VERDE ORO (*Coffea arábica* L.) DE DIFERENTES ZONAS – LEONCIO PRADO"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 27 de mayo de 2019

.....
Dr. Pedro Pablo Peláez Sánchez
Presidente

.....
M.Sc. Williams Vicente Roldán Carbajal
Miembro

.....
Q.F. Nancy Nery Contreras Gutiérrez
Miembro

.....
Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO,
INVESTIGACIÓN DOCENTE

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Título de Tesis :“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE GRANOS DE CAFÉ VERDE ORO (*Coffea arabica* L.) DE DIFERENTES ZONAS – LEONCIO PRADO”

Autor : CHAVEZ RAFAEL, Andy Adolfo

Asesores de Tesis : Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez, Katty Natividad Barreto

Escuela Profesional : Ingeniería en Industrias Alimentarias

Programa de Investigación: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Línea (s) de Investigación : Gestión de Calidad

Eje temático de investigación:

Lugar de Ejecución : Laboratorios FIIA-UNAS

Duración : Fecha de Inicio : agosto 2018
Término : febrero 2019

Financiamiento

FEDU : 140.00

Propio : 4645.80

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme dado la vida y por estar presente en todo momento, llenándome de sabiduría y fortaleza para salir adelante.

A mis queridos padres

Cesar Chávez y Teresa Rafael, por haber cultivado en mí, principios éticos y valores para mi formación personal, social e intelectual.

A mis hermanas y hermanos

Noemí, Sara, Sandy, Sheyla, Genis y Ivan Chávez por los ejemplos a seguir.

AGRADECIMIENTO

- A DIOS por darme la vida y sabiduría para seguir adelante cada día.
- A mis padres Cesar Chávez Aquino y Teresa Rafael Chuquin, por su esfuerzo y sacrificio diario, supieron educarme en el bien, apoyarme, cuidarme y darme todo lo que estuvo a su alcance.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias por sus conocimientos impartidos.
- A mi asesora de tesis, Dra. Elizabeth S. Ordoñez Gómez, por su apoyo constante en la experimentación y redacción de esta tesis. Gracias por la confianza, buenos consejos, tiempo y paciencia. También a mi co-asesora Ing. Katty Natividad Barreto, por ofrecerme su vasta experiencia.
- Al Dr. Tomas Menacho, Ing. Aurelia León, Sr. Yacha, Sr. Ariza y Sra. Glelia por su colaboración en la ejecución de la tesis.
- A mis amigos: José Trujillo, Royal, Juan, Rolin, Wendy, Paola, Jhennyfer, Yenifer, Mirian y Carmen por su apoyo y amistad.
- A toda mi familia y amigos que de alguna u otra forma son parte fundamental de mi triunfo.

RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L.) peruano que se cultiva entre 1200 y 1800 msnm (Cordillera de los Andes), entre 22 - 25 °C, permite obtener un café de calidad, en la investigación se evaluó la calidad física, fisicoquímica, sensorial, Termogravimetría (TG) y derivada del espectro TG (DTG) los granos de café verde oro de calidad comercial de diferentes zonas (Baja: 800-1200, Media: 1201-1500 y Alta: 1501-1850 msnm) de Leoncio Prado; se recolectó café pergamino con una humedad de 10 a 12%, se trillo, tamizo con malla 15 de diámetro de 5,95 mm por muestra y se prepararon para los análisis de defectos, humedad, acidez, sólidos solubles totales, atributos de catación y calidad en taza. En la calidad física de zona baja con mayores defectos primarios (grano negro, agrio, brocados e inmaduros) y secundarios (partidos), calidad fisicoquímica: humedad $11,29 \pm 0,12\%$ en promedio de las zonas, < acidez zona alta $1,14 \pm 0,02$ mL NaOH 0,1N/g, > sólidos solubles la zona baja $29,75 \pm 1,09\%$; mayor calificación de atributos de catación de cafés fueron “muy bueno” fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo y balance y “extraordinario” para uniformidad, taza limpia y dulzura; correlaciones entre fragancia/aroma y sabor (0,91), sabor y posgusto (0,95), posgusto y acidez (0,94) de zona alta; componentes principales la mejor calidad sensorial fueron seis muestras zona alta y tres de media; mayor calidad en taza fue zona alta ($83,39 \pm 0,11$ puntos) y zona media ($81,12 \pm 0,84$ puntos) calificados muy bueno – especialidad; los espectros DTG del café (ZARA) y (ZBM) de 203 a 236 °C es punto crítico para el proceso térmico que experimenta el grano en el tostado.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1.	Aspectos generales del café	3
2.1.1.	Café	3
2.1.2.	Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	4
2.1.3.	Café en el Perú.....	4
2.1.4.	Café crudo comercial.....	6
2.1.5.	Estados físicos del café	7
2.2.	Efectos de la altitud y clima sobre la calidad del café	8
2.2.1.	Altitud del café	8
2.2.2.	Condiciones climáticas	10
2.3.	Calidad del grano de café verde oro y la evaluación física	11
2.3.1.	Calidad del grano.....	11
2.3.2.	Evaluación física del grano	12
2.4.	Calidad del grano de café verde oro en la evaluación fisicoquímica...	17
2.5.	Calidad del café verde oro en la evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza)	19
2.5.1.	Atributos en catación	19

2.5.2. Calidad en taza.....	23
2.6. Calorimetría	23
2.6.1. Análisis térmico.....	24
2.6.2. Análisis termogravimétrico (TGA).....	24
2.6.3. Interpretación de curvas TG	26
2.6.4. Lectura de termogramas.....	27
III. MATERIALES METODOS.....	28
3.1. Lugar de ejecución.....	28
3.2. Muestra.....	28
3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso y reactivos.....	29
3.3.1. Equipos de laboratorio y/o proceso	29
3.3.2. Materiales de laboratorio	30
3.3.3. Reactivos.....	31
3.4. Métodos de análisis	32
3.5. Metodología experimental.....	32
3.5.1. Preparación de granos de café pergamino a grano verde oro.....	32
3.5.2. Evaluación de la calidad física y fisicoquímica de los granos de café verde oro de diferentes zonas - Leoncio Prado.	33
3.5.2.1. Calidad física.....	33
3.5.2.2. Calidad fisicoquímica.....	33

3.5.3.	Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café de diferentes zonas – Leoncio Prado	35
3.5.2.	Análisis de termogravimetría (TG/DTG) de granos de cafés verde oro y tostado	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
4.1.	Evaluación de la calidad física y fisicoquímica de los granos de café verde oro de diferentes zonas - Leoncio Prado.	40
4.1.1.	Calidad física	40
4.1.2.	Calidad fisicoquímica.....	44
4.2.	Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café de diferentes zonas – Leoncio Prado	53
4.2.1.	Atributos en catación	53
4.2.1.1.	Correlación entre los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado	61
4.2.1.2.	Componentes principales de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado	63
4.2.1.3.	Dendograma de cafés por diferentes zonas – Leoncio Prado.....	65
4.2.2.	Calidad en taza.....	67
4.3.	Análisis de termogravimetría (TG/DTG) de granos de cafés verde oro y tostado.....	70
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES.....	76

VII.	ABSTRACT.....	77
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
IX.	ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE CUADRO

	Página
1. Clasificación del tamaño del grano.....	13
2. Escala de calificación para los atributos de evaluación sensorial de café.....	23
3. Interpretación de lectura para las curvas de TGA.....	27
4. Localización de las zonas y caseríos de la provincia de Leoncio Prado.....	29
5. Categoría primario y secundario de granos de cafés defectuosos.....	43
6. Humedad en granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	45
7. Acidez Titulable en granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	48
8. Sólidos solubles totales en granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado – mediante diseño completamente al azar.....	51
9. Resultados de la calidad sensorial de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	59
10. Análisis de Matriz de correlación / coeficientes – atributos de cafés de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	63
11. Resultados de la clasificación de la calidad del puntaje total de cafés de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	69
12. Resultados de Termogravimetría (TG) de granos molidos de café verde (ZARA y ZBM) y tostado ZARA-T.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Artículos registrados en la base de datos SCOPUS sobre café.....	25
2. Los termogramas TG y DTG de la variedad Castilla se mezclan a 10 °C/min.....	26
3. Diseño experimental de la evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de los granos de café verde oro por zona – Leoncio Prado.....	38
4. Humedad de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	46
5. Acidez titulable de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	49
6. Sólidos solubles totales de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	52
7. Representación de los atributos de evaluación en catación de cafés de diferentes zonas (900 - 1850 msnm) – Leoncio Prado.....	59
8. Análisis de componentes principales en catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	64
9. Dendograma de las diferentes zonas – Leoncio Prado, considerando los atributos de catación.....	66
10. Calidad en taza de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	70
11. Termogramas de TG/DTG de granos molidos de café verde (ZARA y ZBM) y tostado ZARA-T.....	72
12. DTG de granos molidos de café verde oro ZARA, ZBM y tostado ZARA-T.....	74

ÍNDICE DE ANEXO

	Página
I. Localización de zonas y caseríos de la Provincia de Leoncio Prado.....	103
II. Formulario de catación.....	104
III. Preparación de las muestras de granos de café pergamino a grano verde oro.....	105
IV. Requisitos de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2011).....	106
Va. Clasificación de defectos del grano de café verde de categoría primario según la SCAA (2011).....	107
Vb. Clasificación de defectos del grano de café verde de categoría secundario según la SCAA (2011).....	108
Vla. ANVA de la humedad del grano de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.....	110
Vlb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de la humedad de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	110
VIIa. ANVA de la acidez titulable de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.....	110
VIIb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de la acidez titulable de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	111

VIIIa. ANVA de solidos solubles totales de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.....	111
VIIIb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de solidos solubles totales de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio.....	111
IXa. Datos de los puntajes de la calidad sensorial de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	112
IXb. Representación de los atributos de evaluación en catación de café de diferentes zonas (900-1850 msnm) – Leoncio Prado.....	113
IXc. ANVA del atributo fragancia/aroma en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	114
IXd. ANVA del atributo sabor en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	114
IXe. ANVA del atributo posgusto en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	114
IXf. ANVA del atributo acidez en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	115
IXg. ANVA del atributo cuerpo en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	115
IXh. ANVA del atributo balance en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.....	115
X. Análisis de matriz de correlación / Probabilidades – atributos.....	116

XI. Análisis de componentes principales de los atributos de catación café de diferentes zonas – Leoncio Prado - correlaciones con los Autovalores, Autovectores y las variables originales.....	116
XIIa. ANVA de la calidad en taza de granos de cafés verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.....	117
XIIb. Resultado del perfil de taza de café de diferentes zonas y caseríos de Leoncio Prado mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	117
XIII. Fotos de los respectivos análisis en los laboratorios y muestre	118

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es originario de Etiopía de África Oriental exactamente en el territorio denominado Kaffa de cuyo nombre se deriva el café que fue introducido en América Central por inmigrantes franceses a principios del siglo XVIII y ha demostrado ser uno de los cultivos más importantes en el mundo debido a la gran magnitud de su comercio y es el segundo más comercializado en el mundo después del petróleo que se comercializa en los mercados mundiales (**SUNARHARUM *et al.*, 2018** y **GIACALONE *et al.*, 2019**). El café es uno de los cultivos de bebidas no alcohólicas más importantes que se cultivan en más de 80 países y consumido principalmente como un proveedor de energía y también por su gusto y aroma especial, el cultivo del cafeto arábigo se encuentra entre los 800 y 2000 msnm considerando la temperatura ideal entre 15 °C y 25 °C para el café Arábica (**EGAS *et al.*, 2018**, **MOHAMMEDSANI *et al.*, 2017**, **TOLEDO, 2015**, **ROJO, 2014**).

Los cafés cultivados en el Perú son 100% Arábica y se comercializan en sus mezclas, las principales especies son Typica, Caturra, Catimor, Pache y Bourbon considerando mayor cultivo en la Amazonía que ocupa el 25% del área utilizada para la agricultura, cultivándose en 10 de los 24 departamentos del país,

siendo la zona con mejor rendimiento en cultivos de café la Selva Alta (**DÍAZ y CARMEN, 2017; PALOMINO *et al.*, 2014**).

La calidad del café depende de un gran número de factores como el caso de la altitud, donde la bebida tiene un buen cuerpo, acidez y aroma dando como resultado una excelente taza, en las características físicas del grano teniendo un color verde-gris-azulado y son de mayor tamaño, sin embargo, existe poca información científica de estas zonas productoras de café. Gran parte de los productores que comercializan el café en pergamino con los intermediarios, lo realizan sin ningún criterio de calidad de modo que se pierde la identidad del origen y el precio real del producto. Bajo este contexto se planteó la investigación considerándose los siguientes objetivos:

- Evaluar la calidad física y fisicoquímica de los granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.
- Evaluar la calidad sensorial (atributos de catación y calidad en taza) de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.
- Analizar la caracterización térmica en TG y DTG de granos de cafés verde oro y tostado

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Aspectos generales del café

2.1.1. Café

Es un arbusto que pertenece a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea* alcanza entre 2 y 12 metros de altura y puede llegar a vivir 50 años, la especie del café más importante en el mundo son *Coffea arabica* L. y *C. canephora* Pierre ex Froehner, identificados como Arábicos y Robustas, en su orden **(DUICELA et al., 2017)**. El café es originario de Etiopía, sin embargo, fueron los árabes los primeros en descubrir sus cualidades y las posibilidades económicas que significaba su consumo, el café fue introducido en América Central por inmigrantes franceses, a principios del siglo XVIII, no obstante, los holandeses fueron quienes esparcieron su cultivo en América del Sur **(GARCÍA y BARRETO, 2007)**. Hoy en día el café es uno de los cultivos de bebidas no alcohólicas más importantes que se cultivan en más de 80 países y se exportan de diferentes formas a más de 165 naciones del mundo **(MOHAMMEDSANI et al., 2017)**. El café es la segunda bebida más consumida en el mundo, precedida solo por el agua y el consumo aumenta continuamente no solo en los países consumidores (importadores) sino también en los países productores (exportadores) **FASSIO et al., (2017)**. Con más de 2 mil millones de tazas consumidas en todo el mundo a diario **(GIACALONE et al., 2019)**.

2.1.2. Café (*Coffea arabica* L.)

La mayoría de las variedades de café Arábica son muy apreciadas y crecen en alturas entre 900 y 2000 msnm **(ECHEVERRI *et al.*, 2005)**. Los cafés en el mundo son parecidos genéticamente mientras que morfológicamente presentan diferencias notables y sus frutos contrastan en calidad en pre y postcosecha **(CRUZ-CASTILLO *et al.*, 2016)**. Entre estos factores, el referido a la variedad tiene mucha importancia durante la comercialización en algunos países, sin embargo, en el Perú se comercializa una mezcla de variedades de café arábico (Typica, Typica Amarilla, Bourbon, Bourbon Tekisic, Caturra, Caturra Brasileiro, Caturra Amarillo, Caturra Rojo, Caturra Villa, Sarchi, Catimor, Catuai, Pache, Pacamara y Maragogype) **(PALOMINO *et al.*, 2014)**.

El café de variedad Arábica tiene múltiples componentes, los granos de café crudos tienen una composición de cafeína que comprende el 1,2% de la materia seca, 4,2% minerales, de los cuales 1,7% es potasio; 16% lípidos, 1,0% trigonelinas, 11,5% proteínas y aminoácidos, 1,4% ácidos alifáticos, 6,5% despidos (ácidos clorogénicos), 0,2% glucósidos, 58% carbohidratos y el contenido de agua de los granos de café crudo comercial varía entre 8% y 12% **(ECHEVERRI *et al.*, 2005)**.

2.1.3. Café en el Perú

Los cafés cultivados en el Perú son Arábica, la producción de café se da en el norte: (Cajamarca, Amazonas y San Martín), selva central: (Pasco, Junín, Satipo y Chanchamayo) y el sur (Cusco y Puno) por ello considerando que el 70% del café consumido en el Perú es importado de diferentes lugares, el

28% son cafés de segunda o de descartes, y solo 2% tiene algún estándar de calidad y es peruano **(DÍAZ y CARMEN, 2017)**. La producción estuvo concentrada inicialmente, en la selva alta correspondiente a Moyobamba, Jaén, Huánuco y Cusco; posteriormente, fue introducida en la selva central en especial en Chanchamayo donde su cultivo comenzó a partir del año 1850, alcanzando niveles altos de producción a partir del año 1880, convirtiendo al Perú en exportador de café a mercados chilenos, ingleses y alemanes **(GARCÍA y BARRETO, 2007)**.

El Perú tiene 230,000 hectáreas destinadas al cultivo de Café, cultivándose en 10 de los 24 departamentos que se tienen en el país, siendo la zona con mejor rendimiento en cultivos de café la denominada Selva con un clima de selva tropical con climas y distintos pisos ecológicos que tiene el Perú propician el cultivo de distintos tipos de café, adicionalmente los agricultores tienen experiencia en el cultivo de variedades del café Arábica de alta calidad como la típica y bourbon también el café peruano es reconocido en el ámbito mundial ganando premios internacionales y reconocimientos por su aroma y calidad y es un producto considerado bandera el cual genera trabajo para las familias en el país **(EGAS et al., 2018)**.

El café es el principal producto agrícola de exportación en el Perú según el Censo Nacional Agropecuario INEI – 2012, el consumo interno de café en el Perú es uno de los más bajos de América Latina y del mundo, las cifras reportan que alcanza apenas los 650 g por persona por año que son cultivado por pequeños productores quienes conducen entre 1 a 5 ha, no obstante, un reciente estudio de alcance nacional realizado por la Central de Cooperativas de

Café del Perú 2016 señala, que esta cifra se ha incrementado a 1100 g per cápita, consumo que incluye sobre todo café soluble y de mala calidad, los promedios de producción de café en el Perú se mantienen en (12 qq café verde oro/ha de producción), un qq de café verde oro es 46 kg (**DÍAZ y CARMEN, 2017**). La calidad del café peruano es buena pero una mala cosecha y un mal beneficio disminuyen la calidad, para producir 46 Kg de café pergamino se necesita un promedio de 220 Kg de frutos maduros (**AQUINO, 2004**). El Café es una de las materias primas de mayor comercialización en el ámbito mundial con respecto a ella más del 50% de la producción tiene como destino EE.UU. y Alemania convirtiéndose ambos mercados en los más relevantes para exportar el café peruano (**EGAS et al., 2018**).

2.1.4. Café crudo comercial

El comercio justo del café es una alternativa comercial basada en una relación equitativa, transparente y duradera a largo plazo entre grupos de pequeños productores organizados y el comprador en la cual se paga un precio justo, para eliminar en lo posible el intermediarismo existente en el sistema de comercialización convencional (**GARCÍA, 2008**). Para la comercialización del café muchas veces se realiza mezclas entre diferentes variedades lo que provoca en muchos casos la disminución de la calidad del café convencional (**NAHUAMEL, 2013**). El café convencional proveniente de zonas cafetaleras altas, tiene muy buena calidad de taza por su excelente acidez y alcanza altos precios en el mercado de café a nivel mundial. En el Perú los productores comercializan el café en pergamino con los intermediarios generalmente se

comercializa al barrer, sin ningún criterio de calidad y sin ninguna retribución por la misma, ya que participan una serie de intermediarios que mezclan calidades de modo que se pierde la identidad del origen; por otro lado, la existencia de muchos canales de comercialización (nacional e internacional) distorsionan el sistema **(DÍAZ Y CARMEN, 2017)**.

La calidad del café está determinada por numerosos factores, como el origen, el proceso posterior a la cosecha y el tostado, los diferentes métodos de molienda, elaboración y las condiciones de servicio. Las tasas de consumo de café han aumentado 1 a 2% por año en todo el mundo durante las últimas décadas **(GIACALONE et al., 2019)**. Debemos tener claro que el precio del café está ligado a la calidad, este componente de calidad incluye elementos básicos tales como ser adecuado para el consumo humano, carecer de materias extrañas, plagas vivas y mohos, conformar plenamente a la descripción del contrato o a la muestra de venta y ser de calidad uniforme en la totalidad del lote, ser limpio en la bebida es decir no presentar sabores ofensivos **(SCAN, 2015b)**.

2.1.5. Estados físicos del café

- **Café cerezo:** Es una semilla procedente del árbol del cafeto que crece de manera apropiada en lugares que reúnen condiciones especiales de suelo, temperatura, altitud y radiación solar; el café se desarrolla en el curso de 32 semanas siguientes a la aparición de la flor en el cafeto y se forma en racimos unidos a las ramas por tallos muy cortos que cambia desde el verde claro a rojo oscuro o a amarillo según la variedad, color en el cual ya se puede considerar maduro para luego ser recolectado las cereza del café **(PRIETO, 2002)**.

- **Café pergamino:** El café pergamino se obtiene del fruto llamado café cerezo a este se le extrae el epicarpio a través del despulpado y el mesocarpio a través del fermentado y el lavado obteniendo finalmente el café pergamino, este último se somete a secado hasta alcanzar el 12 a 13 por ciento de humedad (**RIVERA, 2016**). De los cafés pergamino sus principales destinos de exportación son los mercados de los Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Canadá, Suecia y Corea del Sur (**DÍAZ y CARMEN, 2017**).
- **Café verde oro:** Es el resultado del trillado o pilado del café pergamino al cual se le retira el pergamino y se pule para retirarle la lámina plateada y su presentación tiene que ser verde homogéneo (de verde jade a verde azulado) el porcentaje de humedad es de 10 a 12% (**ESTRELLA, 2015**). La comercialización de café verde oro es en sacos con peso equivalente a 46 kg (**CRUZ-CASTILLO et al., 2016**). Peso promedio del grano verde oro sano es $0,18 \pm 0,03$ g (**GAMBOA, et al., 2015**).
- **Café tostado:** Son granos de café de coloración oscura que fueron sometidos a un proceso de torrefacción que se define como la operación que consiste en calentar en un recipiente el grano de café verde oro a una temperatura entre 200 - 220 °C hasta lograr los aromas característico (productos de la reacción Maillard) (**PACHECO, 2016**).

2.2. Efectos de la altitud y clima sobre la calidad del café

2.2.1. Altitud del café

Este factor incide directamente sobre la temperatura e indirectamente sobre la precipitación, el rango óptimo esta entre los 500 a 1700

metros sobre el nivel del mar, aunque puede llegar hasta los 2000 msnm; en estas alturas hay una correlación entre la altitud y la calidad, la bebida tiene un buen cuerpo, acidez y aroma dando como resultado una excelente taza y mejora en la calidad física, considerando frutos provenientes de altitudes más altas produce más mucílago y es más rico en azúcares y otros sólidos solubles **(ALFARO, 2015)**. La altitud es una condición muy importante debido a que determina que especie de café se cultiva, el cafeto arábigo se encuentra entre los 800 y 2000 msnm además, la altitud está relacionada con la acidez del café esta característica organoléptica es muy apreciada en un café de calidad y sucede a mayor altitud **(DUICELA et al., 2003 y TOLEDO, 2015)**.

La altitud puede influenciar significativamente la composición bioquímica, calidad física y organoléptica de la taza de café; sin embargo, también existe trabajos donde hay una relación entre la calidad taza y las condiciones agroecológicas del cultivo del café, el proceso de beneficio también es uno de los factores determinantes en obtención de la calidad del grano ya que fallas en el proceso pueden originar hasta el 80% de los problemas de calidad. Así mismo, un buen beneficio influye favorablemente en la obtención de un café suave, **(RAMOS y CRIOLLO, 2017)**. El ambiente tiene una fuerte influencia en la calidad del café **(BELAY et al., 2016)**.

El café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2000 msnm, sin embargo, la zona altitudinal que ofrece las mejores condiciones para obtener café de buena calidad está entre los 1 200 y 2 000 msnm dependiendo de la latitud (trópico o subtrópico) **(FISCHERSWORRING Y ROBKAMP, 2001)**. **VAAST et al. (2005)**, señalan que la sombra afecta la calidad del café, por

ejemplo, mencionan que en café Arábica con sombra de 40% afecta positivamente el tamaño y composición de los granos, así como, la calidad de bebida debido a un retraso en la maduración de la pulpa de la cereza hasta por un mes. **AVELINO et al. (2005)** mencionan que a mayores altitudes junto con un mayor número de horas de exposición de la pendiente al sol son factores que favorecen una mejor calidad de bebida del café. Las diferentes variedades de café muestran diferencias en el tamaño y forma del grano de café pudiendo ser grande, mediano o pequeño, estas diferencias en el tamaño de grano están determinadas por factores genéticos, ambientales y agronómicos; la granulometría es entre otras variables determinante de la calidad de bebida de café, así como de la calidad de tueste que influye en el cuerpo y la amargura de la bebida (**WINTGENS, 2004**). La bebida de calidad se obtiene de Arábica, especie que se cultiva a mayor altitud y de la cual se han derivado las variedades comerciales de mayor calidad y aceptación en el mercado mundial (**ALFARO, 2015**).

2.2.2. Condiciones climáticas

El cambio en las condiciones climáticas y el aumento global de las temperaturas supone una de las amenazas más grandes a la producción mundial de café Arábica, pues no tolera temperaturas superiores a los 24 °C, en general, temperaturas superiores a los 28 °C conducen a la aparición de anomalías que afectan a la flor y que reducen el rendimiento mientras que las bajas temperaturas inferiores a 7 °C afectan a la raíz donde aparecen malformaciones, especialmente cuando se dan fuertes fluctuaciones a lo largo del día,

considerando la temperatura ideal entre 15 °C y 25 °C para el café Arábica y crece mejor en suelos profundos bien drenados y con pH<7 (**ROJO, 2014**). También (**FISCHERSWORRING Y ROBKAMP, 2001**) menciona que la temperatura óptima oscila entre 19 y 21 °C con extremos de 7 a 23 °C, ya que por encima de la temperatura promedio de 24 °C se acelera el crecimiento vegetativo limitando tanto la floración como el llenado de los frutos, la humedad relativa que prevalece en los cafetales tanto en los meses secos como en los lluviosas es de 70 al 95%. El café arábigo es una especie única debido a su sensibilidad climática (**ISCARO, 2014**).

2.3. Calidad del grano de café verde oro y la evaluación física

2.3.1. Calidad del grano

La calidad del café depende de un gran número de factores, especies/variedades de café, área geográfica, condiciones de crecimiento, nivel de maduración en el momento de la cosecha, condiciones de fermentación y el manejo poscosecha pueden influir en la calidad de la taza así como en factores climáticos como la altitud, nivel de sombra y la temperatura del aire (**DI DONFRANCESCO et al., 2019**).

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización - ISO, la calidad se describe como "la capacidad de un conjunto de características inherentes de un producto, sistema o proceso para cumplir con el requisito de los clientes y otras partes interesadas", estas características inherentes también pueden denominarse "atributos" (**BELAY et al., 2016**).

La calidad de los granos de café verde oro está condicionada por una serie de factores íntimamente correlacionados entre sí, como son especie, variedad, ecología, prácticas culturales, métodos de cosecha, beneficio, secamiento, almacenamiento, gusto del consumidor y otras características, además, en el lenguaje de calidad de alimentos, el término "defecto" hace referencia a desviaciones y al producto no conforme, los defectos del café dañan el aspecto físico de los granos dando malos y desagradables aromas y sabores en la bebida u ocasionan pérdida de su inocuidad **(PUERTA, 2015)**. Para asegurar su calidad es importante controlar adecuadamente cada una de las etapas de su producción con un adecuado beneficio es fundamental para asegurar la calidad del grano, que el 80% de los problemas se originan en este proceso **(PATIÑO-VELASCO et al., 2016)**.

2.3.2. Evaluación física del grano

La evaluación implica un análisis físico que se realiza en el laboratorio, tomando características físicas del grano (color, tamaño, forma defectos, etc.) estas permiten determinar la calidad específica del grano de café y sus virtudes; por otro lado, ofrecen la información necesaria para homogenizar la presentación del producto **(BANEGAS, 2009)**.

- **Color:** Según **ESCAMILLA et al. (2015)** mencionan que los factores genéticos de la planta determinan las características del color de los granos, el café de altura es de color verde gris azulado, mientras el café de poca altura es verde pálido; las cerezas inmaduras (verdes o pintones) producen un grano.

- **Tamaño:** El tamaño del grano de café (verde oro) se mide entre 0,5 a 0,8 cm, dependiendo de la variedad y altitud, también aquí es necesario tomar en cuenta el peso (NAHUAMEL, 2013). Para determinar el tamaño se utiliza el juego de zarandas desde “12 hasta 20” (LÁZARO, 2012). En el siguiente Cuadro 1, se indica la descripción de los orificios de los tamices usados para el análisis granulométrico.

Cuadro 1. Clasificación del tamaño del grano

N° Zaranda (Tamiz)	Tamaño de orificio (mm)	
	Diámetro nominal	Tolerancia
20	8,00	± 0,09
19	7,50	± 0,09
18	7,10	± 0,09
17	6,70	± 0,08
16	6,30	± 0,08
15	6,00	± 0,08
14	5,60	± 0,07
13	5,16	± 0,07
12	4,76	± 0,07

Fuente: VILLA (2017), LÁZARO y JARA (2017).

- **Forma:** En el mercado tiene como base la forma del grano plano convexa o chata, la cual se considera como forma normal que pueden distinguirse, granos cortos y largos (ANACAFE, 2011).

- **Defectos:** Son aquellos granos que presentan al menos una de las siguientes condiciones: negros, decolorados, malformados, aplastados, inmaduros (verdes), mordidos, picados por insectos, fermentados y manchados, entre otros. Los defectos pueden expresarse tanto en porcentaje o en cantidad **(MARÍN et al., 2003b)**. Entre los efectos que producen estos daños en el café se pueden clasificar en dos, los primarios que se consideran como los más graves y que influyen directamente en la calidad de la bebida que ocasionan que las características organolépticas se distorsionen de una mayor manera; por otro lado, se encuentran los defectos secundarios, estos impactan las mismas características se distorsionen, pero de una forma menos influyentes **(MORALES, 2014)**. La clasificación de defectos físicos asegura la calidad de los granos de café verde Arábica que es realizada tradicionalmente por los expertos humanos **(RAMIREZ-TICONA et al., 2016)**.

La calidad física del café está determinada por la forma de los granos; así como, por la presencia de compuestos defectuosos propios del café y componentes extraños, muchas veces estos defectos son categorizados por los requisitos de la Asociación de Cafés Especiales de América **SCAA, (2011)** la misma que se describe a continuación:

Grano negro: conocido como defecto fisiológico de la cosecha que pueden originarse durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto y muy especialmente por una deficiencia del tipo híbrido, también se observa en la trilla al grano verde que no despulpó y se secó como semidespulpado; granos negros también se obtienen cuando el grano cae al suelo y se recoge al momento de la cosecha estos se encuentran con hongos como *Penicillium*, *Aspergillus*,

Rhizopus y *Fusarium* que ponen en riesgo la calidad sanitaria del café, tienen efectos negativos en el rendimiento, la apariencia y la calidad de la bebida del café, (**PUERTA-QUINTERO, 2000**).

Grano brocado: son granos perforados por el insecto de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*) únicamente por una hembra que son consideradas plagas y enfermedades, todo el ciclo posterior ocurre dentro del grano donde las larvas y adultos consumen cerca del 5 al 20 % del fruto. La preferencia de las hembras de entrar por el extremo distal se debe a estímulos físicos más que químicos (**ALARCÓN, 2016**). Grano con pequeños orificios a causa del ataque de insectos como el gorgojo y la broca (**BORRERO y DIAZ, 2016**).

Grano Agrio: se produce por fermentación, que es resultado de la contaminación de microbios en varias etapas desde la cosecha hasta el beneficio considerando las causas específicas de recoger cerezas sobremaduras, recoger cerezas del suelo, contaminación de agua durante el proceso de lavado, o sobrefermentación de la cereza en el árbol en condiciones de alta humedad (**SCAA, 2011**).

Cereza seca: es rojizo, presencia de manchas blancas o residuo (**PORTUGAL-ZAMBRANO et al., 2016**). Es una característica típica de las plantas de café cultivadas en campo abierto (sin sombra) que son consideradas daños fisiológicos, cuando esta característica se acompaña por una reducción en el follaje, la sobre postura resulta en marchitamiento de las ramas y granos inmaduros por ello produce deficiencia hídrica que causa la producción de granos vanos y cerezas secas lo que forma (muerte súbita) (**GÓMEZ, 2008**).

Grano dañado por hongo: es un defecto que también afecta la inocuidad del producto, estos granos presentan mayor riesgo de contaminarse con la ocratoxina A; el defecto mohoso del café se produce por falta de control de la humedad del grano durante el secado y el almacenamiento, por falta de higiene en equipos y ambientes, y por la carencia de separación de las pulpas, guayabas, pasillas y granos defectuosos durante el procesamiento del café (PUERTA, 2015).

Granos inmaduros: caracterizado por un grano de color verdoso o gris claro, la cutícula no desprende, superficie marchita, tamaño menor que el normal; en este grupo se incluye el grano del paloteo se debe a recolección de granos verdes o pintones - inmaduro, cultivo en zonas marginales, falta de Abono y roya –sequía (BORRERO y DIAZ, 2016). Los granos inmaduros producen una infusión con sabor a madera (GÓMEZ, 2008).

Grano partido/mordido/cortado: defecto ocasionado mayormente durante el despulpado, el cual muestra frecuentemente manchas marrones o negruzcas; defectos relacionado con granos de forma irregular (QUILIGUANGO, 2013). Granos mordidos e dañados en el proceso, estos granos presentaron una mordida característica, generalmente con forma de media luna; en los bordes se pudieron observar marcas a veces de color amarillo (GÓMEZ, 2008)

Granos concha: son granos de forma y estructura (triangulares, elefantes, caracoles y vanos) son el resultado de factores genotípicos y ambientales (GÓMEZ, 2008).

Materia extraña: normalmente pequeñas piedras por lo general no mayores de 3 mm, rara vez presentes, aunque si se les encuentra; estas se originan desde

el campo en la recolección del grano de café, cuando se recogen granos caídos en el suelo, aunque algunas veces se agregan en los beneficios húmedos; también se encuentran palos por lo general pequeños trozos de madera no mayores de 3 o 4 milímetros de largo y 1 milímetros de ancho, se asocian a la recolección del grano (**GÓMEZ, 2008**).

Granos flotadores: estos granos se reconocen por tener un color blanquecino y una apariencia dispareja del grano y al colocarlos en agua, flotaban (**DÍAZ y PERDOMO, 2015**). Estos granos tienen un particular color blanco y decolorado causado por deficientes condiciones de almacenamiento, principalmente por alta humedad en el almacén; aunque es un defecto secundario, dañan la apariencia física y si aparecen en exceso en una partida pueden aportar sabor defectuoso a tierra, sucio, o fenol (**SCAN, 2015b**).

Pergamino: todos aquellos granos que todavía poseían la capa llamada pergamino (**DÍAZ y PERDOMO, 2015**).

2.4. Calidad del grano de café verde oro en la evaluación fisicoquímica

La calidad del grano de café es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico-químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo; la calidad del café se define como el óptimo estado de este en la prueba de taza; en sí, la calidad del café es el conjunto de cualidades sensoriales que tiene el café (**SCAN, 2015b**).

- **Humedad:** es importante el contenido de humedad para preservar la calidad, superiores al 12% favorecerán el crecimiento de mohos y causar olores

desagradables que afectan a las cualidades gustativas de café verde oro (**KIPKORIR et al., 2015 y PATIÑO-VELASCO et al., 2016**). El café con un contenido de humedad tan bajo como el 11% pierde su calidad después de 6 meses a una temperatura de 35 °C; por otro lado, un café con un contenido de humedad superior al 15% mantendrá su calidad a una temperatura tan baja como 10 °C; el café debe mantenerse a baja temperatura para reducir su metabolismo y respiración (**BELAY et al., 2016**).

- **La acidez:** tienen una influencia marcada en la calidad del café y juegan un papel importante en la formación del aroma y sabor del café (**HENAO, 2015**). Los cambios de acidez titulable en granos de café verde oro podría ocurrir debido a los niveles de ácidos comúnmente como (cítrico, acético, málico, clorogénico y quínico) (**KIPKORIR et al., 2015**). La acidez es típicamente una característica altamente valorada especialmente en los cafés provenientes de América Central y África del Este; la acidez ha sido correlacionada con los cafés sembrados a altas altitudes y en suelos volcánicos ricos en minerales (**MUÑOZ, 2001**).

- **Sólidos totales:** dentro de los sólidos solubles totales presentes del café, podemos citar principalmente los azúcares, cafeína, trigolenina y los ácidos clorogénico; los contenidos de estos sólidos en el café son importantes tanto en relación con la producción industrial y en su contribución para asegurar el cuerpo de la bebida; existe una variación del contenido de sólidos solubles entre diferentes especies de cultivos, por ejemplo el café conilon poseen mayores cantidades de sólidos solubles en relación con el café arábica, con valores que varían de 26,07 a 30,6% y 23,85 a 27,31% respectivamente (**ZANI, 2015**).

2.5. Calidad del café verde oro en la evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza)

Actualmente, el estándar para la toma de café es el método más utilizado para la evaluación sensorial del café; este procedimiento es extremadamente útil para los productores de café, compradores y otros actores en la cadena de valor del café, para evaluar la calidad y los defectos del café **(GUTIÉRREZ-GUZMÁN *et al.*, 2018)**. Dentro de la industria del café, los procedimientos de degustación se utilizan para negociar el producto con atributos tales como la calidad de la bebida, descrita por los catadores, utilizando su opinión personal y la experiencia en degustación lograda a lo largo de los años **(PEREIRA *et al.*, 2017)**. El "catador" es un juez que realiza una evaluación sensorial y es responsable de evaluar la calidad del café. En consecuencia, este agente influye en la evaluación según sus percepciones, dejando, en muchas ocasiones, la determinación de la calidad final del café en sus manos, interfiriendo así en el precio del producto **(PEREIRA *et al.*, 2017)**. La Asociación de Cafés Especiales ha establecido un procedimiento de evaluación muy riguroso para determinar el perfil sensorial de los granos de café, a fin de otorgar la distinción de cafés especiales a cafés de diferentes orígenes en el planeta **(GUTIÉRREZ-GUZMÁN *et al.*, 2018)**.

2.5.1. Atributos en catación

La evaluación de la calidad del café se lleva a cabo mediante sesiones de taza de café, en las que los catadores de café profesionales asignan calificaciones a varios atributos y la suma de las calificaciones proporciona la

calificación final (**CHALFOUN et al., 2013**). La hoja de puntuación (formato de catación) incluye atributos de sabor importantes para el café, que van de 0 a 10, estos son fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo, equilibrio, uniformidad, taza limpia, dulzura, defectos y general; sin embargo, a diferencia de los evaluadores en el análisis descriptivo sensorial, los catadores no califican la intensidad, sino que dan una valoración subjetiva de los atributos individuales (**GIACALONE et al., 2019**).

Fragancia: La fragancia/aroma se evalúa en tres pasos diferenciados en el proceso de catación primero sentir el olor de los gránulos colocados en la taza antes de echarle agua al café, segundo sentir los aromas que se liberan cuando se rompe la taza, tercero sentir los aromas que se liberan cuando se deja el café en remojo; los tipos de fragancia/aroma que se encuentran en el café son frutal, floral, herbal, caramelo, resinoso, madera, cítrico, chocolate, especias, fragante, terroso, nuez, granos, ceniza, perfumado (**ESTRELLA, 2015**).

Aroma: Es la impresión olfativa general de las sustancias volátiles de un café que se relaciona con la fragancia que desprende la bebida, un aroma delicadamente fino, fragante y penetrante es la manifestación de una calidad superior; como a acaramelado, chocolate, frutal, floral, cereal (**DUICELA, 2003**).

Sabor: Se refiere al gusto en combinación con el aroma y está compuesto por los elementos del café tostado molido disueltos en agua que han sido extraídos durante el proceso de preparación de la bebida; las sensaciones básicas de sabor son ácido, dulce, salado y amargo, forman el sabor del café (**SCAN, 2015a**).

Posgusto: Conocida como sabor residual en la evaluación sensorial de la materia soluble en agua extraída de los granos de café durante el proceso de infusión, las sensaciones básicas del gusto son dulce, ácido, salado y amargo; la función de la sensación amarga sólo sirve para modificar o mejorar la impresión de los otros tres a excepción del café de baja altitud (**SCAN, 2015a**).

Acidez: Caracterizado por soluciones de ácido cítrico, tartárico y málico; percibidas por las papilas gustativas en los lados posteriores de la lengua (**SCAN, 2015a**). La acidez suele describir como “brillante” cuando es positiva y “agria” cuando es negativa, cuando la acidez es demasiado intenso o dominante puede ser desagradable, el puntaje final que se marca en la escala debe ser relacionado con el perfil del sabor esperado (**ESTRELLA, 2015**).

Cuerpo: La calidad del cuerpo se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, donde es percibida entre la lengua y la parte superior de la boca; el cuerpo de café puede ser ligero, mediano, aceitoso, cremoso, áspero, astringente, pesado, suave y acuoso (**ESTRELLA, 2015**).

Uniformidad: Se refiere a la consistencia de sabor entre las distintas tazas de una sola muestra pueden ser uniforme tanto por atributos y características, como en defectos y/o contaminaciones, el catador la puede catalogar como positiva o negativa (**GONZALES, 2017**).

Balance: **GONZALES (2017)** indica que el café es armonioso, excesivo o ha perdido algo en su sabor; es lo que se piensa del café en total; también indica que el sabor, acidez y cuerpo, trabajan juntos y se complementan o se desentonan entre sí, la calificación se reduciría si la muestra carece de ciertos atributos o si algunos de ellos predominan exageradamente sobre los demás.

Taza limpia: Según la **NORMA MEXICANA (2009)**, sostiene que es la ausencia de impresiones negativas, desde el primer sorbo hasta que se extingue el sabor agradable, al evaluar este atributo cualquier sabor o aroma que no sea una característica típica del café descalificará una taza individual.

Dulzor: Se refiere al sabor básico dulce que está presente de manera natural en las semillas de café provenientes de frutos que alcanzaron plena madurez; las tazas con más intensidad, son cafés de altura (**GONZALES, 2017**).

Apreciación general: Es la puntuación “Global” que refleja la calificación propia de la muestra según la percepción individual del catador; un café con varios aspectos muy agradables, pero no precisos, recibe una puntuación inferior; por el contrario, al cumplir las expectativas de carácter refleja cualidades de sabor original y es de alta calificación (**MARTÍNEZ, 2016**).

Puntaje final: Para los atributos dulzor, uniformidad, y taza limpia, se otorga dos puntos por cada taza que muestre esos atributos, llegando a un máximo de 10 puntos cuando las cinco tazas son iguales (**GONZALES, 2017**).

El Cuadro 2, muestra los puntajes, que se califican, al momento de ser evaluada una muestra, de acuerdo a los atributos sensoriales del café; existe las calificaciones, por debajo de los 5,75 puntos, a los cuales se les atribuye como regulares, pésimos, malo y muy malo.

Cuadro 2. Escala de calificación para los atributos de evaluación sensorial de café

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: GONZALES (2017).

2.5.2. Calidad en taza

Esta sesión de taza de café puede detectar si los cafés de diferentes cultivares tienen matices especiales, generalmente relacionados con los sabores a chocolate, caramelo, afrutado y floral (**SOBREIRA et al., 2015**). Un panel sensorial es equivalente a cualquier instrumento científico para medir las características asociadas con la calidad de un producto alimenticio (**OYOLA et al. 2017**). Las calificaciones sensoriales <80 puntos indican que los cafés no son especiales, los cafés con puntajes de 80,0 a 84,99 se califican como muy buenos, cafés con puntajes de 85 a 89,99 se categorizan como excelentes y cafés de 90-100 puntos son excepcionales (**DUICELA, 2017**).

2.6. Calorimetría

La calorimetría es una herramienta analítica eficaz para caracterizar las propiedades físicas de un polímero que nos permite determinar las temperaturas de fusión, cristalización y transición mesomórfica; la calorimetría ocupa un lugar especial entre otros métodos por su simplicidad y universalidad;

las características energéticas (capacidad calorífica C_p y su entalpía H de temperatura excesiva), medidas por calorimetría, tienen un significado físico claro, aunque a veces la interpretación puede ser difícil; desde la termodinámica, es bien sabido que el conocimiento sobre la capacidad calorífica permite la determinación de parámetros importantes que caracterizan los materiales en equilibrio (**SCHICK, 2012**).

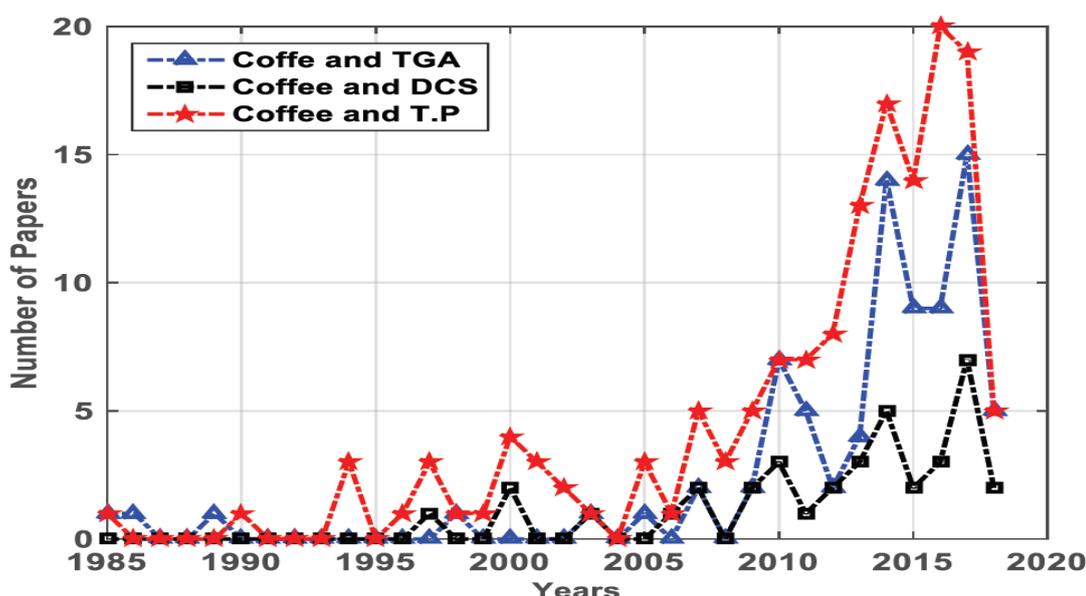
2.6.1. Análisis térmico

Abarca al grupo de técnicas en las que se mide una propiedad física de un sistema (sustancia o material) en función de la temperatura mientras que se somete a un programa de temperatura controlado (**GRANADOS, 2015**). En un análisis de caracterización generalmente se registra de manera continua la masa de la muestra en estudio, como función del tiempo o la temperatura. La representación de la masa o del porcentaje de masa en función del tiempo o de la temperatura se denomina termograma o curva de descomposición térmica (**GRANADOS, 2015**).

2.6.2. Análisis termogravimétrico (TGA)

El Análisis por Termo Gravimetría (Thermo Gravimetric Analysis TGA) se define como la técnica en que se mide el porcentaje del peso de una muestra frente al tiempo o a la temperatura mientras se somete a un programa de temperatura controlado en una atmósfera específica; lo habitual es que se produzca una pérdida de peso, sin embargo, también es posible que haya una ganancia de peso en algunos casos; la atmósfera puede ser estática o dinámica

con un caudal determinado, también se emplean condiciones de presión reducida y los gases más habituales son N₂, aire, Ar, CO₂; también se usan H₂, Cl₂, o SO₂; una característica fundamental de la técnica TG es que sólo permite detectar procesos en los que se produce una variación de peso tales como descomposiciones, sublimaciones, reducción, desorción, absorción, mientras que no permite estudiar procesos como fusiones, transiciones de fase (GRANADOS, 2015). MUÑOZ-NEIRA *et al.* (2018) mencionan que el conocimiento sobre la termodinámica del grano es primordial, no solo para el proceso de secado, sino también para el proceso de tostado del café. La investigación sobre este tema de TG ha aumentado en los últimos años, como lo indica el número de documentos indexados por la revista Scopus (Figura 1) antes de 2005, las publicaciones anuales sobre estos temas eran inferiores a cinco estudios de TGA en café (MUÑOZ-NEIRA *et al.*, 2018).

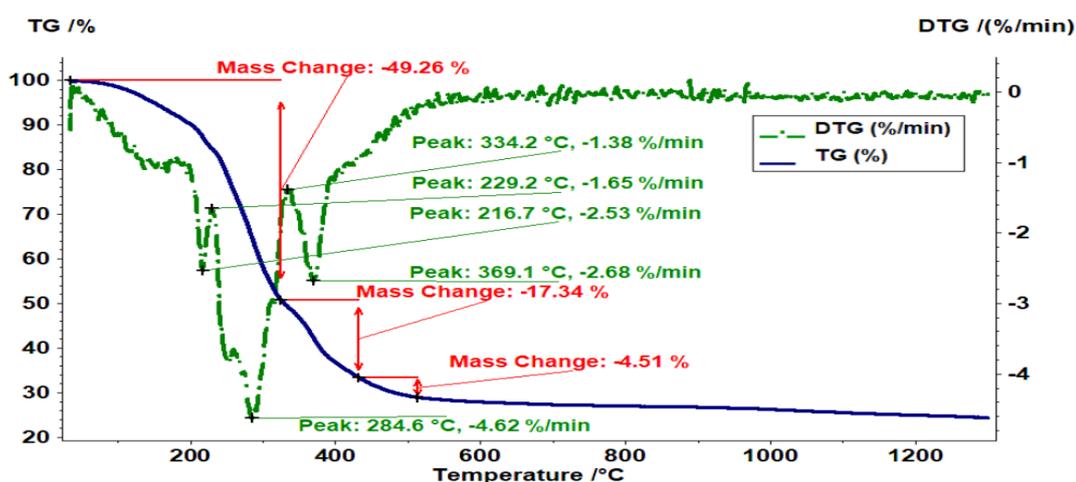


Leyenda: Línea azul: "Café y termogravimetría". Línea negra: "calorimetría de barrido de café y diferencial". Línea roja: "café y propiedades térmicas".

Figura 1. Artículos registrados en la base de datos **SCOPUS** sobre café.

2.6.3. Interpretación de curvas TG

En termogravimetría, además del termograma o curva TG, hay que recurrir a otras gráficas que cumplen fines interpretativos como la primera derivada (curva DTG, velocidad de la variación de masa). La mayor parte de curvas de TG se producen por pérdida de peso, cuya principal razón suele ser reacciones químicas (descomposición y separación del agua de cristalización, combustión, reducción de óxidos metálicos), transformaciones físicas (evaporación, vaporización, sublimación, desecación); las causas de las ganancias excepcionales de peso generalmente son las reacciones químicas (como O_2 , CO_2 con transformación de compuestos no volátiles o poco volátiles) (GRANADOS, 2015). MUÑOZ-NEIRA *et al.* (2018) realizaron el estudio de análisis térmico de granos de café variedad Castilla cultivado en Colombia, utilizando muestras de café verde oro molido, obteniendo como resultados de TG/DTG en la Figura 2 siguiente:



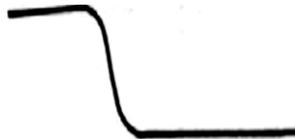
Línea roja: porcentaje de pérdida de masa en el TG. Verde: porcentaje máximo de pérdida de masa en minutos, a una temperatura específica.

Figura 2. Los termogramas TG y DTG de la variedad Castilla se mezclan a 10 °C/min.

2.6.4. Lectura de termogramas

En el Cuadro 3, se muestran la lectura de termogramas producto de TG

Cuadro 3. Interpretación de lectura para las curvas de TGA

Interpretación de curvas de TG	
Reacciones químicas	Curvas de TG
La muestra no sufre descomposición con pérdida de productos volátiles en el rango de temperatura mostrado. Pudiera ocurrir reacciones tipo: transición de fase, fundido, polimerización.	
Descomposición térmica con formación de productos de reacción de volátiles. La curva se puede utilizar para definir los límites de estabilidad del reactante, determinar la estequiometría e investigar la cinética de las reacciones.	
Una rápida pérdida de masa inicial es característica de procesos de desorción o secado.	
Se indica una descomposición multietapa con intermedios relativamente estables. Se puede definir los límites de estabilidad del reactante e intermedios, y de forma más compleja la estequiometría la reacción.	
También indica una descomposición multietapa, pero los productos intermedios no son estables, y poca información se obtiene de la estequiometría de la reacción.	
Se observa una ganancia de masa como consecuencia de la reacción de la muestra con la atmósfera que la rodea.	
El producto de una reacción de oxidación se descompone a temperaturas más elevadas.	

Fuente: GRANADOS (2015).

III. MATERIALES METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó, en los laboratorios de Nutrición, Análisis de Alimentos, Carnes, Central de investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); ubicados en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Region de Huánuco; a una altitud de 660 msnm., a coordenadas UTM 390526E y 8970350N, con clima trópico húmedo; humedad relativa media anual de 84% y temperatura promedio 28°C.

3.2. Muestra

La distribución de las tres zonas y los seis caseríos fueron establecidos considerando los datos de producción de la Agencia Agraria Leoncio Prado y CITE agroindustrial Huallaga (Cuadro 4) y A-I. Los caficultores fueron seleccionados en base a los siguientes criterios: disponibilidad de cosecha en un período específico (campana 2018) y decisión de colaboración del productor. Todas las muestras fueron de la especie café Arábica, calidad comercial, tuvieron el proceso de beneficio vía húmeda, la cantidad recolectada fue tres kg de café pergamino seco por tres semanas, en costales de yute rotulados por zona, distrito y agricultor; los cuales fueron trasladados hasta el laboratorio.

Cuadro 4. Ubicación geográfica de las zonas y caseríos de la provincia de Leoncio Prado.

Zonas	Código	Altitud	Latitud	Longitud
Baja (900–1200) msnm	ZBT	1 004	-9,438488	-75,963141
	ZBFB	919	-9,199524	-75,896623
	ZBSA	1 173	-9,452681	-75,942306
	ZBM	1 021	-9,462375	-75,959064
	ZBVA	1 198	-9,162136	-75,819354
	ZBPH	1 046	-9,246629	-75,842270
Media (1201–1500) msnm	ZMTO	1 268	-9,155019	-75,860273
	ZMMM	1 353	-9,161702	-75,827293
	ZMHV	1 374	-9,203432	-75,835586
	ZMU	1 339	-9,178787	-75,841820
	ZMSI	1 426	-9,225217	-75,837507
	ZMPP	1 482	-9,344652	-75,883394
Alta (1501–1850) msnm	ZASA	1 596	-9,205084	-75,803700
	ZALP	1 628	-9,338893	-75,920162
	ZARA	1 808	-9,204692	-75,816650
	ZAPA	1 671	-9,209162	-75,789871
	ZAFP	1 646	-9,361760	-75,863299
	ZAOO	1 565	-9,307047	-75,795235

3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso y reactivos

3.3.1. Equipos de laboratorio y/o proceso

Balanza analítica RADWAG modelo AS 220.R2 capacidad 220 g, Perú; Trilladora, modelo laboratorio con motor (BONELLY Industrial) serie

1609020564, capacidad 300 g 1,5 Kw, 2 Hp, velocidad 1740 rpm, China; Tostadora semi-industrial modelo T-200 (IMSA), capacidad de 2 Kg, serie N° 103, Kw 1,3 Hp, T° max 350°C velocidad 1740 rpm, México; Molinillo de café tostado modelo ARTISAN 5KCG0702, baja velocidad (rev/min), 240 V/60 Hz - capacidad 200g, color rojo empire, negro onyx (brillante), acero inoxidable, Alemania; Molinillo de café y granos secos - Bosch - marca Thomas N° de pieza TP4274E70510A, 75 g de granos/tolva, 180 W, Cuchillas de acero y depósito para granos molidos, modelo MKM6003, molino Wiley, China; Selladora modelo Impulse Sealer KS.100-250W A KS.500-800W source: 220 V 50 Hz / 60 Hz, México; Colorímetro modelo Chroma meters CR-400 (Konica minolta), 50-60 Hz, 0.4 A, Temporizador(medición): de 3 segundos, 800 mediciones/batería, Japón; Estufa modelo 9140 A - energía eléctrica de 220 V por 50/60 Hz., 140 L, T° máx. 200°C, medidas internas de trabajo 450 x 550 x 550 mm, China. Baño maria modelo YCW-010E, Hungría. Tamizadoras de laboratorio (Retsch) - serie: 411470, número de malla 45 (355 µm diámetro de apertura), motor ¼ HP para 230V/50Hz, Japón; y Agitador magnetico753A serie 0825351 115 V - frecuencia 60 HZ - potencia 900 W - T° max. 300 °C, Reino Unido; Calorímetro SETARAM – Labsys Evo Robot con un acoplamiento TGA; GPS Garmin Etrex 30 portátil (pantalla 2.2", mapa base mundial) de color negro, Estados Unidos; Cronómetro de un celular, marca LG-K10-2017.

3.3.2. Materiales de laboratorio

Matraz erlenmeyer de 50 mL, 250mL, Marca Pyrex; Buretas de 50mL; Pipetas volumétricas de 5mL, 10mL y 50mL, marca Brand; Fiola de 50

mL, 100 mL, 250 mL y 500 mL, marca Brand; Vasos de precipitación de 50 mL, 100 mL y 250 mL, marca Marienfeld y Boeco; Probetas graduadas de 10 mL, 50 mL, 100mL, 250 mL y 500 mL, marca Bomex; Embudos de vidrio, 6 unidades, marca Brand; Desecador tapa botón de vidrio, nuevo modelo 200, marca Simax; Frascos de vidrio de 100gr, marca Dahi; Placas petri – Poliestireno – Transparente, diámetro 55 mm, altura 14 mm, marca Brand; Bagueta de vidrio, 25cm largo por 6 mm. de diámetro, marca Soviquim.

Pinzas metálicas para vasos precipitados, modelo 396.303.04, marca Labscient; Pinzas metálicas para vaso precipitado, modelo 4110, marca Boeco; Teteras de acero inoxidable con pito 2,5 L, 2 unidades modelo Artemisa, marca Doral; Cucharas de plata para catación, espesor 2 mm, ancho 41 mm, profundidad 10 mm; Espátula metálica con mango de madera de 150 mm, marca Kasalab; Tazas de acero inoxidable de 300 mL, 4 unidades, marca Aihogard; Crisol aluminio 75 μ L, 3 unidades. Taza de porcelana ramekin de 5,5 onzas, altura 10,8 cm, marca HIC; Jarras de plásticos capacidad de 2 L, marca Trilla.

Papel filtro whatman con circulo 125 mm de diámetro, grado 42 con filtración de partícula de 2,5 μ m. Sacos de yute para granos de café con capacidad de 5 kg y 500 g. Soportes de madera para embudos, mesa rectangular para catación de café 2 x 1 x 1,5 m; Tamiz para granos de café verde graduado de madera con mallas N° 15 (5,59 mm de diámetro) y plato de madera.

3.3.3. Reactivos

Cloruro sódico (NaCl); Citrato de sodio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$); fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) 1%, alcohol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) al 80%, agua destilada.

3.4. Métodos de análisis

- Evaluación física de granos verde oro – defectos: Método desarrollado por la (SCAA, 2011; SCAN, 2015a)
- Análisis de humedad: Método desarrollado por (ISMAIL *et al.*, 2013).
- Análisis de acidez titulable: Método por (WAMUYU *et al.*, 2017).
- Análisis de sólidos solubles totales: Método 931.04 (AOAC, 2000).
- Evaluación sensorial de café (atributos catación y calidad en taza): Se realizó mediante el protocolo de prueba de taza (SCAA, 2010; SANTOS *et al.*, 2013) del Coffee Quality Institute, utilizando el formulario de catación de la Asociación de Cafés Especiales de América (A-II).
- Analisis de Termogravimetría (TG/DTG): Metodo desarrollado por (MUÑOZ *et al.*, 2018).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Preparación de granos de café pergamino a grano verde oro

De cada muestra se pesó 500 g de café pergamino, los granos fueron trillados con la finalidad de separar la cascarilla (endocarpio y tegumento) para obtener el grano de café verde oro (endosperma), seguidamente se procedió a tamizar utilizando malla N° 15 (5,95 mm de diámetro), a los granos que quedaron en la parte superior se les realizó la evaluación de la calidad física, obteniendo granos defectuosos y no defectuoso de café verde oro (A-III), el último fue utilizado para la evaluación calidad fisicoquímica y sensorial.

3.5.2. Evaluación de la calidad física y fisicoquímica de los granos de café verde oro de diferentes zonas - Leoncio Prado.

3.5.2.1. Calidad física

Los granos de café verde oro retenidos en malla N°15, se extendieron en una mesa plana y limpia y se realizó la clasificación categórica utilizando la tabla de requisitos de la **SCAA (2011)** (A-IV) que nos permite identificar el defecto, realizar el conteo de equivalencia para poder expresar el porcentaje mínimo y máximo por cada muestra que pertenece a la zona; para los defectos primarios se consideran granos (negro, agrio, seco, dañado por hongo, materia extraña y brocado severo) (A-Va) y defectos secundarios granos (negros parcial, agrio parcial, pergamino, flotador, inmaduro, averanado o arrugado, conchas, partido/mordido/cortado, cáscara o pulpa seca y brocado leve) (A-Vb).

3.5.2.2. Calidad fisicoquímica

– **Humedad:** Se pesó 5 g de granos de café verde oro de cada muestra (W_i) en placas de vidrio, fueron secadas por el método de estufa a 105 °C, por 24 horas (por triplicado) y se enfrió hasta temperatura ambiente (25 °C), seguidamente la muestra fue pesada (W_f). El porcentaje de humedad fue calculado por la fórmula.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Dónde: W_i = Peso inicial de la muestra y W_f es el peso final de la muestra.

– **Acidez titulable:** Se pesó y molió 10 g de granos de café verde oro (W), a cada muestra se adicionó 75 mL de alcohol (V1) al 80% dejando en un reposo por 16 h y protegiéndolo de los rayos de la luz, cumplido el tiempo se procedió al filtrado (papel filtro whatman # 42). Del filtrado se tomó 10 mL (V2) titular con solución de hidróxido de sodio valorada, corregida (NaOH 0,1N) y 3 gotas de fenolftaleína como indicador; se tomó el gasto del volumen del hidróxido de sodio (V3) requerido para la neutralización como resultado.

$$\text{Gasto de NaOH(mL)/g} = \frac{V1 \times V3}{V2} / W$$

Dónde: V1=Volumen inicial de la muestra, V2= volumen tomado de la muestra para la titulación, V3= gasto (mL) de la solución de NaOH y W= peso de muestra.

– **Sólidos solubles totales:** Se molió café verde oro para después ser tamizado con malla N° 45 (apertura de 355 µm), pesar 2 g de la muestra (W) y transferir a un erlermenyer de 500 mL se adiciono 200 mL de agua caliente y se dejó hervir por 1 hora en baño maría, luego fue enfriado, filtrado y enrazado a 500 mL en una fiola con agua destilada. Se pesó el crisol vacío (P1), luego se colocó una alícuota de 50 mL de muestra y fue llevado a evaporar el agua en baño maría, finalmente se llevó el crisol a una estufa de aire caliente a 105 °C, por enfriar y pesar el crisol con la muestra (P2), la cantidad de sólidos solubles totales fue expresado en porcentaje.

$$\%SST = \frac{P2 - P1}{W} \times 100$$

Dónde: P₁ = peso del crisol sin muestra (g), P₂ = peso del crisol más la muestra (g) y W = peso de la muestra.

- **Análisis estadístico:** Los resultados de humedad, acidez, titulable y sólidos solubles fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) según **HERNÁNDEZ et al. (2014)**, para ello se utilizó programa de InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

3.5.3. Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

- **Atributo en catación:** La catación se realizó mediante el juicio de cuatro expertos en cata de café con Q-Grade, utilizando el formulario de catación de la Asociación de cafés especiales de América, considerando diez atributos para cada muestra, la calificación fue según la escala de la calidad iniciando con un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos (**SCAA, 2010**), los resultados de la evaluación sensorial se establecieron en base a una escala de dieciséis (16) unidades que representan los niveles de calidad con intervalos de 0,25 (un cuarto de punto) entre los valores numéricos establecidos entre “6” y “9”; para aquellos cafés considerados buenos, el rango estuvo entre 6,00 y 6,75; muy bueno, de 7,00 a 7,75; excelente 8,00 y 8,75 y excepcional, entre 9,00 y 9,75 puntos (**PEREIRA et al., 2017**).

- **Procedimiento de la preparación:** Se tostaron las 18 muestras de granos de café verde oro (malla N° 15 arriba de 5,95 mm de diámetro) por separado. Para cada muestra se pesó 150 g y se depositó en los tambores del tostador, los parámetros fueron 210 °C de 8 a 10 minutos según **SANTOS et al. (2013)**, se descargó de los tambores, se enfrió y se mantuvieron en reposo por

2 h para igualar su temperatura, seguidamente se envasó en bolsas codificadas y se dejó 24 h. Para estandarizar el color de tostado, se siguió la recomendación de **ALESSANDRINI et al. (2008)**, en las muestras se midió el color mediante la escala CIELab, donde L^* define la claridad ($L^* = 34,15 \pm 0,13$), croma en promedio para a^+ 8,65 y b^+ 14,44 calificando que las muestras tuvieron un tostado medio ligero. Para la catación cada muestra tostada se pesó 8,25 g para molerse, las muestras molidas fueron colocadas en tazas de porcelana de 160 mL ($8,25\text{g}/150\text{mL} = 0,055 \text{ g/cm}^3$), codificándose y distribuyéndose en la mesa de cata.

- **Procedimiento de la evaluación organoléptica:** Los catadores evaluaron inicialmente la fragancia y aroma de las muestras en seco, seguidamente se procedió con la infusión con agua a 93 °C a cada taza, esperando de 3 a 5 minutos para que se produzcan las reacciones de los compuestos químicos que se perciben al aspirar en forma de vapor. Luego se hizo la acción de “romper taza” que consiste en remover con una cuchara la “costra” que se forma en la parte superior de la infusión; el catador va removiendo y aspirando, confirmando la fragancia de las muestras que se determinó previamente en seco; después el catador retira las partículas que flotan del café molido con ayuda de dos cucharas de cata, esta acción es denominada “limpiar taza”. Inmediatamente se realiza la cata del café: el catador recoge una porción de la infusión con la cuchara para sorber con fuerza hasta producir el ruido característico con la finalidad que las finas gotitas pueden llegar a toda la cavidad bucal, donde confirma objetivamente el aroma, dulzura, acidez, cuerpo, sabor,

posgusto, balance, taza limpia y apariencia, evaluando cada atributo mediante el puntaje establecido en el formulario de catación.

- **Análisis estadístico:** Con los resultados de cada atributo evaluado se realizó el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (**SCAA, 2010**) y el diseño completo al azar (DCA) **HERNÁNDEZ et al. (2014)**. Análisis de Matriz de correlación entre atributos, análisis de componentes principales (ACP), con el fin de describir la variación principal en los datos sensoriales se realizó un Euclidea (dendograma) (**FRANCO y HIDALGO, 2003**), para ello se utilizó el programa de InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- **Calidad en taza:** La evaluación de la calidad en taza de café, se realizó sumando los puntajes individuales dados a cada uno de los atributos marcadas en las casillas obtenido el “puntaje final”, la calificación se realizó según la escala de catación de **SCAA (2013)** donde: 90 a 100 es excepcional, 85 a 89,99 es excelente, 80 a 84,99 es muy bueno y menor a 80 es muy bueno de no especialidad.

- **Análisis estadístico:** Los resultados fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) **HERNÁNDEZ et al. (2014)** para ello se utilizó el programa de InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

El diseño experimental para la evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de los granos de café verde oro por diferentes zonas – Leoncio Prado se presenta a continuación:

3.5.2. Análisis de termogravimetría (TG/DTG) de granos de café verde oro y tostado

Análisis de termogravimetría (TG/DTG): Las muestras utilizadas para este análisis fueron dos, la primera correspondió a la zona baja 900 a 1200 msnm del caserío Monterrey (ZBM) por tener el menor puntaje en taza y la segunda fue zona alta de 1501 a 1850 msnm del caserío de Rio Azul (ZARA) por tener el mayor puntaje en taza. Para las muestras de granos verde oro (ZBM y ZARA) se pesó 30 g de cada uno, se molió y tamizó en malla N° 45 (apertura de 355 μm), humedad fue (9% ZARA), (7% ZBM) y (4% ZARA-T), para el análisis se pesaron 45,2 mg de ZBM y 45,3 mg de ZARA. Para el café tostado se consideró la muestra de zona alta con mayor puntaje en taza (ZARA-T), la humedad fue 4%, se pesó 45,1 mg. Los parámetros de análisis fueron el rango de temperatura 30-550 $^{\circ}\text{C}$; atmósfera de nitrógeno (30 mL min^{-1}) (presión en 0,96 bar); velocidades de calentamiento de $10 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$; crisol aluminio de capacidad (75 μL). Los análisis fueron determinados en las diferentes etapas de degradación térmica de los granos de café y se expresa en los termogramas de TG y DTG.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación de la calidad física y fisicoquímica de los granos de café verde oro de diferentes zonas - Leoncio Prado.

4.1.1. Calidad física

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de defectos de granos de café verde clasificados según la SCAA considerando dos categorías, defectos primarios que comprende granos (negro, agrio, cereza seca, dañado por hongo, materia extraña y brocado severo) y defectos secundarios granos (negro parcial, agrio parcial, pergamino, flotador, inmaduro, averanado o arrugado, conchas, partido/mordido/cortado, cáscara o pulpa seca y brocado leve). Los defectos fueron considerados para cada zona, expresado como porcentaje mínimo y máximo; el término defecto hace referencia a desviaciones y al producto no conforme, que dañan el aspecto físico de los granos, dan malos y desagradables aromas y sabores en la bebida u ocasionan pérdida de su inocuidad (**PUERTA, 2015**). Por ello son separados los granos defectuosos de los granos sanos. Según los resultados referente a los **granos negros completo (defecto primario) y parcialmente negro (defecto secundario)** la zona baja (900 a 1200 msnm) tuvo el mayor porcentaje de defectos 1,17% (Max.) y 2,059% (Max.) respectivamente, estos granos son producidos por falta de agua durante el desarrollo del fruto, fermentaciones prolongadas, cerezas recogidas del suelo,

secado defectuoso o rehumedecimientos del grano (**FISCHERSWORRING y ROBKAMP, 2001**). Según los resultados se supera a lo reportado por **GAMBOA et al. (2015)** obtuvo el 1% de granos negros y **MARÍN et al. (2003a)** menciona que el aumento de granos negros provoca la disminución de la acidez, la calidad física y organoléptica del café. **PUERTA-QUINTERO (2001)** y **ROJO (2014)** recomiendan recolectar únicamente los frutos maduros, no inmaduros, ni sobre maduros tampoco realizar las mezclas.

Para los **granos agrio completo (defecto primario) y agrio parcial (defecto secundario)** el mayor porcentaje correspondió a la zona baja (900 a 1200 msnm) con 1,725% de defectos en la categoría primaria y 0,806% en categoría secundaria, estos granos se forman por el tiempo prolongado de fermentación, mal secado, malas prácticas de beneficios del café y de esta forma se van desarrollando aromas desagradables, acidez (acético, propiónico y butírico) y sabor agrio con características a cebolla (**PUERTA, 2015**). También estos granos pueden generarse por las malas prácticas durante las etapas del beneficio como (recolección, demora en el inicio del proceso de beneficio de más de 6 horas, sobrefermentación) (**PUERTA-QUINTERO, 2001**). La mezcla de cafés de diferentes días de cosechas y despulpado, guardadas en el tanque de fermentación se deterioran más rápido, presentando el defecto a fermento y grano agrio (**PUERTA-QUINTERO, 2001**). La categoría primaria afecta el aspecto físico y la calidad de taza en cambio la categoría secundaria solo afecta el aspecto físico (**SCAN, 2015a**).

Granos dañados por hongos: son causados principalmente por hongos del género *Aspergillus Penicilium* y *Fusarium* que infectan al grano de

café en cualquier etapa del proceso desde la recolección hasta el almacenamiento (SCAA, 2011) y grano de café el cual presenta zonas mohosas o evidencias de ataque fungoso, visibles a simple vista (RIVERA, 2016). Según los resultados el máximo defectos fue para la zona baja (900 a 1200 msnm) con 0,159%. GÓMEZ (2008) obtuvo en muestras de Guatemala un 0,1% y PUERTA (2015) menciona que los retrasos de secado de cafés conducen a la decoloración y al enmohecimiento de los granos y a la presencia de sabores como sucio, fenol, terroso y mohoso en la bebida. LOPEZ *et al.* (2009) mencionan que cuando no se puede iniciar inmediatamente el secado, poner el café lavado en tanques con agua para evitar sobre fermentación y cambiar el agua cada 6 horas.

Granos brocado severo y leve: este defecto deteriora la calidad física del grano, apariencia, color y la calidad organoléptica de la bebida (PUERTA-QUINTERO, 2001). Según los resultados obtenidos el mayor porcentaje correspondió a la zona alta (1501 a 1850 msnm) con un máximo de 0,341% en categoría primaria y 1,281% de categoría secundaria. Al respecto, GÓMEZ (2008) obtuvo 1,3% en Guatemala, ALARCÓN (2016) menciona que el grano brocado se produce por el insecto de la broca (*Hyphotenemus hampei*) y PUERTA-QUINTERO (2001) indica que los granos perforados por broca se fermentan más rápidamente debido al daño físico.

Grano partido/cortado/mordido: esto puede suceder por falta de ajuste en la máquina de despulpado y recolección de cerezas verdes (BARRERO y DIAZ, 2016). De los resultados obtenidos en el café de zona baja (900 a 1200 msnm) se encontró 3,196% como máximo, lo cual está por debajo

de lo reportados por **ZAMBRANO (2014)** obteniendo el 5,39% de granos particos/cortados/mordidos y **GÓMEZ (2008)** menciona que este defecto procede por una trilla inadecuada y las magulladuras ocurren por el alto contenido de humedad.

Cuadro 5. Categoría primario y secundario de granos de cafés defectuosos

Defectos (%)	Zona Baja		Zona Media		Zona Alta		
	900-1200 msnm		1201-1500 msnm		1501-1850 msnm		
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max.	
Categoría primarios	Negro completo	0,017	1,170	0,000	0,073	0,000	0,162
	Agrio completo	0,000	1,725	0,000	0,052	0,000	0,255
	Cerezo seco	0,000	0,113	0,000	0,046	0,000	0,037
	Dañado por hogo	0,000	0,159	0,000	0,076	0,000	0,051
	Brocado severo	0,025	0,111	0,000	0,205	0,000	0,341
	Materia extraña	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Categoría secundarios	Negro parcial	0,000	2,059	0,000	0,272	0,00	0,390
	Agrio parcial	0,000	0,806	0,000	0,411	0,025	0,566
	Pergamino	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Flotadores	0,000	0,695	0,000	0,148	0,000	2,193
	Inmaduros	0,153	1,209	0,102	0,572	0,000	1,483
	Averanado	0,000	0,648	0,000	0,024	0,057	1,212
	Conchas	0,086	0,583	0,041	0,292	0,141	0,665
	Partido/M./C.	1,036	3,196	0,129	1,831	0,672	2,420
	Pulpa seca	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Brocado Leve	0,000	0,530	0,049	0,549	0,160	1,281

Los datos del experimento (n=6)

Granos inmaduros: con frecuencia presentan una superficie rugosa **RIVERA (2016)**. En los resultados se obtuvo 1,483% de granos inmaduros en la zona alta

(1501 a 1850 msnm) siendo menor a lo reportado por **ZAMBRANO (2014)** que obtuvo 1,570% de granos inmaduros. **SILVIA et al. (2014)** menciona que los frutos verdes o inmaduros dan bebidas con gusto a crudo o hierba verde y **GÓMEZ (2008)** indica que las bebidas tienen sabor áspero y amargo.

4.1.2. Calidad fisicoquímica

Humedad

En el Cuadro 6 y Figura 4 se presenta los resultados del contenido de humedad en granos de café verde oro de diferentes zonas- Leoncio Prado, realizando el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa (A-VIa y A-VIb), el contenido de humedad entre las tres zonas vario entre $11,09 \pm 0,16$ a $11,49 \pm 0,08\%$, estos valores se encuentran dentro de lo recomendado por **IACCHERI et al. (2015)** quienes indican que el contenido de humedad de granos verdes de alta calidad debe estar entre 8,5 a 13%. **KIPKORIR et al. (2015)** en muestras de grano verde del país de Kenia, estaba dentro de los niveles recomendados de 10% - 12%. Así mismo, **HENAO (2015)** indica que la humedad entre 10 - 12% permite mantener la estabilidad química, microbiológica y la calidad sensorial del café.

Del mismo Cuadro 6 y Figura 4 podemos apreciar que en ninguna zona se superó el 12% de humedad en los granos verdes de café, esto indica que prevalece la calidad con respecto a la humedad, tal como lo indica **KIPKORIR et al. (2015)** el nivel del contenido de humedad es importante para la preservación de la calidad del café, porque los niveles de humedad superior

al 12% favorecerán el crecimiento de mohos y causan olores desagradables que afectan a las cualidades gustativas de café.

Cuadro 6. Humedad en granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Zonas	Caseríos	Código	H° (%)	Humedad (%)
Baja (900–1200) msnm	Tahuantinsuyo	ZBT	11,40±0,04 ^b	11,22±0,13 ^a
	Flor de Belén	ZBFB	11,67±0,01 ^a	
	San Antonio de P.	ZBSA	11,19±0,05 ^b	
	Monterrey	ZBM	10,15±0,08 ^c	
	Juan Velásquez A.	ZBVA	11,25±0,05 ^b	
	San Pedro de H.	ZBPH	11,67±0,01 ^a	
Media (1201–1500) msnm	Tres de Octubre	ZMTO	11,36±0,01 ^b	11,49±0,08 ^a
	Manuel Mesones M.	ZMMM	10,92±0,12 ^c	
	Hermilio Valdizán	ZMHV	11,82±0,09 ^a	
	José María U.	ZMU	11,59±0,08 ^{ba}	
	San Isidro	ZMSI	11,38±0,11 ^b	
	Puente Piedra	ZMPP	11,86±0,01 ^a	
Alta (1501–1850) msnm	San Agustín	ZASA	11,79±0,03 ^b	11,09±0,16 ^a
	Las Palmeras	ZALP	12,13±0,01 ^a	
	Rio Azul	ZARA	10,85±0,01 ^c	
	Puerto Ilegre	ZAPA	10,50±0,04 ^d	
	Felipe Pinglo Alva	ZAFP	10,35±0,06 ^d	
	Once de Octubre	ZAOO	10,92±0,03 ^c	

H°: Humedad. Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

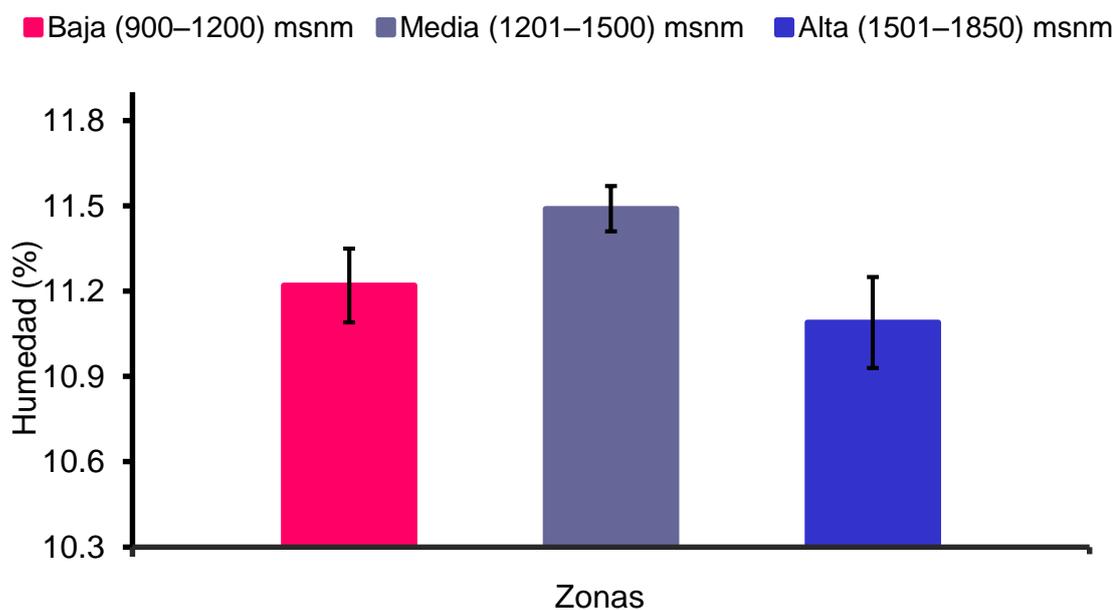


Figura 4. Humedad de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.

GIRALDO-QUINTERO et al. (2017) mencionan que los principales problemas asociados al proceso de comercialización de granos de café verde están relacionados con el exceso de humedad. El menor contenido de humedad fue 10,15% que se encuentra en el rango sugerido por **CAPORASO et al. (2018)** el contenido promedio de humedad para los granos de café verde natural fue 10,8%, valores menores de humedad comienza la cristalización de la almendra y su desnaturalización (**PATIÑO-VELASCO et al., 2016**).

Acidez titulable

La acidez titulable es un parámetro importante que influyen en la calidad de la bebida de café y considerado como un análisis auxiliar para evaluar la calidad del café. Realizando el análisis de los resultados Cuadro 7 y Figura 5,

referidos a la acidez titulable en granos verde oro de café de diferentes zonas se encontró diferencia estadística significativa (A-VIIa y A-VIIb), según la comparación de las medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor contenido de acidez lo presentó la zona baja (900 a 1200 msnm) con un valor de $1,28 \pm 0,03$ mL NaOH 0,1N /g, el valor encontrado fue inferior a lo reportado **PARRA (2017)** quien indica una acidez titulable de $1,90 \pm 0,01$ mL de NaOH 0,1N/g en granos de café (*Coffea arabica* L.) verde oro que se encuentra en San Miguel región Huánuco - Perú . Este mayor contenido de acidez encontrado entre las tres zonas puede ser justificado por **KIPKORIR et al. (2015)** quienes indican que el mayor contenido de acidez puede asociarse a cafés de baja calidad, posiblemente debido a la fermentación del grano, los granos inmaduros, granos negros, que a su vez, disminuyen la calidad de taza. Café de baja calidad se asocia con un alto contenido de acidez, debido principalmente a la fermentación del grano (**FRANCA et al., 2005**).

El menor contenido de acidez titulable se encontró en la zona alta (1500-1800 msnm) $1,14 \pm 0,02$ mL de NaOH 0,1N /g, este valor concuerda con lo reportado por **SILVA et al. (2009)**, en cafés del Norte de Minas con 1,20 mL de NaOH /g considerando que estos cafés fueron encuadrados como cafés de calidad superior, de (dura para blando) o (fuerte para suave). **ZANI (2015)** en granos de café (*Coffea arabica* L.) verde oro - Brasil, reporta acidez titulable de $0,99 \pm 4,66$ mL de NaOH 0,1N/g Mole (tiene un gusto agradable y suave en bebida); los cafés de baja acidez dan bebidas fuertes. En general, se acepta que la alta altitud mejora la calidad del café (**JOET et al., 2010**). El café arábigo peruano que se cultiva entre 1200 y 1800 msnm (Cordillera de los Andes), entre

22 - 25 °C, permite obtener un café de calidad (**JIMÉNEZ-TORRES y MASSA-SÁNCHEZ, 2015**).

Cuadro 7. Acidez titulable en granos de café verde oro de diferentes zonas –
Leoncio Prado

Zonas	Caseríos	Código	Acidez Titulable	Acidez titulable (mL NaOH 0,1N/g)
Baja (900–1200) msnm	Tahuantinsuyo	ZBT	1,27±0,00 ^b	1,28±0,03 ^a
	Flor de Belén	ZBFB	1,22±0,02 ^{cb}	
	San Antonio de P.	ZBSA	1,27±0,00 ^b	
	Monterrey	ZBM	1,52±0,02 ^a	
	Juan Velásquez A.	ZBVA	1,22±0,02 ^{cb}	
	San Pedro de H.	ZBPH	1,19±0,00 ^c	
Media (1201–1500) msnm	Tres de Octubre	ZMTO	1,26±0,00 ^b	1,24±0,04 ^{ab}
	Manuel Mesones M.	ZMMM	1,10±0,02 ^c	
	Hermilio Valdizán	ZMHV	1,10±0,02 ^c	
	José María U.	ZMU	1,12±0,00 ^c	
	San Isidro	ZMSI	1,36±0,02 ^b	
	Puente Piedra	ZMPP	1,51±0,02 ^a	
Alta (1501–1850) msnm	San Agustín	ZASA	1,07±0,02 ^b	1,14±0,02 ^b
	Las Palmeras	ZALP	1,22±0,02 ^a	
	Rio Azul	ZARA	1,05±0,00 ^b	
	Puerto legre	ZAPA	1,10±0,02 ^b	
	Felipe Pinglo Alva	ZAFP	1,10±0,02 ^b	
	Once de Octubre	ZAOO	1,32±0,02 ^a	

Los valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3)valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

■ Baja (900–1200) msnm ■ Media (1201–1500) msnm ■ Alta (1501–1850) msnm

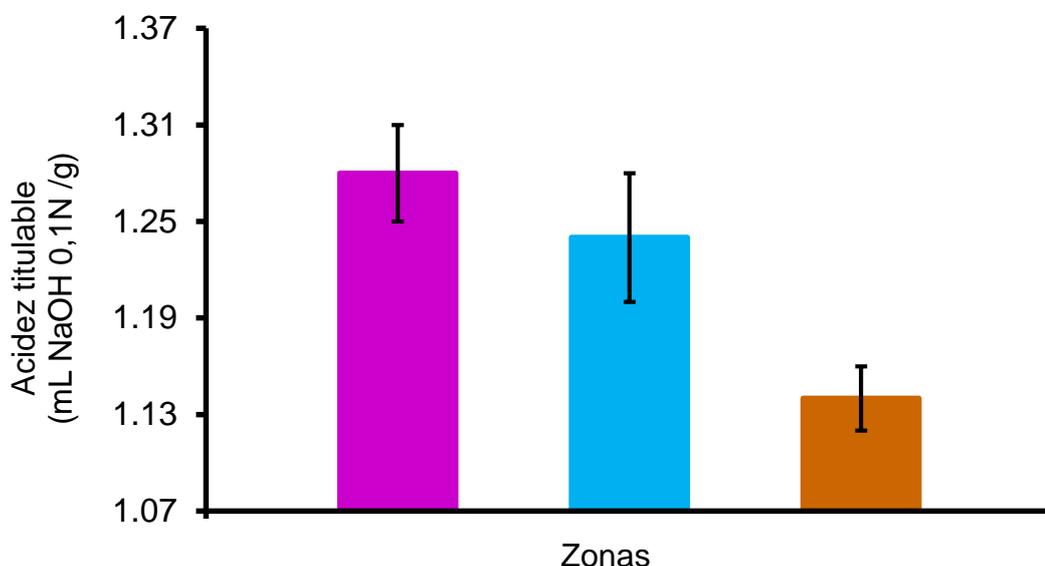


Figura 5. Acidez titulable de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.

De las tres zonas comprendidas en una altitud entre 900 a 1800 msnm el contenido de acidez titulable vario entre $1,28 \pm 0,03$ a $1,14 \pm 0,02$ mL NaOH 0,1N /g, el rango encontrado fue inferior a lo reportado por **TAWFIK y EL BADER (2005)** indican una acidez titulable de 1,32 a 1,60 mL de NaOH 0,1N /g en granos de café (*coffea arabica*) de calidad comercial. **PEISINO et al. (2015)** acidez titulable de granos de café verde oro – Brasil, cafés especiales en las altitudes de 804,06 msnm 2,11 de mL de NaOH 0,1N/g y para 1094,54 msnm 1,85 de mL de NaOH 0,1N/g. El valor de acidez titulable se relaciona con la concentración total de ácidos en la muestra y es inversamente proporcional a la calidad del café (**FERNANDES et al., 2014**). La acidez titulable en granos de café verde puede variar de acuerdo con los niveles de fermentaciones, diferentes estadios de maduración, (**PEISINO et al., 2015**). Un adecuado beneficio asegura

la calidad del grano, (**PATIÑO-VELASCO et al., 2016**). El estado nutricional de las plantas de café afecta la calidad de la bebida (**MARTINEZ et al., 2018**).

Solidos solubles totales

El contenido de solidos solubles está asociado al rendimiento industrial y la calidad de la bebida. En el Cuadro 8 y Figura 6 se presenta los resultados de los sólidos solubles presentes en el grano verde oro, realizando el análisis estadístico se encontró diferencia significativa entre zonas (A-VIIIa y A-VIIIb), según la prueba de Tukey podemos apreciar que la mayor cantidad lo presentó la zona baja (900 - 1200 msnm) $29,75 \pm 1,09\%$, este valor se encuentra por debajo de lo reportado por **BICHO et al. (2013)** obtuvo $33,32 \pm 0,07\%$ de solidos solubles en granos de café verde oro, *C. arabica* L. (Brasil). **GABRIEL et al. (2013)** obtuvo solidos solubles en la muestra BC 31,50% y en EN 33,00% de procesados por vía húmeda. **MENDONÇA et al. (2005)** obtuvo solidos solubles de café Arábica (vía húmeda) en la variedad Ribi de 31,16% - Brasil. **RAMALAKSHMI et al., (2007)** en granos de café Arábica por procesamiento húmedo y mezcla de variedades se obtuvo $31,13 \pm 1,42\%$ de solidos solubles. **SANTOS et al. (2009)** en granos crudos de café Arábica del cultivar Mundo Nuevo, Santa Rita en el Municipio de Piumhi- MG, altitud baja de 750 msnm, vía húmeda, obtuvo resultados de 29,68% de solidos solubles. Valores altos de solidos solubles son importantes para la industrialización del café tal como lo indica **MACEDO et al. (2017)** para asegurar el cuerpo de la bebida, es deseable que el café Arábica presente un mayor contenido de sólidos solubles totales, esta característica es esencial para la industria de café soluble. El contenido de

sólidos solubles totales proporciona la dulzura del café y es un atributo importante para determinar su sabor (SILVA *et al.*, 2014).

Cuadro 8. Sólidos solubles totales en granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Zonas	Caseríos	Código	Sólidos solubles (%)	Sólidos solubles totales (%)
Baja (900–1200) msnm	Tahuantinsuyo	ZBT	36,55±0,19 ^a	29,75±1,09 ^a
	Flor de Belén	ZBFB	29,57±0,14 ^d	
	San Antonio de P.	ZBSA	26,53±0,15 ^e	
	Monterrey	ZBM	31,27±0,07 ^c	
	Juan Velásquez A.	ZBVA	22,20±0,04 ^f	
	San Pedro de H.	ZBPH	32,37±0,14 ^b	
Media (1201–1500) msnm	Tres de Octubre	ZMTO	29,75±0,22 ^b	25,82±0,95 ^b
	Manuel Mesones M.	ZMMM	24,72±0,04 ^d	
	Hermilio Valdizán	ZMHV	27,61±0,08 ^c	
	José María U.	ZMU	30,80±0,02 ^a	
	San Isidro	ZMSI	20,48±0,26 ^f	
	Puente Piedra	ZMPP	21,56±0,08 ^e	
Alta (1501–1850) msnm	San Agustín	ZASA	29,40±0,08 ^c	26,15±1,07 ^b
	Las Palmeras	ZALP	20,38±0,02 ^f	
	Rio Azul	ZARA	30,33±0,05 ^b	
	Puerto legre	ZAPA	31,41±0,12 ^a	
	Felipe Pinglo Alva	ZAFP	21,19±0,04 ^e	
	Once de Octubre	ZAOO	24,20±0,04 ^d	

Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

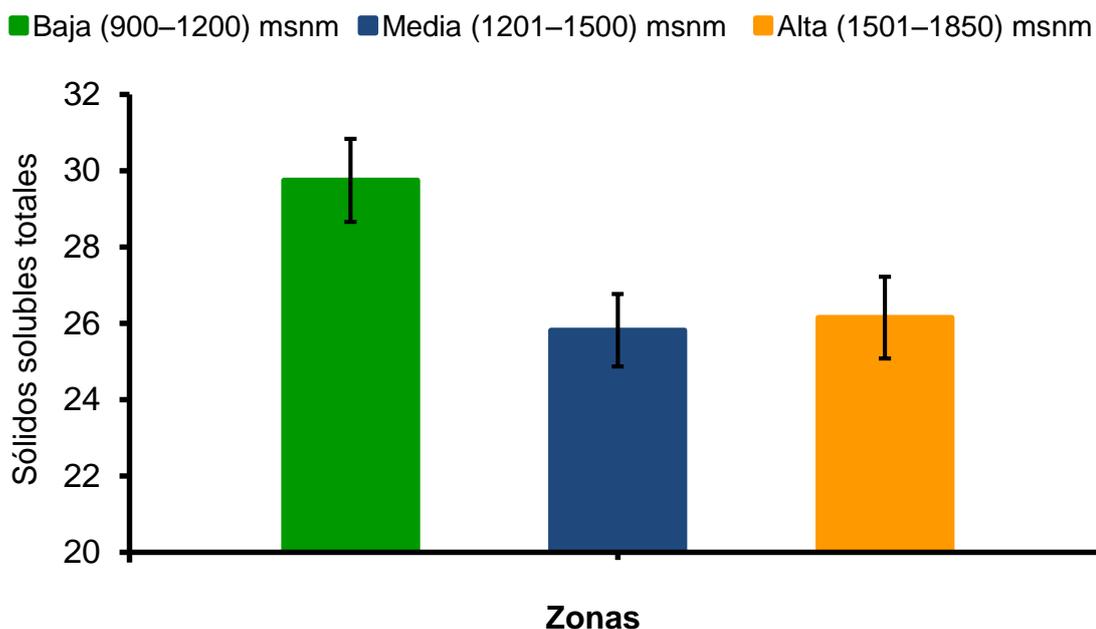


Figura 6. Sólidos solubles totales de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Entre la zona media (900 msnm) y alta (1850 msnm) no se encontró diferencia estadística y el contenido de sólidos totales varió entre $25,82 \pm 0,95\%$ a $26,15 \pm 1,07\%$. Los resultados obtenidos fueron muy similares a lo reportado por **TRUJILLO (2010)** reporta en granos de café verde oro (*Coffea arabica* L.) los sólidos solubles en variedades Catimor, Bourbon, Caturra, Typica y Pachi varió entre $23,41 \pm 0,76\%$ a $26,96 \pm 1,20\%$, en una altitud de 1213 msnm, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco – Perú. Así mismo **PARRA (2017)** obtuvo $26,20 \pm 0,12\%$ de sólidos solubles en cafés arábicas en granos verde de 1798 msnm de altura.

Por otro lado, el contenido de sólidos solubles en granos de café verde oro de diferentes zonas comprendidas entre 900 a 1850 msnm varió entre $25,82 \pm 0,95$ a $29,75 \pm 1,09\%$, según los resultados encontrados podemos indicar

que estamos dentro del rango citado por **GABRIEL et al. (2013)** quien menciona que los sólidos solubles se encuentran entre 24 a 31%. **SILVA et al. (2014)** indica un contenido de sólidos solubles totales en café Arábica en grano verde oro entre 10 al 37,5%. La importancia de los sólidos solubles totales radica en lo indicado por **MEDINA-ALMEIDA y RIAÑO-LUNA (2006)**, quienes reportan que uno de los factores de apreciar en la determinación de la calidad del café es la concentración de sólidos solubles en la bebida, los cuales contribuyen significativamente al sabor. Así mismo, **SILVA et al. (2016)** cita que los sólidos solubles totales es un atributo que representa la concentración de azúcar en el café, y otros compuestos también pueden estar presentes en pequeñas cantidades: ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos y ciertas pectinas fenólicas.

4.2. Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

4.2.1. Atributos en catación

En el Cuadro 9 y Figura 7, se muestran el perfil sensorial de las muestras de café de diferentes zonas, los resultados de cada atributo evaluado con el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (A-IXa y A-IXb), muestra gráficamente el perfil sensorial de cada muestra de café, el punto cero es el centro de la escala descriptora, la intensidad va en aumento hacia los extremos de la figura. Para cada muestra el valor medio de cada descriptor es marcado en el eje correspondiente y el perfil sensorial se dibujan mediante la conexión de dichos puntos, con respecto al **atributo fragancia/aroma**, como se sabe el

aroma es percibido por vía retronasal después de la ingestión, debido a la estimulación del sentido del olfato a través de la liberación de compuestos volátiles y la fragancia, es el olor del café cuando todavía está seco (**VILCA, 2014; ESTRELLA, 2015**). Según los resultados no se encontró diferencia estadística significativa (A-IXc) entre las zonas, el puntaje estuvo comprendido entre $7,18 \pm 0,05$ a $7,65 \pm 0,05$ teniendo un calificativo “muy bueno”, los resultados se encuentran dentro de los reportes de **DUICELA et al. (2017)** quienes indican en fragancia/aroma la calificación más baja de 7,25 (Variedad Caturra), (vía húmeda) y la más alta 8,25 (variedad Típica), **MARTÍNEZ et al. (2017)** obtuvo un aroma de 7,67 (escala 0 a 10) en Café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra, 1480 msnm. **QUILIGUANGO (2013)** en café Arábica (vía húmeda), comercial en el Paraíso – Ecuador, 1716 msnm, obtuvo 7,67 en aroma (escala 0 a 10). **VILCA, 2014**) en café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra (Puno-Perú), en altura 1688 msnm fue 7,56 y en altura 1524 msnm fue 7,31 puntos.

Cabe indicar que los granos evaluados son comerciales, sin embargo, tuvieron un calificativo alto, esto indica que son granos de buena calidad y de altura, también pueden haber influenciado la fermentación y el tostado, tal como lo indica **POLTRONIERI Y ROSSI (2016)** el aroma de café se determina por el proceso de fermentación durante el procesamiento del café. La formación de aroma de café se produce predominantemente durante el tostado a través de una serie compleja de reacciones de Maillard, la caramelización y otras reacciones térmicas (**LEE et al., 2015**).

El **atributo sabor** en la bebida de café es el parámetro importante de calidad y una motivación para el consumidor (**ODENY et al., 2015**), según los

resultados podemos apreciar que existe diferencia estadística significativa (A-IXd) entre las zonas, realizando la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor puntaje correspondió a la zona alta (1501 - 1850 msnm) $7,72 \pm 0,03$ con un calificativo de “muy bueno”, este resultado fue similar a lo reportado por **KATHURIMA et al. (2009)** en (*Coffea arabica* L.) comerciales (procesamiento húmedo) a una altitud de 1620 msnm, en la muestra KE-C07 obtuvo un puntaje de 7,65 puntos para el sabor. Así mismo **PARRA (2017)** indica un puntaje para el sabor de $7,3 \pm 0,3$ en café (*Coffea arabica* L.) del centro poblado de Tupac Amarú-San Miguel región Huánuco – Perú. Así mismo, los cafés tienen un sabor superior en áreas de mayor altitud, los árboles de café tardan más en completar su ciclo de maduración (**DE SOUZA et al., 2016**). Como se sabe, el sabor del café de buena calidad se ha descrito como una sensación agradable, una combinación equilibrada de sabor, cuerpo y aroma en ausencia de defectos (**SUNARHARUM et al., 2014**). El menor puntaje correspondió a la zona baja (900–1200 msnm) $6,98 \pm 0,10$ con un calificativo “entre bueno y muy bueno”, el valor reportado está por debajo de lo indicado por **RIBEIRO et al. (2017)** en *C. arabica* L., entre 970 a 1200 msnm obtuvo en sabor $7,04 \pm 0,33$; pero superior a lo citado por **DE SOUZA et al. (2016)** en café arábica, variedad Catuaí (amarillo y rojo), obtuvo sabor de 5,58 a 6,03 puntos en altitud (700 a 950 msnm). Esta disminución en el puntaje puede aducirse a la presencia de sabores desagradables y mal gusto debido a la presencia de granos inmaduros durante la cosecha (**PUERTA-QUINTERO, 2016**). **ALARCÓN (2016)** menciona que problemas en el beneficio producen sabores ácidos desagradables (vinagre y fermento) y disminuyen la calidad de la bebida.

El rango del puntaje referente al atributo sabor estuvo entre $6,98 \pm 0,10$ a $7,72 \pm 0,03$, este calificativo permite indicar que el sabor es bueno para todos los cafés evaluados, debido que un café de calidad debe superar los 7 puntos, **KIPKORIR et al. (2015)** en café arábica, vía húmeda, obtuvo como resultado en sabor 7,6 puntos. **REYES et al. (2016)** en café (*Coffea arabica* L.), variedad Colombia BC obtuvo en sabor 7,90 puntos (Texcoco, México). Por otro lado, cabe resaltar que, el sabor es la impresión combinada de cuatro factores básicos: dulce, salado, ácido y amargo de las características del café, se perciben por el gusto y el olfato (**ALARCÓN, 2016**). El sabor y las cualidades sensoriales distintivas del café varían enormemente en todo el mundo debido a influencias genéticas, ubicación geográfica, climas únicos, diferentes prácticas agrícolas y variaciones (**SUNARHARUM et al., 2014**)

En los atributos de **posgusto y acidez** en la bebida de café de diferentes zonas (altitud de 900 a 1850 msnm) no se encontró diferencia estadística significativa (A-IXe y A-IXf). El posgusto o perfil aromático, es la permanencia de las cualidades positivas del sabor (gusto y aroma) que emanan del fondo del paladar (**VILCA, 2014**). Según los resultados en la bebida de café el puntaje vario entre $6,98 \pm 0,12$ a $7,63 \pm 0,06$, con un calificativo “bueno a muy bueno”, el valor encontrado se encuentra dentro del rango citado por **ABDULMAJID (2015)** a 1620 msnm, variedades comerciales de café arábica, obtuvo un posgusto de 6,88 a 7,96 puntos. Para **CRUZ et al. (2017)** el puntaje en el posgusto estuvo comprendido entre $7,5 \pm 0,50$ puntos en 1600 msnm y $7,3 \pm 0,35$ a 1400 msnm en (*Coffea arabica*) variedad Caturra, Colombia. Así mismo, el café Arábica, en distintas variedades tuvo un posgusto de 6,40 a 7,90

puntos (**REYES et al., 2016**). La calidad final del café es el resultado de varios factores, en gran parte asociados a las condiciones agroecológicas y decisiones del productor (cultivar plantado, sistema de cultivo adoptado, tipo de la cosecha y pos cosecha) (**PEISINO et al., 2015**).

Con respecto a la acidez este vario entre $7,15\pm 0,12$ a $7,64\pm 0,04$ obteniéndose una calificación de “muy bueno”, cabe indicar que la acidez es una medida de la intensidad de la sensación ácida de la bebida (**RODRÍGUEZ et al., 2014**). La puntuación de acidez debe oscilar entre 6 - 7, este atributo se asocia con la dulzura percibida; sin embargo, si es demasiado alto puede clasificar al café como de mala calidad (**FERNANDES et al., 2014**).

También, la acidez titulable tiene una relación inversa con la calidad de la bebida de café y cabe destacar niveles bajos de acidez son característicos de los cafés especiales (**MARTINEZ et al., 2018**). Según los resultados el puntaje se encuentra dentro del rango citado por **REYES et al. (2016)** en café arábica, de distintas variedades la acidez estuvo entre 6,80 a 8,25 puntos, Texcoco - México. Como se sabe una acidez deseable se da cuando existe una adecuada práctica de cosecha y beneficio del café (**NATIVIDAD, 2011**). **PUERTA-QUINTERO (2000)** obtienen menor puntaje para la acidez de la bebida 6 y 7 puntos, a altitud 1400 msnm en beneficio húmedo.

Según los resultados de la evaluación sensorial con respecto al **atributo cuerpo** no se encontró diferencia estadística significativa (A-IXg) entre las diferentes zonas comprendidas entre 900 a 1850 msnm. Como se sabe, la calidad del cuerpo se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente aquella percibida entre la lengua **VILCA (2014)**, y **WEI et al.,**

(2014) menciona que los lípidos ayudan a formar emulsión y se relaciona con la formación del cuerpo de café. Según los resultados existe diferencia numérica siendo el menor puntaje $7,06 \pm 0,11$ (900–1200 msnm) y el mayor $7,52 \pm 0,07$ (1501–1850 msnm), este puntaje permite una calificación de la bebida como “muy bueno”.

Esta calificación puede deberse a lo reportado por **DUICELA et al. (2016)** y **FERNANDES et al. (2014)** indican que el cuerpo identifica el contenido de sólidos solubles en la bebida, a mayor cuerpo mayor presencia de sólidos solubles. Una mayor cantidad de sólidos solubles es deseada, tanto por el rendimiento industrial, como por su contribución del cuerpo de la bebida (**MENDONÇA et al., 2005**). El valor encontrado se está dentro de los reportes de (**REYES et al., 2016**) Café arábica, en variedades distintas un cuerpo de 7,35 a 8,20 puntos. **CRUZ et al., (2017)** obtuvo en cuerpo 7,5 en (1300 a 1400 msnm); $7,4 \pm 0,51$ en (1400 a 1600 msnm) y $7,6 \pm 0,17$ puntos en (1600 a 1800 msnm) en (*Coffea arabica* var. Caturra) de cafetales comerciales – Colombia.

Según los resultados el atributo de **uniformidad, taza limpia y dulzura** lograron el máximo puntaje 10 para todas las zonas que son calificados como “excelente”, estos resultados concuerdan al estudio reportado por **KIPKORIR et al. (2015)** para la Variedad SL18 (Arábico) despulpado húmedo en los atributos de taza limpia, uniformidad y dulzor fue calificado 10 puntos.

Cuadro 9. Resultados de la calidad sensorial de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Atributos	Zonas		
	Baja (900–1200 msnm)	Media (1201–1500 msnm)	Alta (1501–1850 msnm)
Fragancia/Aroma	7,18±0,05 ^a	7,49±0,22 ^a	7,65±0,05 ^a
Sabor	6,98±0,10 ^b	7,44±0,27 ^{ab}	7,72±0,03 ^a
Posgusto	6,98±0,12 ^a	7,22±0,29 ^a	7,63±0,06 ^a
Acidez	7,15±0,12 ^a	7,27±0,23 ^a	7,64±0,04 ^a
Cuerpo	7,06±0,11 ^a	7,19±0,19 ^a	7,52±0,07 ^a
Uniformidad	10,00	10,00	10,00
Balance	6,87±0,12 ^b	7,34±0,27 ^{ab}	7,59±0,03 ^a
Taza limpia	10,00	10,00	10,00
Dulzura	10,00	10,00	10,00

Los datos representan (promedio± error estándar media) del experimento (n=6) valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

— ZB (900-1200) msnm — ZM (1201-1500) msnm — ZA (1501-1850) msnm

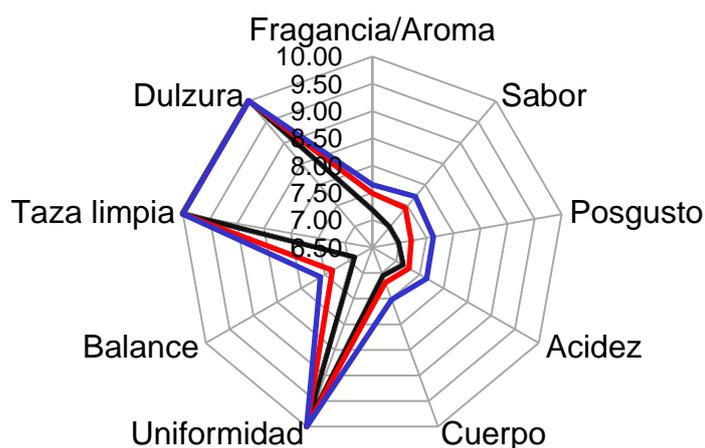


Figura 7. Representación de los atributos de evaluación en catación de cafés de diferentes zonas (900 - 1850 msnm) – Leoncio Prado.

GONZALES (2017) obtuvo en uniformidad, taza limpia y dulzura de 10 puntos, altitud de 1526 a 1745 msnm, vía húmeda, Perú. En café arábica, en atributo uniformidad, taza limpia y dulzor obtuvo 10 puntos, en café de una altura entre 1200 a 2000 msnm, San José - Costa Rica (**ALFARO, 2015**).

Cabe mencionar que la uniformidad se refiere a la consistencia del sabor de diferentes tazas de la muestra (**ALFARO, 2015**). **ESTRELLA (2015)** en la uniformidad obtienen calificaciones de 10 puntos. El término de taza limpia se utiliza como un atributo de calidad relacionado con la ausencia de defectos, que se asocian con las preferencias del consumidor (**GIACALONE et al., 2019**). La taza limpia se refiere a la ausencia de contaminación con olores o sabores extraños (**DUICELA et al., 2016**). Este atributo se puede afectar cuando la fermentación se realiza por tiempos prolongados (**PEÑA et al., 2013**). Según los resultados obtenidos en taza limpia es similar a lo reportado por **PARRA (2017)** para taza limpia 10 puntos en café (*Coffea arabica* L.) del centro poblado de Tupac Amarú - San Miguel región Huánuco – Perú, a una altitud de 1798 msnm. Pero superior a lo indicado por **REYES et al. (2016)** Café arábica, en variedades distintas una taza limpia de 7,20 a 9,30 puntos, México-Texcoco. El dulzor hace referencia a un sabor agradable, el cual es resultado de la presencia de carbohidratos. Lo contrario sería un sabor agrio, astringencia o sabores “verdes” (**ALFARO, 2015**). Los cafés producidos en mayor altitud tienen mayor dulzura, pero no influyó la altitud en su investigación (**DE SOUZA et al., 2016**).

Según los resultados el **balance** es la manera en que todos los atributos de la muestra como el sabor, posgusto, acidez y cuerpo, trabajan en conjunto y se complementan o contrastan entre ellos (**VILCA, 2014**). Según los

resultados se encontró diferencia estadística significativa (A-IXh), comparando los promedios el mayor puntaje fue $7,59\pm 0,03$ para la zona alta (1501–1850 msnm), cabe indicar que los atributos sabor, posgusto, acidez y cuerpo en las muestras de zona alta lograron el mayor puntaje, como se sabe el balance es un indicativo de la interacción y complementariedad entre sabor, sabor residual, acidez y cuerpo (**DUICELA et al., 2016**). Según los puntajes reportados concuerdan con lo citado por **REYES et al. (2016)** en café arábica, en variedades distintas tuvo un balance de 7,00 a 7,95 puntos. **QUILIGUANGO (2013)** en café arábica, vía húmeda, alcanzó puntajes de 7,50 a 7,83 puntos, entre 1362 a 1716 msnm Quito – Ecuador.

El menor puntaje fue para zona baja (900–1200 msnm) $6,87\pm 0,12$, Analizando los resultados cabe aclarar que la muestra de zona baja tuvo el menor calificativo en el sabor, lo que posiblemente haya afectado al balance, tal como lo explica **ALFARO (2015)** el balance considera al sabor, acidez y cuerpo como atributos que se complementan y trabajan juntos, si uno de los atributos no destaca el puntaje se reducirá.

4.2.1.1. Correlación entre los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

Analizando el Cuadro 10 (A-X), referente a la matriz de correlación entre atributos en las bebidas de café de diferentes zonas, se puede apreciar que la fragancia/aroma tuvo una correlación directa (0,91) con el sabor, este resultado fue similar con lo reportado por **ABDULMAJID (2015)** correlación entre fragancia con sabor fue 0,92, así mismo el valor encontrado fue superior a lo

reportado por **DUICELA et al. (2017)** correlación 0,63. La correlación directa entre estos dos atributos puede deberse a lo indicado por **NIEBER (2017)** quien cita que el café es una mezcla compleja de compuestos volátiles, resaltando el sabor y aroma. El grano de café después del tostado, producen compuestos que le dan aroma y sabor (**CLEMENTE et al., 2015; MARTINEZ et al., 2018**).

El atributo sabor con el posgusto presentaron una correlación directa muy fuerte de 0,95, este resultado fue similar a lo obtenido por **ABDULMAJID (2015)** correlación 0,97 y **DUICELA et al. (2017)** 0,86; como se sabe estos atributos presentan correlación directa por que el posgusto es el sabor que queda en la boca después de haber probado la bebida de café **RODRÍGUEZ et al., (2014)**. Así mismo, el sabor presentó correlación directa (0,94) con el atributo acidez, el resultado obtenido fue ligeramente inferior **ABDULMAJID (2015)** correlación 0,97 **KATHURIMA et al. (2009)**, correlación 0,68 **DUICELA et al. (2016)** correlación 0,76.

La acidez está asociada con la percepción de la dulzura del café **FERNANDES et al. (2014)** y la **SCCA (2010)** una bebida es agradable cuando hay una buena sensación de sabor y dulzura. **SILVA et al. (2014)** Indica que el contenido de solidos totales proporcionas dulzura en la bebida de café y este atributo es importante para determinar su sabor.

Cuadro 10. Análisis de Matriz de correlación / coeficientes – atributos de cafés de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Matriz de correlación / Coeficiente						
Fuente	Fragancia /Aroma	Sabor	Posgusto	Acidez	Cuerpo	Balance
Fragancia/Aroma	1,00					
Sabor	0,91	1,00				
Posgusto	0,86	0,95	1,00			
Acidez	0,86	0,94	0,94	1,00		
Cuerpo	0,74	0,86	0,82	0,86	1,00	
Balance	0,76	0,90	0,90	0,82	0,84	1,00

4.2.1.2. Componentes principales de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

Los resultados de la evaluación sensorial referido a los atributos de cata de las muestras de café de diferentes zonas, fueron analizados mediante componente principales (A-XI) según los resultados estadísticos podemos concluir que en el biplot de variables del primer componente (**CP1**) separa los atributos de acidez, sabor y posgusto de las demás variables, el cual representa el 88,9% de la variabilidad total de los atributos de café de (Figura 8). Así mismo, los atributos de balance y cuerpo de las bebidas de café de diferentes zonas representa el 4,9% de la variabilidad del segundo componente (**CP2**) y en general ambos componentes representan el 93,82% de la variabilidad total.

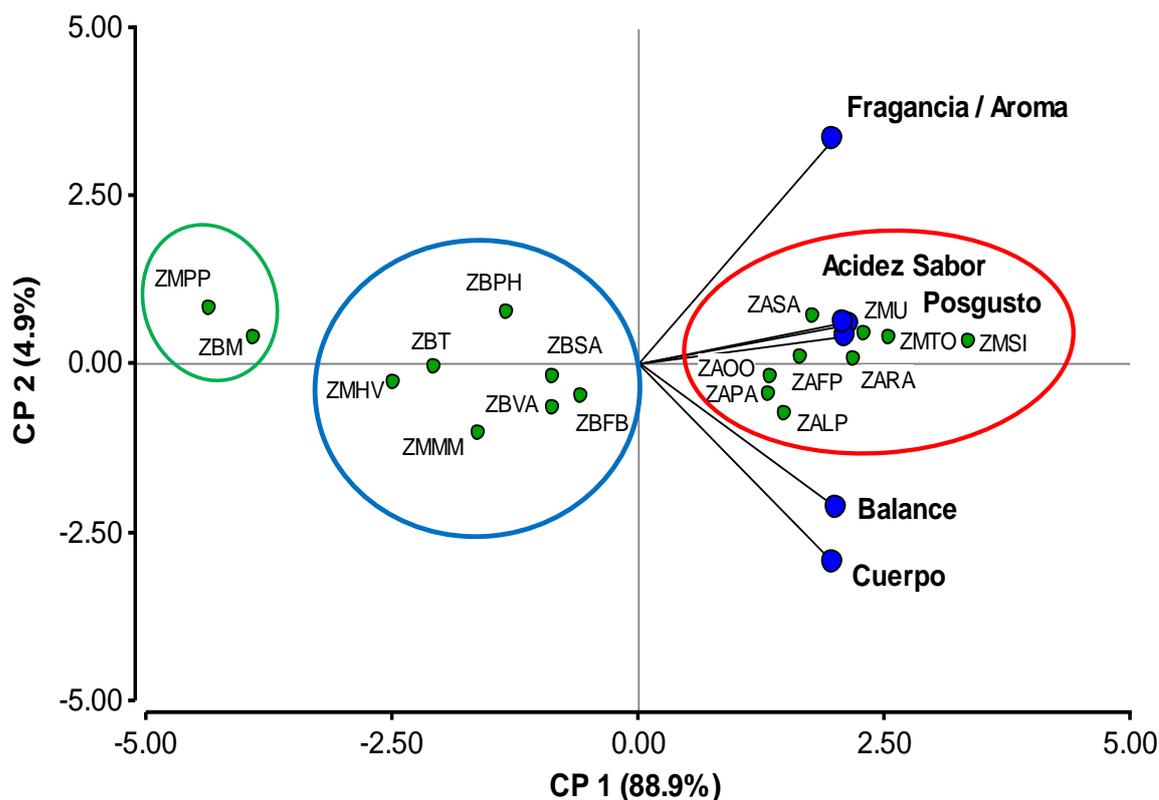


Figura 8. Análisis de componentes principales en catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Según los resultados considerando **CP1** podemos indicar que los atributos de acidez, sabor y posgusto están muy relacionados, como se sabe los cafés producidos a altitudes mayores tienen buena calidad de bebida, con características de cuerpo completo, acidez ligera y buen aroma (**RUIZ-NÁJERA et al., 2016; DE SOUZA et al., 2016**). Una característica importante del café está representada por la combinación de sabor y aroma (**FERNANDES et al., 2014; SUNARHARUM et al., 2014**) y el café se comercializa según la calidad del grano, aroma, sabor, cuerpo, acidez y consistencia (**GAMONAL et al. (2017)**). Con respecto al **CP2** se resalta los atributos de cuerpo y balance, se sabe que

la altitud influye en el cuerpo, en la investigación se consideró de 900 a 1850 msnm, predominando un tipo de café semi duro a estrictamente duro y estos tienen como característica cuerpo pronunciado a completo, acidez ligera, aroma fragante y con presencia de fineza (**RUIZ-NÁJERA et al., 2016**). (**WORKU et al., 2018**) indica que la altitud determina la calidad del café, aumenta la intensidad de organolépticas del aroma, cuerpo, acidez y sabor. Los polisacáridos son conocidos por ser responsable del aumento de la viscosidad de café (**WEI et al., 2014**).

4.2.1.3. Dendograma de cafés por diferentes zonas – Leoncio Prado

Realizando el dendograma de las diferentes zonas – Leoncio Prado, considerando los atributos de catación podemos diferenciar tres grupos (Figura 9); el primer grupo representa el 50,0% (6 muestras zona alta 1501 a 1850 msnm y 3 muestras de zona media 1201 a 1500 msnm), estos cafés tuvieron calificaciones de “muy bueno” en los atributos de Fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo y balance, y calificación de “extraordinario” para uniformidad, taza limpia y dulzura, esto coincide con lo indicado por **DUICELA et al. (2017)** por cada 250 msnm de aumento de altitud, la calificación sensorial se incrementa en un punto en escala SCAA y **DE SOUZA et al. (2016)** indica que a mayores altitudes, los cafés que tienen mayor exposición a la luz solar durante el día y el año tienden a tener una mejor calidad sensorial.

El segundo grupo representa el 38,9% (2 muestras zona media-1201 a 1500msnm y 5 muestras de zona baja-800 a 1200msnm), el calificativo se encuentra dentro del rango del primer grupo, pero con menor valor numérico,

esto puede deberse a que las características de cada café son exclusivas del área de producción, principalmente debido a las variaciones en el clima, la latitud, la altitud y el sistema de producción (**RIBEIRO et al., 2017**), la calidad en taza puede estar más relacionada con el microclima de las regiones de producción de café (**CRUZ-CASTILLO et al., 2016**).

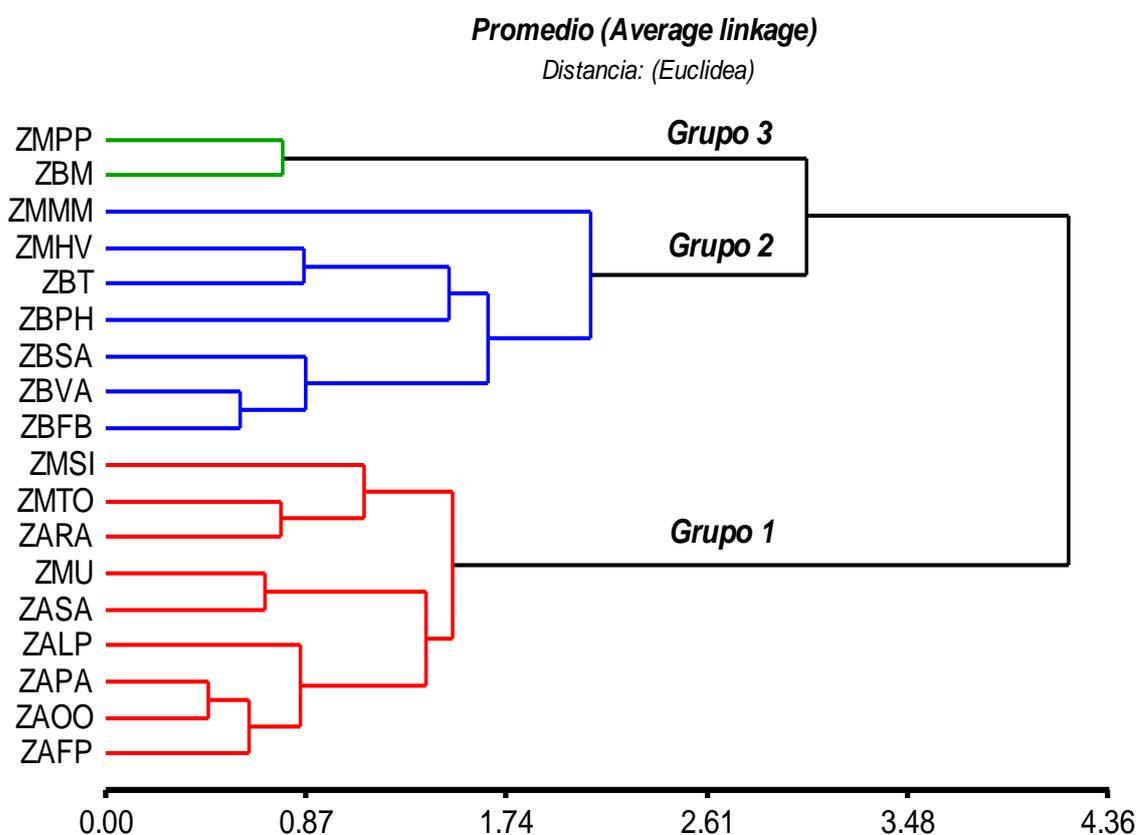


Figura 9. Dendrograma de las diferentes zonas – Leoncio Prado, considerando los atributos de catación.

Tercer grupo representa el 11,1% (una muestra zona media y una de zona baja), en este grupo los cafés tuvieron calificaciones de “bueno” en los atributos de sabor, posgusto y balance, la pérdida de calificación puede ser

eplicado por **DI DONFRANCESCO et al. (2019)** quienes mencionan que se ha demostrado que temperaturas altas conducen a una menor concentración de precursores de aroma, **JIMÉNEZ-TORRES y MASSA-SÁNCHEZ (2015)** temperaturas no diferenciadas entre el día y la noche da lugar a una baja calidad, poco aroma y sabor en el café.

4.2.2. Calidad en taza

Según los resultados de la clasificación de la calidad de los cafés de diferentes zonas (Cuadro 11 y Figura 10) se encontró diferencia estadística significativa entre las zonas (A-XIIa y A-XIIb), realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor puntaje se encontró en la zona alta (1501 a 1850 msnm) $83,39 \pm 0,11$, seguida de la zona media (1201 a 1500 msnm) $81,12 \pm 0,84$ puntos, ambos valores según la **SCAA (2013)** se clasifican en calidad especial; **FERNANDES et al. (2014)**, **CHALFOUN et al. (2013)** y **RIBEIRO et al. (2017)** mencionan que cafés con grados superiores al 80 se considera especial y puede exportarse a mercados específicos. **PEREIRA et al. (2017)** mencionan que en 20 muestras de cafés especiales seleccionado por (04) catadores (Q-Grader's), obtuvieron 82,18 puntos en calidad en taza. Los resultados fueron muy similares a lo reportado por **ODENY et al. (2015)** obtuvo 82,67 a 84,07 puntos en taza, de café Arábica a 1 641 msnm, Kenia. **CRUZ et al. (2017)** obtuvo en puntaje total $82,9 \pm 3,04$ a $83,4 \pm 0,93$ (1 300 a 1 800 msnm) en variedad Caturra de cafetales comerciales - Colombia. **SUÁREZ et al. (2015)** indican que las mejores calificaciones sensoriales se obtienen a mayores altitudes. **GAMONAL et al. (2017)** menciona que una calidad mejorada es cuando la altitud es superior a

1000 metros, condición que favorece las características sensoriales de los granos de café. **ALARCÓN (2016)** señalan que el café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, dando mayor calidad a la bebida.

El menor puntaje se encontró en la zona baja (900 a 1200 msnm) 79,04±0,44 puntos siendo clasificado por la **SCCA (2013)** en calidad inferior a la especialidad con acuerdo con lo reportado por **DUICELA et al. (2017)** menciona que las calificaciones sensoriales < 80 puntos indican que los cafés no son especiales. El resultado encontrado con acuerdo con lo reportado por **RIBEIRO et al. (2017)** los frutos del café (*C. arabica* L.) cultivados entre 970 a 1200 msnm el puntaje más alto fue inferior a 80 y **REYES et al. (2016)** obtuvo puntaje total entre 77 a 84,20 en café Arábica de mezclas de variedades en Texcoco - México. **ALARCÓN (2016)** problemas en el beneficio producen sabores ácidos desagradables (vinagre y fermento) que bajan la calidad de taza. Según los puntajes encontrados de acuerdo a las zonas de producción existe variación, esto puede ser explicado por **DI DONFRANCESCO et al. (2019)**, **GIACALONE et al. (2019)** y **LIU et al. (2019a)** que mencionan que la calidad del café depende de un gran número de factores como variedades, zona geográfica, condiciones de crecimiento, nivel de maduración, condiciones de fermentación, manejo poscosecha, altitud y temperatura; como también la participación ambiental (**SUNARHARUM et al., 2018**). **GUTIÉRREZ y GUZMÁN (2018)** utilizan la escala del SCAA-2013 en la clasificación de los descriptores de calidad de taza.

Cuadro 11. Resultados de la clasificación de la calidad del puntaje total de cafés de diferentes zonas – Leoncio Prado

Zonas	Caseríos	Código	Puntaje	Descripción	Descripción	Puntaje promedio
Baja (900–1200) msnm	Tahuantinsuyo	ZBT	78,43	Bueno		
	Flor de Belén	ZBFB	80,31	Muy bueno		
	San Antonio de P.	ZBSA	80,06	Muy bueno	Bueno	79,04±0,44 ^c
	Monterrey	ZBM	76,00	Bueno		
	Juan Velásquez A.	ZBVA	80,13	Muy bueno		
	Pedro de H.	ZBPH	79,31	Bueno		
Media (1201–1500) msnm	Tres de Octubre	ZMTO	84,44	Muy bueno		
	Manuel Mesones	ZMMM	79,25	Bueno		
	Hermilio Valdizán	ZMHV	78,00	Bueno	Muy	81,12±0,84 ^b
	José María U.	ZMU	84,06	Muy bueno	bueno	
	San Isidro	ZMSI	85,49	Excelente		
	Puente Piedra	ZMPP	75,50	Bueno		
Alta (1501–1850) msnm	San Agustín	ZASA	83,43	Muy bueno		
	Las Palmeras	ZALP	83,06	Muy bueno		
	Rio Azul	ZARA	84,25	Muy bueno	Muy	83,39±0,11 ^a
	Puerto Alegre	ZAPA	83,06	Muy bueno	bueno	
	Felipe Pinglo Alva	ZAFP	83,00	Muy bueno		
	Once de Octubre	ZAOO	83,50	Muy bueno		

Los valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=4).

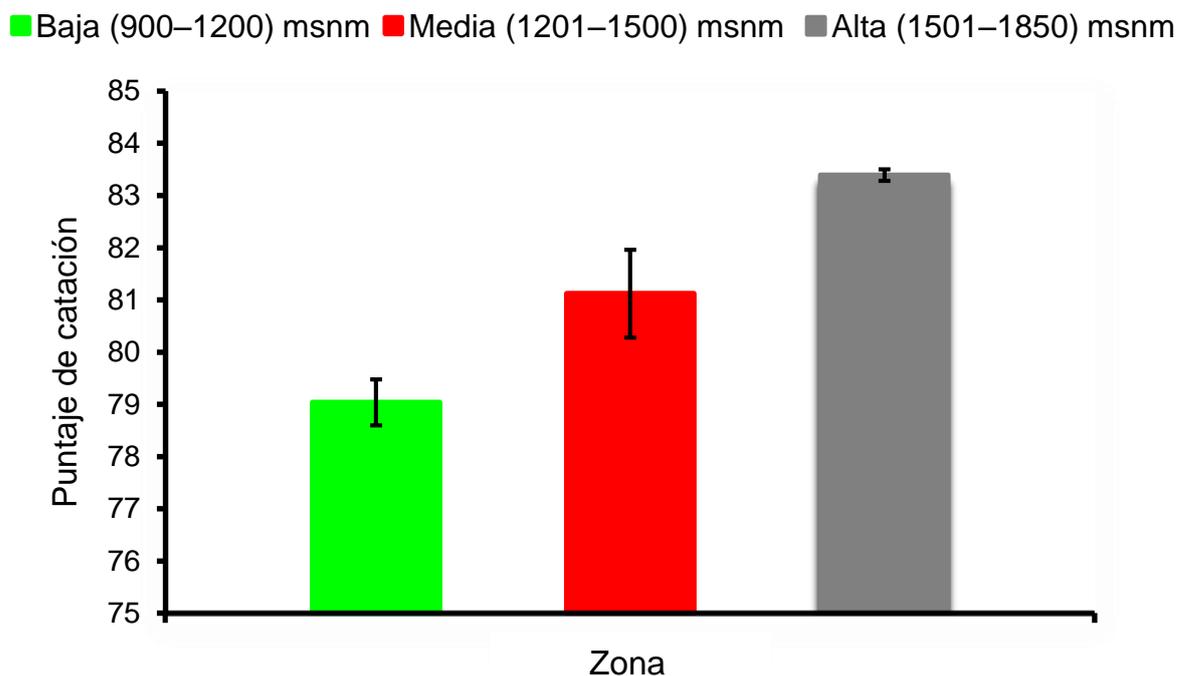


Figura 10. Calidad en taza de café de diferentes zonas – Leoncio Prado.

4.3. Análisis de termogravimetría (TG/DTG) de granos de cafés verde oro y tostado

TG de grano de café verde oro, según los termogramas presentados en la Figura 11, referido al café verde zona alta (ZARA) y el café verde de zona baja (ZBM) se puede apreciar 3 regiones, la primera comprendida entre 34 a 167 °C considera una pérdida de 7,9% y 9,5% respectivamente, debido a la evolución de la humedad (evaporación del agua), la segunda región considerada como descomposición esta entre 179 °C a 352 °C aproximadamente teniendo una pérdida 46% y 48% respectivamente, la tercera región termina entre 359 a 407 °C, con una pérdida de 9,73% y 8,96% quedando un residuo de 36% y 34% respectivamente. Según los resultados reportados y comparando con **TURE**

(2005), en muestras de café verde molido se reporta tres regiones: primera 26,4 °C - 194 °C, con una pérdida de masa 6,6%; segunda 194 °C - 393 °C, con una pérdida de masa 61%, y tercera 393 °C - 786 °C, con una pérdida 28%, comparando los resultados con los resultados se puede indicar que la pérdida en cada zona fue mayor, podría deberse a los rangos de temperatura utilizado. **MUÑOZ et al. (2018)**, según los espectros del TG para café verde reconoce 3 regiones, la primera comprendida entre 58,5 °C a 324 °C pérdida de masa de 50,26%, la segunda entre 324 a 432 °C con una pérdida de 14,67% y el tercero de 432 a 513 °C con una pérdida de 4,46% y un residuo de 24,11%. Así mismo, **RIVERA et al. (2011)** en la primera región reporta una pérdida 6% en café tostado y 10% de café verde en evaporación agua.

Las diferentes regiones que se aprecian en el TG en las muestras de café suceden durante el ascenso de la temperatura, tal como lo describe **ALVARADO, (2005)** menciona que la termogravimetría (TG) es una técnica en la cual se mide continuamente la variación del peso de una muestra en función de la temperatura; **BUFFO y CARDELLI-FREIRE (2004)** mencionan que la región inicial, es evidentemente endotérmica, durante la cual se elimina el agua (humedad) y en la fase de tostado suceden reacciones pirolíticas complejas, esto sucede cuando alcanza un máximo de 190 y 210 °C y es donde el proceso se vuelve endotérmico con la liberación de compuestos volátiles y a 210 °C la reacción se vuelve exotérmica.

Cuadro 12. Resultados de Termogravimetría (TG) de granos molidos de café verde (ZARA y ZBM) y tostado ZARA-T.

Café verde oro									
Región	°T	°T	°T	ZARA			ZBM		
	inicial °C	máx. °C	final °C	ΔW_A mg	ΔW_A %	R_A %	ΔW_B mg	ΔW_B %	R_B %
1 ^{ra} .	34,01	113,38	166,58	3,61	7,98		4,31	9,54	
2 ^{da} .	179,46	298,40	352,70	20,67	45,64	36	21,69	48,00	34
3 ^{ra} .	358,68	383,87	407,48	4,41	9,73		4,05	8,96	
Café tostado									
1 ^{ra} .	34,01	109,74	168,91	2,22	4,86		2,11	4,68	
2 ^{da} .	197,06	294,83	347,34	20,14	44,08	38	19,47	42,98	38
3 ^{ra} .	353,54	387,45	412,67	5,67	12,42		6,30	13,91	

Dónde: ZARA-T: Café tostado zona alta, ZARA: Café verde zona alta, ZBM: Café verde zona baja, W: masa, R: Residual, °T: Temperatura.

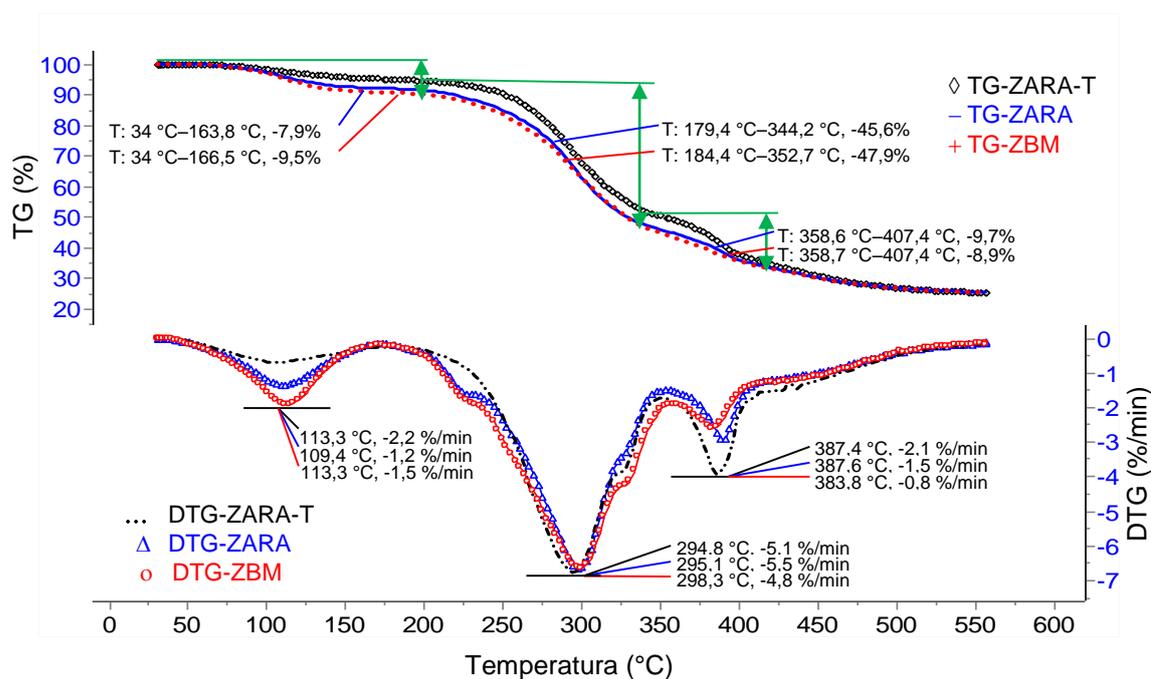


Figura 11. Termogramas de TG/DTG de granos molidos de café verde oro (ZARA y ZBM) y tostado ZARA-T.

DTG de grano de café verde oro, según los espectros del DTG en la Figura 12, para el café verde de zona alta (ZARA) se observa una fase notable de descomposición comprendida entre 203 y 234 °C y para café verde de zona baja (ZBM) está entre 207 y 236 °C, las temperaturas reportadas concuerdan con los resultados de **RIVERA et al. (2013)**, para café verde revela una alta y rápida descomposición en la curva DTG entre 208 y 230 °C que corresponde a la transformación de sacarosa y producción de aceites. **LIU et al. (2019b)** mencionan que el mayor contenido de sacarosa da como resultado una mayor formación de aromas (dulce a caramelo) para cafés Arábica considerando de buena calidad. **LAUKALEJA y KRUMA (2018)** la calidad del café especial se centra en la textura, el aroma y el sabor de la bebida.

En el espectro DTG para el café verde se presenta el punto de inflexión o cambio de la curvatura en 220 °C para café verde de zona alta (ZARA) y para el de zona baja (ZBM) 223 °C, el valor encontrado fue ligeramente superior a lo reportado por **RIVERA et al. (2013)**, según el espectro DTG en café verde el punto de inflexión fue 218 °C, punto en el cual suceden reacciones que confieren propiedades de aroma y sabor del café y la obtención de la alta calidad depende del proceso térmico y la transición que experimenta el grano; según los resultados reportados se recomienda que el proceso de tostado debe realizarse a temperaturas superiores a 200 °C. Por encima de 220 °C, se produce una descomposición y emisión de compuestos volátiles (**SUSLICK et al., 2010**). **BAGGENSTOSS et al. (2008)** indica que para el proceso tostado se requieren altas temperaturas superiores a 200 °C debido a que a estas temperaturas las paredes celulares del café cambian de un estado vítreo a estado elástico que

permite el aumento del volumen del grano y no existe destrucción celular y **RIVERA *et al.* (2013)** concluyeron que 218 °C es una temperatura crítica para el tostado. **COELLO y GARCÉS (2012)** menciona que los cambios de peso configuran la base de la termogravimetría (TG), mientras que la medida de los cambios de energía constituye la base del análisis térmico diferencial (DTG). **GIACALONE *et al.* (2019)** menciona que la calidad del café está determinada por numerosos factores uno de ellos es el proceso de tostado de los granos de café.

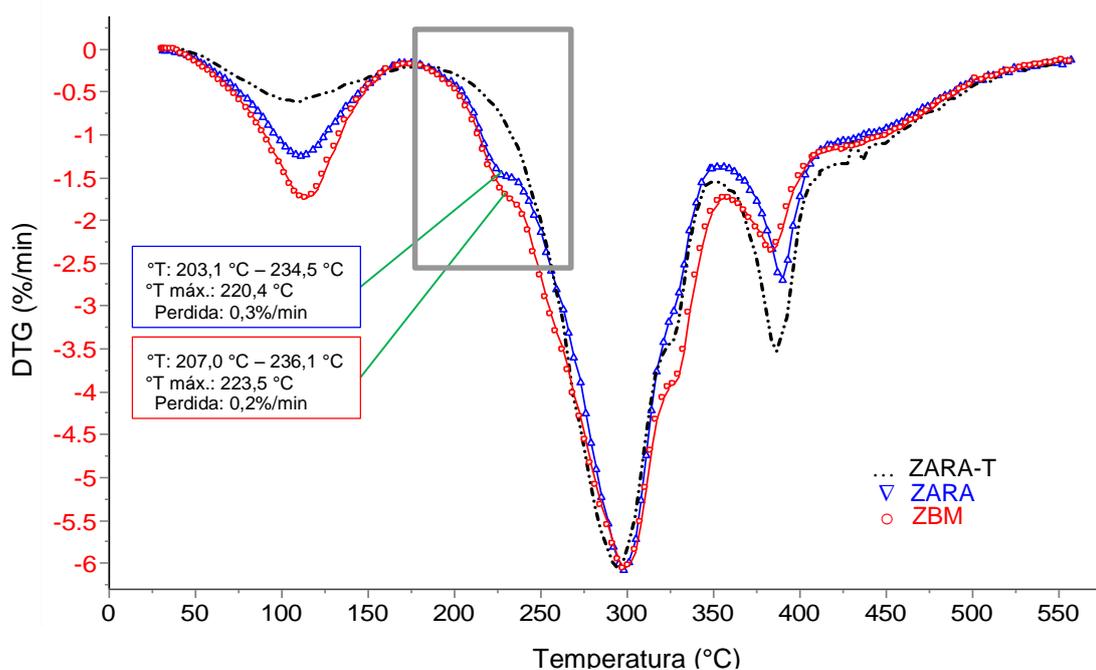


Figura 12. DTG de granos molidos de café verde oro ZARA, ZBM y tostado ZARA-T.

V. CONCLUSIONES

✓ La zona de producción afectó la calidad física de granos de cafés, siendo la zona baja <1200 msnm con mayores defectos primarios (grano negro, agrio, brocados e inmaduros) y defectos secundarios (partidos). La calidad fisicoquímica es buena con humedad de $11,29 \pm 0,12\%$ en las zonas (900 a 1850 msnm), < acidez da buena calidad en zona alta (1501 a 1850 msnm) $1,14 \pm 0,02$ mL NaOH 0,1N/g y > sólidos solubles totales son de buena calidad en zona baja (900 a 1200 msnm) $29,75 \pm 1,09\%$.

✓ La mayor calificación de atributos de catación en las bebidas de cafés fue “muy bueno” para fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo y balance y “extraordinario” para uniformidad, taza limpia y dulzura; con correlaciones entre fragancia/aroma y sabor (0,91), sabor y posgusto (0,95), posgusto y acidez (0,94) en la zona alta (1501 a 1850 msnm). Según el análisis de componentes principales la mejor calidad sensorial fue para las seis muestras de zona alta y tres de media; la mayor calidad en taza fue para zona alta ($83,39 \pm 0,11$ puntos) y media ($81,12 \pm 0,84$ puntos) calificados como muy bueno – especialidad.

✓ Los espectros DTG del café de zona alta y baja (ZARA) y (ZBM) presentan una región de descomposición térmica (ácidos y azúcares) entre 203 a 236 °C siendo punto crítico para el proceso térmico que experimenta el grano en el tostado que corresponde a la transformación de sacarosa y producción de aceites.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ No realizar la mezcla de los granos de cafés de las diferentes zonas (900-1200 msnm, 1201-1500 msnm y 1501-1850 msnm) - Leoncio Prado, para evitar disminuir la calidad.
- ✓ Controlar el tiempo de torrefacción a 210 °C siendo el punto crítico para el proceso térmico que experimenta el grano de café en el tostado.
- ✓ Evaluar la calidad en taza de granos de cafés por variedades que predominan en las diferentes zonas de Leoncio Prado considerando altitudes y beneficio húmedo.
- ✓ Determinar alteraciones físicas, químicas y organolépticas que puede sufrir el café Arábico almacenado por diferentes periodos de tiempos antes de su comercialización de diferentes zonas altitudinales de Leoncio Prado.
- ✓ Dar asistencia técnica permanente a los cafetaleros en cosecha y beneficio de tecnología selecta, manejo integrado de plagas y enfermedades, mejoramiento nutricional de suelos para mejorar su rendimiento y calidad de café.

VII. ABSTRACT

“EVALUATION OF THE PHYSICAL, PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF GREEN GOLD COFFEE BEANS (*Coffea arabica* L.) OF DIFFERENT AREAS - LEONCIO PRADO”

Peruvian coffee (*Coffea arabica* L.) that is grown at 1200 to 1800 masl (Andes mountain range), at 22 - 25 °C, allows for a quality coffee, in the research, the physical, physicochemical, sensory, thermogravimetric analysis (TGA; TG in Spanish) and the derivative of the TGA (DTG) were evaluated for the commercial quality green coffee beans from different zones (Low: 800-1200, Medium: 1201-1500 and High: 1501-1850 masl) in Leoncio Prado; parchment coffee was collected with a humidity of 10 to 12%, it was threshed, sifted with number fifteen netting with a diameter of 5.95 mm per sample and prepared for an analysis of the defects, humidity, acidity, total soluble solids, tasting attributes and cupping quality. For the physical quality of the low zone, there were greater primary (black beans, acidic, bored and unripe) and secondary (split) defects, the physicochemical quality: an average of $11.29 \pm 0.12\%$ in the zones, < acidity in the high zone 1.14 ± 0.02 mL NaOH 0.1N/g, > soluble solids in the low zone $29.75 \pm 1.09\%$; a greater number qualified with coffee tasting attributes of “very good” fragrance/aroma, flavor, aftertaste, acidity, body and balance and “extraordinary” in uniformity, clean cup and sweetness; correlations between fragrance/aroma and flavor (0.91), flavor and aftertaste (0.95), aftertaste and

acidity (0.94) in the high zone; for the principal components, the best sensory quality were six samples from the high zone and three from the middle zone; the greatest cupping quality was from the high zone (83.39 ± 0.11 points) and the middle zone (81.12 ± 0.84 points) qualified as very good – specialty; the DTG spectrums for the coffee (ZARA) and (ZBM) of 203 to 236 °C is a critical point for the thermal processing, which the beans experiment during the roasting.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABDULMAJID, A.M. 2015. Sensory Evaluation of beverage characteristics and biochemical components of Coffee Genotypes. Rev. International Scholars Journals, Kenya. 2(12):281-288.
- ALARCÓN, A.G. 2016. Comportamiento de tres variedades de café (*Coffea arabica* L.) en el valle del Perené, Junín-Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 120 p.
- ALESSANDRINI, L., ROMANI, S., PINNAVAIA, G., ROSA, M. 2008. Near infrared spectroscopy: An analytical tool to predict coffee roasting degree. Rev. Analytica Chimica Acta, Italy. 625(1):95–102. Doi:10.1016/j.aca.2008.07.013
- ALFARO, V.V. 2015. Efectos de la altitud sobre las características físicas u organolépticas del café de la zona de los Santos. Tesis Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 147 p.
- ALVARADO, V.K. 2005. Aplicación del Análisis Térmico a la caracterización de materiales textiles. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Textil. Mexico. Instituto Politecnico Nacional. 219 p.
- ANACAFE (ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ). 2011. Manual de Caficultura. Guatemala. 34 p.

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2000. Assn. of Official Analytical Chemists. Coffee and tea. In: Official methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg. A.O.A.C. Inc 2658 p
- AQUINO, Y.S.C. 2004. Elaboración de un mapa de calidad del café (*Coffea arabica*) situadas en ocho zonas de la Provincia de Lamas. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 73 p.
- AVELINO, J., BARBOZA, B., ARAYA, J. C., FONSECA, C., DAVRIEUX, F., GUYOT, B., CILAS, C. 2005. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitudeterroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. Rev. Journal of the Science of Food and Agriculture, Costa Rica. 85(11):1869-1876. Doi:10.1002/jsfa.2188
- BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., KAEGI, R., PERREN, R., ESCHER, F. 2008. Coffee Roasting and Aroma Formation: Application of Different Time - Temperature Conditions. Rev. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Suiza. 56(14):5836–5846. Doi:10.1021/jf800327j
- BANEGAS, R. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*) en los Municipios de el Paraíso y Alauca (Honduras). Tesis Ms.Sc. en Agroforesteria Tropical. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. 74 p.
- BELAY, S., MIDEKSA, D., GEBREZGIABHER, S., SEIFU, W. 2016. Factors affecting coffee (*Coffea arabica* L.) Quality in ehtiopia: a review. Rev.

Journal of Multidisciplinary Scientific Research, Ethiopia. 4(1):22-28.

<http://jmsr.rstpublishers.com/>

BICHO, N.C., LEITÃO, A.E., RAMALHO, J.C., DE ALVARENGA, N.B., LIDON, F.C. 2013. Identification of Chemical Clusters Discriminators of Arabica and Robusta Green Coffee. Rev. International Journal of Food Properties, Portugal. 16(4):895-904.

Doi:10.1080/10942912.2011.573114

BORRERO, B.J.C., DIAZ, M.C.A. 2016. Elaboración de base de datos de fotografías de granos de café seco con diferentes defectos físicos, caracterizados con métodos estándar de PDI y clasificación. Tesis Ingeniería Electrónica. Bogota, Colombia. Universidad Distrital Francisco José Caldas. 84 p.

BUFFO, R., CARDELLI-FREIRE, C. 2004. Coffeeflavour: an overview. Rev. Flavour and Fragrance Journal, California. 19(2):99-104.

Doi:10.1002/ffj.1325

CAPORASO, N., WHITWORTH, M., GREBBY, S., FISK, I. 2018. Rapid prediction of single green coffee bean moisture and lipid content by hyperspectral imaging. Rev. Journal of Food Engineering, Inglaterra 227(2018):18–29. Doi:10.1016/j.jfoodeng.2018.01.009

CHALFOUN, S.M., PEREIRA, M.C., CARVALHO, G.R., PEREIRA, A.A., SAVIAN, T.V., BOTELHO, D.M. 2013. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in the alto Paranaíba region. Rev. Coffe Science, Lavras. 8(1):43-52.

<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v8i1.330>

- CLEMENTE, J.M., MARTINEZ, H. E., ALVES, L.C., FINGER, F.L., CECON, P.R. 2015. Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. Rev. Acta Scientiarum. Agronomy, Brazil. 37(3):297-305.
Doi:10.4025/actasciagron.v37i3.19063
- COELLO, O.V.C., GARCÉS, B.C.C. 2012. Análisis de propiedades térmicas durante gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC). Tesis Ingenieras de Alimentos. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 130 p.
- CRUZ, B.J.T., RODRÍGUEZ, P.W., SUÁREZ, S.J.C., ORDOÑEZ, E.C.M., VEGA C.G.A. 2017. Minority compounds and sensory analysis evaluation of *Coffea arabica* var. caturra cultivated in three different altitudinal ranges. Rev. Acta Agronómica, Colombia. 66(2):221-227
Doi:10.15446/acag.v66n2.58126
- CRUZ-CASTILLO, G. LÓPEZ-GARCIA, F. J., ESCAMILLA-PRADO, E., ZAMARRIPA-COLMENERO, A. 2016. Yield and quality of coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) in Varacruz, México. Rev. Fitotec. Mex, Mexico. 39(3):297-304.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61046936015>
- DE SOUZA, S., TARDIN, P., MARQUES, F., JUNIO, DA S., DOS SANTOS, R., SUSSUMU, S. 2016. Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. Rev. Ceres, Viçosa, Brasil. 63(4):436-443.

Doi:org/10.1590/0034-737X201663040002

- DI DONFRANCESCO, B., GUTIERREZ, G. N., CHAMBERS, E. 2019. Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia. *Rev. Food Research International, Colombia*. 116(2019):645-651. Doi:10.1016/j.foodres.2018.08.090
- DÍAZ, F.O., ORMAZA, A.M., ROJANO, B.A. 2018. Efecto de la Tostión del Café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el Perfil de Taza, Contenido de Compuestos Antioxidantes y la Actividad Antioxidante. *Rev. Información Tecnológica, Colombia*. 29(4):31–42.
Doi:10.4067/s0718-07642018000400031
- DÍAZ, N.A.L., PERDOMO, R.A.M. 2015. Caracterización físico – química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica* L.) del occidente de Honduras. Tesis Agroindustrias de Alimentos. Honduras, Zamarano. Escuela Agrícola Panamericana. 51. p
- DÍAZ, V.C., CARMEN, W.M. 2017. Línea de base del sector café en el Perú. Programa de las naciones unidas para el desarrollo – PNUD. Perú, Lima. Mimeografiado. 58 p.
- DUICELA, G.L.A. 2003. Caracterización física y organoléptica de cafés arábigos en los principales agros ecosistemas del ecuador. INIAP, Manta Ecuador: Consejo Cafetalero Nacional. 248 p.
- DUICELA, G.L.A., FARFÁN, T.D.S., GARCÍA, A.E.L. 2016. Calidad organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) en las zonas centro y sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Rev. Española de Estudios Agrosociales y Pesquero, Ecuador*. 244(2016):15-34.

- DUICELA, G.L., DEL ROCIO, V.C., FARFAN, T.D. 2017. Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. Iber. Rev. Tecnología Postcosecha, Ecuador. 18(1):67-77. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81351597010>
- ECHEVERRI, M.D., BUITRAGO, M.L., MONTES, M.F., MEJÍA, M.I., GONZÁLEZ, M.M. 2005. Coffee for cardiologists. Rev. Cardiología, 11(8):357-365
- EGAS, M.C.M., GÁLVEZ, F.R.E., GARCÍA, C.C.R., GRANDA, S.L.E. 2018. Planteamiento estratégico para el café en el Perú. Tesis Posgrado magíster en Administración de Negocios Globales. Santiago de Surco, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 191 p.
- ESCAMILLA, P., RUIZ, R., ZAMARRIPA, C., GONZÁLEZ, H. 2015. Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. Rev. Geografía Agrícola, México. 55(2):45-55. Doi:10.5154/r.rga.2015.55.004
- ESTRELLA, G.L. 2015. Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L.) Tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix*), en relación a dos pisos ecológicos de las provincias de Lamas y Rioja. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 79 p.
- FASSIO, L.O., MALTA, M.R., LISKA, G.R., ALVARENGA, S.T., SOUSA, M.M. M., FARIAS, T.R.T., PEREIRA, R.G.F. 2017. Sensory Profile and Chemical Composition of Specialty Coffees from Matas de Minas Gerais, Brazil. Rev. Journal of Agricultural Science, Brasil. 9(9):78-93. Doi:10.5539/jas.v9n9p78

- FERNANDES, M. DE F.C., SILVA, A.B. DA, OLIVEIRA, N. DE M.S., MIRANDA, J.M. 2014. The influence of peeling and type of drying on chemical and sensorial analysis of organic coffee. *Rev. Food Science and Technology, Brasil.* 34(2):230–234. Doi:10.1590/fst.2014.0036
- FISCHERSWORRING, H.B., ROBKAMP, R.R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de la República Federal de Alemania. Alemania. Mimeografiado. 152 p.
- FRANCA, A.S., MENDONCA J.C.F., OLIVEIRA, S.D. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *Rev. LWT - Food Science and Technology, Brazil.* 38(7):709–715.
Doi:10.1016/j.lwt.2004.08.014
- FRANCO, T., HIDALGO, R. 2003. Análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fotogenéticos. Cali (Colombia). Boletín Técnico n° 8. 94 p.
- GABRIEL, F.P.F., QUELMO, S. DE N., MARCELO, R.M. SANDRA, E. DE S. 2013. Quality of coffee produced in the Southwest region of Bahia, Brazil subjected to different forms of processing and drying. *Rev. African Journal of Agricultural Research, Brazil.* 8(20):2334-2339.
Doi:10.5897/ajar2013.7038
- GAMBOA, R.P., MOSQUERA, S.S., PAZ, N.I. 2015. Caracterización física de café especial (*Coffea arabica*) en el municipio de Chachagüí (Nariño, Colombia). *Rev. Lasallista de Investigación. Colombia* 12(1):90-98.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69542290010>

- GAMONAL, L.E., VALLEJOS-TORRES, G., LÓPEZ, L.A. 2017. Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region - Peru. Rev. Ciência Rural, Perú. 47(9):1-5. Doi:10.1590/0103-8478cr20160882
- GARCÍA, C.P., BARRETO, O.D. 2007. Propuesta para el incremento de consumo de café tostado de los asociados de la junta nacional del café. Tesis Magister en Administración de Empresas. Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 141 p.
- GARCÍA, M.K.O. 2008. Programa de desarrollo de proveedores, para la comercialización del café bajo el sistema de comercio justo: el caso de San Mateo Piñas y Santa María Coixtepec, Oaxaca. Tesis Ingeniero industrial. Huajuapán, Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 169 p.
- GIACALONE, D., DEGN, T., YANG, N., LIU, C., FISK, I., MÜNCHOW, M. 2019. Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. Rev. Food Quality and Preference, Inglaterra. 71(2019):463–474. Doi:10.1016/j.foodqual.2018.03.009
- GIRALDO-QUINTERO, J., NIÑO-MÉNDEZ, C., VIANCHÁ-SÁNCHEZ, Z. 2017. Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia). Rev. Ingeniería Solidaria, Colombia. 13(22):121-136. Doi:10.16925/in.v13i22.1839

- GÓMEZ, M.E. 2008. Apoyo al Fortalecimiento del Control de calidad del café (*coffea arabica* L.) en el departamento de Sacatepéquez. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 125 p.
- GONZALES, T.W. 2017. Influencia de la edad del cafeto (*coffea arabica* L.) var. Catimor y tipo de beneficio en la calidad física y organoléptica en Villa Rica. Tesis Ingeniero agrónomo. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 146 p.
- GRANADOS, C.Y.A. 2015. Importancia de los ensayos TGA y DSC en el estudio de las propiedades térmicas de mezclas asfálticas. Tesis Ingeniero en Topografía. Bogota, Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 56 p.
- GUTIÉRREZ-GUZMÁN, N., CORTÉS-CABEZAS, A., CHAMBERS IV, E. 2018. A novel tasting platform for sensory analysis of specialty coffee. *Coffee Science*, Colombia. 13(3):401-409. Doi:10.25186/cs.v13i3.1497
- HENAO, A.J. 2015. Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Tesis Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 100 p.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación. 6 ed. México. Mc Graw - Hill. 600 p.
- IACCHERI, E., LAGHI, L., CEVOLI, C., BERARDINELI, A., RAGI, L., ROMANI, S., ROCCULI, P. 2015. Different analytical approaches for the study of

ater features in Green and roasted coffee beans. Rev. Journal of Food Engineering, Italy. 146(2015):28-35.

Doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.08.016

IGNACIO, C.S. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Tesis Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. 117 p.

ISCARO, J. 2014. The Impact of Climate Change on Coffee Production in Colombia and Ethiopia. Rev. Global Majority E-Journal, Ethiopia. 5(1):33-43.

ISMAIL, I., ANUAR, M. S., SHAMSUDIN, R. 2013. Effect on the physico-chemical properties of liberica green coffee beans under ambient storage. Rev. International Food Research Journal, Malaysia. 20(1):255-264. <http://www.ifrj.upm.edu.my>

JOET, T., LAFFARGUE, A., DESCROIX, F., DOULBEAU, S., BERTRAND, B., KOCHKO, A. DE, DUSSERT, S. 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. Rev. Food Chemistry, France. 18(3):693–701. Doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.048

KATHURIMA, C., GICHIMU, B., KENJI, G., MUHOHO, S., BOULANGER, R. 2009. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. Rev. African Journal of Food Science, Kenya. 3(11):365-371

- KIPKORIR, R. K., MULIRO, P., MUHOHO, S. 2015. Effects of coffee processing technologies on physico-chemical properties and sensory qualities of coffee. *Rev. African Journal of Food Science, Kenya.* 9(4):230-236. Doi:10.5897/ajfs2014.1221
- LAUKALEJA, I., KRUMA, Z. 2018. Quality of specialty coffee: Balance between aroma, flavour and biologically active compound composition. *Rev. Food Science, Latvia.* 1(2018):240-247 Doi:10.22616/rrd.24.2018.038
- LÁZARO, C.R. 2012. Caracterización organoléptica en taza del café orgánico (*Coffea arabica*) variedad caturra según altitud en Satipo. Tesis Ingeniero en Ciencias Agrarias. Satipo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 86 p.
- LEE, L.W., CHEONG, M.W., CURRAN, P., YU, B., LIU, S.Q. 2015. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. *Rev. Food Chemistry, Singapore.* 185(2015):182-191. Doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.124
- LIU, C., YANG, N., YANG, Q., AYED, C., LINFORTH, R., FISK, I.D. 2019b. Enhancing Robusta coffee aroma by modifying flavour precursors in the green coffee bean. *Rev. Food Chemistry, Reino Unido.* 281(2019):8-17. Doi:10.1016/j.foodchem.2018.12.080
- LIU, C., YANG, Q., LINFORTH, R., FISK, I. D., YANG, N. 2019a. Modifying Robusta coffee aroma by green bean chemical pre-treatment. *Rev. Food Chemistry, Reino Unido.* 272(2019):251-257. Doi:10.1016/j.foodchem.2018.07.226

- LÓPEZ, O.M., GALVIS, F.M., MONTES, H.C.M., SILVA, O.A.J., DARIO, Á. 2009. Calidad del café. Colombia. Mimeografiado. 39 p.
- MACEDO, L.L., AGNOLETTI, B.Z., ARAÚJO, C.D., VIMERCATI, W.C. 2017. Avaliação de propriedades físico-químicas de café arábica classificados quanto à qualidade da bebida. Rev. Univap, Brasil. 22(40):236. Doi:10.18066/revistaunivap.v22i40.656
- MARÍN, L., ARCILA, J., MONTOYA, E., OLIVEROS, C. 2003a. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de bebida. Rev. Cenicafé, Colombia. 54(4):297-315.
- MARÍN, L., ARCILLA, P., MONTOYA, R., OLIVEROS, T. 2003b. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. Var. Colombia). Rev. Centro Nacional de Investigaciones del Café, Colombia. 54(3):208-225.
- MARTÍNEZ, C.V.M. 2016. Efecto de la composición del café cosechado (*Coffea arabica* L.) sobre la calidad sensorial de la bebida en fincas con potencial de producción de cafés especiales en el suroeste del departamento de Antioquia. Tesis Maestría Ingeniería Agroindustrial. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 127 p.
- MARTINEZ, H.E.P., LACERDA, J.S. DE, CLEMENTE, J.M., SILVA FILHO, J.B. DA, PEDROSA, A.W., SANTOS, R.H.S., CECON, P.R. 2018. Production, chemical composition, and quality of Arabic coffee subjected to copper doses. Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brazil. 53(4):443-452. Doi:10.1590/s0100-204x2018000400006

- MARTÍNEZ, V.M., ARISTIZÁBAL, I.D., MORENO, E.L. 2017. Evaluation of the composition effect of harvested coffee in the organoleptic properties of coffee drink. *Rev. Vitae, Colombia*. 24(1):47-58.
Doi:10.17533/udea.vitae.v24n1a06
- MEDINA-ALMEIDA, J.L., RIAÑO-LUNA, C.E. 2006. Evaluación del rendimiento de extracción de algunas cafeteras. *Rev. Cenicafe, Colombia*. 57(1):31-36
- MENDONÇA, L.M.V., PEREIRA, R.G.F., MENDES, A.N.G. 2005. Parâmetro bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Lavras*. 25(2):239-243. doi:10.1590/s0101-20612005000200009
- MOHAMMEDSANI, A., WASSU, M., TESFAYE, S. 2017. Evaluation of harvesting and postharvest processing method on raw quality attributes of green Arabica Coffee beans produced in Hararghe, eastern Ethiopia. *Rev. International Journal of Plant Breeding and Crop Science, Ethiopia*. 4(2):187-196.
- MORALES, A.M.A. 2014. Análisis del proceso de beneficiado húmedo de café en fraijanes, Guatemala. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 47p.
- MUÑOZ, L.M. 2011. Producción e industrialización de café soluble, caso: solubles instantáneos. Tesis Licenciado en Economista. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. 96 p.
- MUÑOZ-NEIRA. M.J., ROA-ARDILA, M.F., CORREA-CELY, C.R. 2018. Thermal analysis of coffee beans of variety castilla grown in Colombia.

Rev. Mexicana de Ingeniería Química, Colombia. 17(3):1147-1158.

Doi:10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2018v17n3/munoz

NAHUAMEL, J.E. 2013. Competitividad de la cadena productiva de café orgánico en la provincia de la convención, Región Cusco. Tesis Magister en scientiae en Agronegocios. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 137 p.

NATIVIDAD, B.K. 2011. Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán – Leoncio Prado. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria Bella Durmiente. 106 p.

NIEBER, K. 2017. The Impact of Coffee on Health. Rev. Planta Medica, 83(16):1256-1263. doi:10.1055/s-0043-115007

NORMA MEXICANA. 2009. NMX-F-177-SCFI-2009, Café verde de especialidad - especificaciones, clasificación y evaluación sensorial. México. Evaluación sensorial de café, en México, <http://amecafe.org.mx/backup/2011/documentos/normas/nmx-f-177-scfi-2009>, (16 de mayo 2013).

ODENY, D., CHEMINING'WA, G., SHIBAIRO, S., KATHURIMA, C. 2015. Sensory attributes of coffee under different shade regimes and levels of management. Rev. Food science and Quality Management, Kenya. 46(2015):2224-6088.

OYOLA, T.S.; TRUJILLO, B.D.; GUTIÉRREZ, G.N. 2017. Aplicación del proceso analítico jerárquico AHP para definir la mejor taza en evaluación de cafés

especiales. Rev. Coffee Science, Lavras. 12(3):374-380
doi:10.25186/cs.v12i3.1301

PACHECO, A.V.R. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Agraria la Molina. 136 p.

PALOMINO, A.C., LÓPEZ, B.C., ESPEJO, J.R., MANSILLA, S.R., QUISPE, V.J. 2014. Evaluation of the genetic diversity of the coffee (*Coffea arabica* L.) in Villa Rica (Perú). Rev. Ecología Aplicada, Perú. 13(2): 129-134.

PARRA, P.Y. 2017. Aromatización de granos de café (*coffea arabica* L.) verdeoro en jugo de frutas tropicales y su efecto fisicoquímico y sensorial. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 118 p.

PATIÑO-VELASCO, M.M., PENCUE-FIERRO, E.L., VARGAS-CAÑAS, R. 2016. Determinación del contenido de humedad en granos de café pergamino seco utilizando speckle dinámico. Rev. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, Colombia. 14(2):84-91.
Doi:10.18684/bsaa(14)84-91

PEISINO, F.M., PEREIRA, L.L., CARDOSO, W.S., CATEN, C.S., COSTA, R.G., BUSATO, T., PIMENTA, L.H., BRIOSCHI, D., VENTURIN, B. 2015. Caracterização e avaliação de ph, acidez titulável e extrato aquoso de cafés finos por estratos de altitude. Rev. IX Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, Brasil. 24(2015):1-5.

- PEÑA, G. N., BARRERA, B. O., GUTIÉRREZ G. N. 2013. Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café (*coffea arabica*). Ingeniería y Región, 10(2013):111-116. doi:10.25054/22161325.762
- PEREIRA, L.L., CARDOSO, W.S., GUARÇONI, R.C., DA FONSECA, A.F., MOREIRA, T.R., CATEN, C.S. 2017. The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders. Rev. European Food Research and Technology, Brazil. 243(9):1545-1554. doi:10.1007/s00217-017-2863-9
- POLTRONIERI, P., ROSSI, F. 2016. Challenges in Specialty Coffee Processing and Quality Assurance. Rev. Challenges, Italy. 7(2):19.
Doi:10.3390/challe7020019
- PORTUGAL-ZAMBRANO, C.E., GUTIERREZ-CACERES, J.C., RAMIREZ-TICONA, J., BELTRAN-CASTANON, C.A. 2016. Computer vision grading system for physical quality evaluation of green coffee beans. Rev. 2016 XLII Latin American Computing Conference.
Doi:10.1109/clei.2016.7833383
- PRIETO, D.Y. 2002. Características físicas de café semitostado. Tesis Ing. Química. Bogotá, Colombia. Fundación Universidad de América. 176 p.
- PUERTA, Q.G. 2015. Buenas prácticas para la prevención de los defectos de la calidad del café: fermento, reposado, fenólico y mohoso. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Manizales, Caldas, (Colombia). Boletín Técnico. 12 p.
- PUERTA-QUINTERO, Q. 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. Rev. Cenicafé, Colombia. 51(2):136-150. <http://hdl.handle.net/10778/65>

- PUERTA-QUINTERO, Q.G. 2016. Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelo y buenas prácticas de beneficio. Rev. Cenicafé, Colombia. 67(1):7-40.
- QUILIGUANGO, H.M. 2013. Influencia de cuatro métodos de beneficio sobre la calidad física y organoléptica del café arábigo (*Coffea arabica* L.) en dos pisos altitudinales del noroccidente de Pichincha. Tesis Ingeniero Agrónoma. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 121 p.
- RAMALAKSHMI, K., KUBRA, I.R., RAO, L.J.M. 2007. Physicochemical Characteristics of Green Coffee: Comparison of Graded and Defective Beans. Rev. Journal of Food Science, India. 72(5):333-337. Doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00379.x
- RAMIREZ-TICONA, J., GUTIÉRREZ-CÁCERES, J., PORTUGAL-ZAMBRANO, C. 2016. Cell-phone based model for the automatic classification of coffee beans defects using white patch. Rev. 2016 XLII Latin American Computing Conference (CLEI). Doi:10.1109/clei.2016.7833335
- RAMOS, V.L., CRIOLLO, E.H. 2017. Calidad física y sensorial de *coffea* arrábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, en La Unión, Nariño. Rev. Cienc. Agr., Pasto, Colombia. 34(2):83-97 Doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.74>.
- REYES-GONZÁLEZ, F., ESCAMILLA-PRADO, E., PÉREZ-PORTILLA, E., ALMAGUER-VARGAS, G., CURIEL-RODRÍGUEZ, A., HERNÁNDEZ-GÓMEZ 2016. Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (*Coffea arabica* L.), en cafetos injertados en el CRUO,

Huatusco, Veracruz. Rev. Geografía Agrícola, Veracruz 56(2016):45-53.

Doi:10.5154/r.rga.2016.56.006

RIBEIRO, L.S., RIBEIRO, D.E., EVANGELISTA, S.R., MIGUEL, M.G. DA C.P., PINHEIRO, A.C.M., BORÉM, F.M., SCHWAN, R.F. 2017. Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea Arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. Rev. LWT - Food Science and Technology, 82(2017):32-38. doi:10.1016/j.lwt.2017.04.008

RIVERA, B. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café verde y pergamino (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 209 p.

RIVERA, W., VELASCO, X., RINCÓN, C. 2013. Evaluación por TGA y FTIR de los cambios de composición producidos por la tostión en granos de café. Rev. Colombiana de Física, Colombia. 45(3):205-208.

RODRÍGUEZ, B.E., VEGA, C.G., SUÁREZ, S.J. 2014. Sources of variation and its effects on the coffee cup sensory attributes in coffee (*Coffea Arabica* L.) agroforestry systems in Southern Colombia. Rev. SENNOVA, Colombia. 1(1):64-77.

ROJO, J.E. 2014. Café I (G. *Coffea*). Reduca (Biología). Rev. Serie Botánica. 7(2):113-132

RUIZ-NÁJERA, R.E., MEDINA-MELÉNDEZ, J.A., GÓMEZ-CASTAÑEDA, J.C., SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J.M., GÓMEZ-ALFARO, G., PINTO-MOLINA, O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. Rev. CienciaUAT. 10(2):33.

Doi:10.29059/cienciauat.v10i2.550

SANTOS, M.A., CHALFOUN, S.M., PIMENTA, C.J. 2009. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição, físico química e química do café (*Coffea arabica* L). Rev. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. 33(1):213-218.

Doi:10.1590/s1413-70542009000100030

SANTOS, S.M.B., NOGUEIRA, DA S.J.V., GARCIA, DE F.V.R., GOOD, K.C.S. 2013. Sensory attributes and physico-chemical characteristics of the coffee beverage from the iapar cultivars. Rev. Cooffee Science, Lavras. 8(1):5-14

SCAA (Speciality Coffee Association of America). 2010. Protocolos de catación de SCAA, (revisado el 10 de setiembre de 2010). Estados Unidos. Protocolo, Sección 2, versión 1.1. 7p.

SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América) 2011. Café verde Arabica, manual de defectos. Mimeografiado. 30 p.

SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América). 2013. Specialty Coffee Association of American. Protocols. Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.

SCAN (RED DE ASISTENCIA DE PRODUCTOS BÁSICOS SOSTENIBLE). 2015a. Evaluación sensorial de café. Manual de evaluación. Mimeografiado. 37 p.

SCAN (RED DE ASISTENCIA DE PRODUCTOS BÁSICOS SOSTENIBLE). 2015b. Guía de factores que inciden en la calidad del café. Mimeografiado. 100 p.

- SCHICK, C. 2012. Calorimetry. Rev. Polymer Science: Elsevier - A Comprehensive Reference. (2):793-823. Doi:10.1016/b978-0-444-53349-4.00056-x
- SILVA, M.C., CASTRO, H.A., FARNEZI, M.M., PINTO, N.A., SILVA, E.D. 2009. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de Minas, visando determinar a qualidade final do café de Alguns municípios produtores. Rev. Ciência e Agrotecnologia, Brazil. 33(2009):1782-1787. doi:10.1590/s1413-70542009000700014
- SILVA, P.A., OLIVEIRA, M.G. DE, COELHO, P.D. O., SILVA, J.A.C. DA. 2016. Quality of coffee cultivated in Campos Gerais, Minas Gerais. Acta Scientiarum. Rev. Technology, 38(1):1. Doi:10.4025/actascitechnol.v38i1.26445
- SILVA, P. A., RABELO, V. M., CALIXTO, J. M. R., COELHO, P. DE O., GORSKI, I. DE C. 2014. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil. Rev. Acta Scientiarum. Technology. 36(4):739-744. doi:10.4025/actascitechnol.v36i4.19765
- SILVIA, G., BRIZUELA, L., MONTILLA, G., BIANCO, H., LÓPEZ, A. 2014. Evaluación de las características físico-químicas de calidad del café verde y molido. INAPYMI, 2012. 1-9.
- SOBREIRA, F.M., OLIVEIRA, A.C.B., PEREIRA, A.A., SOBREIRA, M.F.C., SAKIYAMA, N.S. 2015. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) genealogic groups using the sensogram and content analysis. Rev. Aust. J. Crop Sci. 9(6):486-493.

- SUNARHARUM, W.B., WILLIAMS, D.J., SMYTH, H.E. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. Rev. Food Research International, Indonesia. 62(2014):315-325.
Doi:10.1016/j.foodres.2014.02.030
- SUNARHARUM, W.B., YUWONO, S.S., PANGESTU, N.B.S., NADHIROH, H. 2018. Physical and sensory quality of Java Arabica green coffee beans. Rev. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Indonesia. 131(2018):012018. Doi:10.1088/1755-1315/131/1/012018
- TAWFIK, M.S., EL BADER, N.A. 2005. Chemical characterization of herar and berry coffee beans with special reference to roasting effect. Rev. Journal of Food Technology, Egypt. 3(4):601-604.
- TOLEDO, O.D. 2015. Guía básica para el análisis de calidad del café. Tesis Licenciado en Gastronomía y Servicio de Alimento y Bebidas. Cuenca. Universidad de Cuenca. 52 p
- TRUJILLO, L. 2010. Determinación de la influencia de la variedad estado de madurez y grado de torrefacción en la cuantificación de polifenoles totales en la bebida de café (Coffee arabica L.). Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 96 p.
- VAAST, P., BERTRAND, B., PERRIOT, J.J., GUYOT, B., GÉNARD, M. 2005. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. Rev. Journal of the Science of Food and Agriculture, Costa Rica. 86(2):197-204. Doi:10.1002/jsfa.2338

- VILCA, S.R. 2014. Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (*Coffea arábica* L.) del valle de Inambari - Sandía. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 141 p.
- WAMUYU, K.A., RICHARD, K., BEATRICE, M., CECILIA, K. 2017. Effect of Different Fermentation Methods on Physicochemical Composition and Sensory Quality of Coffee (*Coffea arabica*). Rev. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, Kenya. 11(06):31-36. Doi:10.9790/2402-1106023136
- WEI, F., FURIHATA, K., MIYAKAWA, T., TANOKURA, M. 2014. A pilot study of NMR-based sensory prediction of roasted coffee bean extracts. Rev. Food Chemistry, 152(2014):363-369. Doi:10.1016/j.foodchem.2013.11.161
- WINTGENS, J.N. 2004. The coffee plant. In Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Corseaux, CH, Wiley-VCH. 24 p.
- WORKU, M., DE MEULENAER, B., DUCHATEAU, L., BOECKX, P. 2018. Efecto en la altitud en la composición bioquímica y la calidad de los granos de café Arábica verde puede verse afectada por el método de la sombra y el procesamiento post-cosecha. Rev. Food Research International, Ethiopia. 105(2018):278-285. Doi:10.1016/j.foodres.2017.11.016
- ZAMBRANO, F.F.G. 2014. Determinación de calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (*Coffea canephora*). Tesis Ingeniero

Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 114 p.

ZANI, A.B. 2015. Avaliação das propriedades físico químicas de café Arábica e conilon clasificados guanto a qualidade d bebida. Tesis Posgrado en Ciencia de Tecnología de Alimentos. Alegre, Es. Universidad Federal de Espiritu Santo. 112 p.

IX. ANEXOS

A-I. Localización de zonas y caseríos de la Provincia de Leoncio Prado.

Zona	Distrito	Caserío	Código	Altitud	Latitud	Longitud
Baja (900–1200) msnm	Mariano Dámaso Beraún	Tahuantinsuyo	ZBT	1 004	-9,438488	-75,963141
	Daniel Alomía Robles	Flor de Belen	ZBFB	919	-9,199524	-75,896623
	Mariano Dámaso Beraún	San Antonio de Palermo	ZBSA	1 173	-9,452681	-75,942306
	Mariano Dámaso Beraún	Monterrey	ZBM	1 021	-9,462375	-75,959064
	Hermilio Valdizán	Juan Velasques Alvarado	ZBVA	1 198	-9,162136	-75,819354
	Daniel Analomía Robles	San Pedro de Huayhuante	ZBPH	1 046	-9,246629	-75,842270
Media (1201–1500) msnm	Hermilio Valdizán	Tres de Octubre	ZMTO	1 268	-9,155019	-75,860273
	Hermilio Valdizán	Manuel Mesones Muro	ZMMM	1 353	-9,161702	-75,827293
	Hermilio Valdizán	Herminilio Valdizán	ZMHV	1 374	-9,203432	-75,835586
	Hermilio Valdizán	José María Ugarteche	ZMU	1 339	-9,178787	-75,841820
	Daniel Alomías Robles	San Isidro	ZMSI	1 426	-9,225217	-75,837507
	Luyando	Puente Piedra	ZMPP	1 482	-9,344652	-75,883394
Alta (1501–1850) msnm	Hermilio Valdizán	San Agustin	ZASA	1 596	-9,205084	-75,803700
	Luyando	Las Palmeras	ZALP	1 628	-9,338893	-75,920162
	Hermilio Valdizán	Rio Azul	ZARA	1 808	-9,204692	-75,816650
	Daniel Alomía Robles	Puerto Alegre	ZAPA	1 671	-9,209162	-75,789871
	Luyando	Felipe Pinglo Alva	ZAFP	1 646	-9,361760	-75,863299
	Daniel Alomía Robles	Once de Octubre	ZAOO	1 565	-9,307047	-75,795235

A-II. Formulario de catación

La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación										Clasificación 6.00 Bueno 7.00 Muy Buen 8.00 Excelente 9.00 Extraordinario 6.25 7.25 ## 9.25 6.50 7.50 ## 9.50 6.75 7.75 ## 9.75												
Nombre: _____										Fecha: _____												
Muestra #	El nivel de tueste	Fragancia/Aroma <small>Total:</small>			Sabor <small>Total:</small>			Acidez <small>Total:</small>			Cuerpo <small>Total:</small>			Uniformidad		Taza Limpia		Puntaje Catador <small>Total:</small>		Suma		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			□ □ □ □ □		□ □ □ □ □		6 7 8 9 10				
		Seco	Cualidades	Espum	Sabor Residual <small>Total:</small>			Intensidad Alto			intensidad Alto			Balance <small>Total:</small>		Dulzor		Defectos (Sustraer)				
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Ligero=2		Rechazo=4 # Tazas intensidad		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Rechazo=4 # Tazas intensidad				
Nota:										Puntaje Final												
Muestra #	El nivel de tueste	Fragancia/Aroma <small>Total:</small>			Sabor <small>Total:</small>			Acidez <small>Total:</small>			Cuerpo <small>Total:</small>			Uniformidad		Taza Limpia		Puntaje Catador <small>Total:</small>		Suma		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			□ □ □ □ □		□ □ □ □ □		6 7 8 9 10				
		Seco	Cualidades	Espum	Sabor Residual <small>Total:</small>			Intensidad Alto			intensidad Alto			Balance <small>Total:</small>		Dulzor		Defectos (Sustraer)				
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Ligero=2		Rechazo=4 # Tazas intensidad		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Rechazo=4 # Tazas intensidad				
Nota:										Puntaje Final												
Muestra #	El nivel de tueste	Fragancia/Aroma <small>Total:</small>			Sabor <small>Total:</small>			Acidez <small>Total:</small>			Cuerpo <small>Total:</small>			Uniformidad		Taza Limpia		Puntaje Catador <small>Total:</small>		Suma		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			□ □ □ □ □		□ □ □ □ □		6 7 8 9 10				
		Seco	Cualidades	Espum	Sabor Residual <small>Total:</small>			Intensidad Alto			intensidad Alto			Balance <small>Total:</small>		Dulzor		Defectos (Sustraer)				
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Ligero=2		Rechazo=4 # Tazas intensidad		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Rechazo=4 # Tazas intensidad				
Nota:										Puntaje Final												
Muestra #	El nivel de tueste	Fragancia/Aroma <small>Total:</small>			Sabor <small>Total:</small>			Acidez <small>Total:</small>			Cuerpo <small>Total:</small>			Uniformidad		Taza Limpia		Puntaje Catador <small>Total:</small>		Suma		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			□ □ □ □ □		□ □ □ □ □		6 7 8 9 10				
		Seco	Cualidades	Espum	Sabor Residual <small>Total:</small>			Intensidad Alto			intensidad Alto			Balance <small>Total:</small>		Dulzor		Defectos (Sustraer)				
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Ligero=2		Rechazo=4 # Tazas intensidad		
		6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10			6 7 8 9 10		□ □ □ □ □		Rechazo=4 # Tazas intensidad				
Nota:										Puntaje Final												

A-III. Preparación de las muestras de granos de café pergamino a grano verde oro.

Zonas	Código	Muestra en pergamino	Trillado				Tamizado				Evaluación física				R
			Cisco		Oro verde		Plato		Malla N° 15		Defectos		No defectos		
			g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	
Zona baja (900 - 1200 msnm)	ZBT	500,00	76,00	15,20	424,00	84,80	22,00	4,40	402	80,40	19,00	3,80	383,00	76,60	76,60
	ZBFB	500,00	99,00	19,80	401,00	80,20	25,00	5,00	376	75,20	19,00	3,80	357,00	71,40	71,40
	ZBSA	500,00	100,00	20,00	400,00	80,00	85,00	17,00	315	63,00	28,00	5,60	287,00	57,40	57,40
	ZBM	500,00	75,00	15,00	425,00	85,00	67,00	13,40	358	71,60	51,00	10,20	307,00	61,40	61,40
	ZBVA	500,00	84,00	16,80	416,00	83,20	47,00	9,40	369	73,80	14,00	2,80	355,00	71,00	71,00
	ZBPH	500,00	106,00	21,20	394,00	78,80	6,00	1,20	388	77,60	19,00	3,80	369,00	73,80	73,80
Zona media (1201-1500 msnm)	ZMTO	500,00	93,00	18,60	407,00	81,40	78,00	15,60	329	65,80	6,00	1,20	323,00	64,60	64,60
	ZMMM	500,00	84,00	16,80	416,00	83,20	18,00	3,60	398	79,60	17,00	3,40	381,00	76,20	76,20
	ZMHV	500,00	85,00	17,00	415,00	83,00	14,00	2,80	401	80,20	13,00	2,60	388,00	77,60	77,60
	ZMU	500,00	93,00	18,60	407,00	81,40	76,00	15,20	331	66,20	4,00	0,80	327,00	65,40	65,40
	ZMSI	500,00	95,00	19,00	405,00	81,00	75,00	15,00	330	66,00	4,00	0,80	326,00	65,20	65,20
	ZMPP	500,00	92,00	18,40	408,00	81,60	82,00	16,40	326	65,20	8,00	1,60	318,00	63,60	63,60
Zona alta (1501-1850 msnm)	ZASA	500,00	93,00	18,60	407,00	81,40	32,00	6,40	375	75,00	16,00	3,20	359,00	71,80	71,80
	ZALP	500,00	86,00	17,20	414,00	82,80	25,00	5,00	389	77,80	17,00	3,40	372,00	74,40	74,40
	ZARA	500,00	94,00	18,80	406,00	81,20	41,00	8,20	365	73,00	19,00	3,80	346,00	69,20	69,20
	ZAPA	500,00	90,00	18,00	410,00	82,00	38,00	7,60	372	74,40	21,00	4,20	351,00	70,20	70,20
	ZAFP	500,00	84,00	16,80	416,00	83,20	15,00	3,00	401	80,20	18,00	3,60	383,00	76,60	76,60
	ZAOO	500,00	91,00	18,20	409,00	81,80	3,00	0,60	406	81,20	37,00	7,40	369,00	73,80	73,80

R: Rendimiento

A-IV. Requisitos de la Asociación de Cafés Especiales de América.

Cantidad de granos	Defectos primarios	Equivalencia a imperfecciones completas
1	Grano Negro	1
1	Grano Agrio	1
1	Cereza Seca	1
1	Dañado por hongo	1
1	Materia extraña	1
5	Grano brocado severo	1
Cantidad de granos	Defectos Secundarios	Equivalencia a imperfecciones completas
3	Grano parcialmente negro	1
3	Grano parcialmente agrio	1
5	pergamino	1
5	Flotadores	1
5	Inmaduro	1
5	Averanado o Arrugado	1
5	Conchas	1
5	Partido / Mordido / Cortado	1
5	Cáscara o pulpa seca	1
10	Grano Brocado Leve	1

A-Va. Clasificación de defectos del grano de café de categoría primario según la SCAA - 2011

Def.	U.	Zona Baja (900 - 1200 msnm)						Zona Media (1201 - 1500 msnm)						Zona Alta (1501 - 1850 msnm)					
		ZBT	ZBFB	ZBSA	ZBM	ZBVA	ZBPH	ZMTO	ZMMM	ZMHV	ZMU	ZMSI	ZMPP	ZASA	ZALP	ZARA	ZAPA	ZAFP	ZAOO
Negro completo	N°	1,00	21,00	2,00	38,00	1,00	7,00	1,00	1,00	3,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	4,00	7,00	1,00	0,00
	g	0,08	2,54	0,23	5,85	0,17	1,51	0,14	0,11	0,37	0,30	0,00	0,00	0,12	0,10	0,42	0,81	0,11	0,00
	%	0,02	0,51	0,05	1,17	0,03	0,30	0,03	0,02	0,07	0,06	0,00	0,00	0,02	0,02	0,08	0,16	0,02	0,00
Agrido completo	N°	14,00	9,00	1,00	46,00	2,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	4,00	0,00	6,00	2,00
	g	2,82	1,42	0,16	8,63	0,30	0,00	0,00	0,17	0,18	0,26	0,12	0,00	0,18	0,15	0,60	0,00	0,64	1,28
	%	0,56	0,28	0,03	1,73	0,06	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,02	0,00	0,04	0,03	0,12	0,00	0,13	0,26
Cerozo seco	N°	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
	g	0,26	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
	%	0,05	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
Dañado por hongos	N°	4,00	1,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
	g	0,79	0,19	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
	%	0,16	0,04	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Materia extraña	N°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brocado severo	N°	2,00	3,00	3,00	1,00	3,00	1,00	0,00	0,00	6,00	1,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,00	13,00	3,00
	g	0,27	0,35	0,50	0,12	0,56	0,22	0,00	0,00	1,03	0,14	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,14	1,70	0,56
	%	0,05	0,07	0,10	0,02	0,11	0,04	0,00	0,00	0,21	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,03	0,34	0,11

A-Vb. Clasificación de defectos del grano de café de categoría secundario según la SCAA (2011)

Def.	U.	Zona Baja (900 - 1200 msnm)						Zona Media (1201 - 1500 msnm)						Zona Alta (1501 - 1850 msnm)					
		ZBT	ZBFB	ZBSA	ZBM	ZBVA	ZBPH	ZMTO	ZMMM	ZMHV	ZMU	ZMSI	ZMPP	ZASA	ZALP	ZARA	ZAPA	ZAFP	ZAOO
Negro parcial	Nº	0,00	4,00	0,00	10,00	0,00	37,00	8,00	0,00	0,00	2,00	1,00	5,00	0,00	2,00	2,00	11,00	9,00	3,00
	g	0,00	0,72	0,00	2,25	0,00	10,30	1,36	0,00	0,00	0,35	0,18	1,01	0,00	0,28	0,26	1,95	0,80	0,65
	%	0,00	0,14	0,00	0,45	0,00	2,06	0,27	0,00	0,00	0,07	0,04	0,20	0,00	0,06	0,05	0,39	0,16	0,13
Agrido parcial	Nº	16,00	5,00	2,00	22,00	0,00	1,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	1,00	2,00	5,00	9,00	11,00
	g	3,34	0,83	0,31	4,03	0,00	0,21	0,00	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,12	0,42	0,79	1,24	2,83
	%	0,67	0,17	0,06	0,81	0,00	0,04	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,02	0,08	0,16	0,25	0,57
Pergamino	Nº	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flotadores	Nº	1,00	2,00	13,00	15,00	0,00	0,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	7,00	47,00
	g	0,12	0,29	2,15	3,47	0,00	0,00	0,34	0,36	0,60	0,74	0,00	0,40	0,00	0,00	0,13	0,00	0,87	10,97
	%	0,02	0,06	0,43	0,69	0,00	0,00	0,07	0,07	0,12	0,15	0,00	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,17	2,19
Inmaduros	Nº	10,00	13,00	17,00	33,00	4,00	4,00	15,00	2,00	4,00	3,00	12,00	10,00	3,00	0,00	16,00	24,00	11,00	30,00
	g	1,40	2,18	2,55	6,04	0,76	1,15	2,86	0,51	0,72	0,57	2,23	1,83	0,39	0,00	2,84	4,82	1,70	7,41
	%	0,28	0,44	0,51	1,21	0,15	0,23	0,57	0,10	0,14	0,11	0,45	0,37	0,08	0,00	0,57	0,96	0,34	1,48
Averanado o arrugado	Nº	7,00	7,00	19,00	2,00	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	2,00	8,00	2,00	26,00
	g	1,36	1,68	3,24	0,53	0,92	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,51	0,42	1,41	0,28	6,06
	%	0,27	0,34	0,65	0,11	0,18	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,10	0,08	0,28	0,06	1,21

Conchas	N°	2,00	6,00	16,00	7,00	5,00	2,00	3,00	10,00	4,00	1,00	2,00	5,00	4,00	18,00	6,00	4,00	5,00	4,00
	g	0,48	0,92	2,91	1,46	1,00	0,43	0,55	1,46	0,85	0,18	0,21	1,22	0,85	3,33	1,01	0,71	0,89	0,75
	%	0,10	0,18	0,58	0,29	0,20	0,09	0,11	0,29	0,17	0,04	0,04	0,24	0,17	0,67	0,20	0,14	0,18	0,15
Partido / Mordido / Cortado	N°	34,00	41,00	83,00	82,00	32,00	27,00	4,00	48,00	39,00	5,00	4,00	17,00	69,00	59,00	64,00	55,00	25,00	24,00
	g	6,16	7,00	15,64	15,98	6,72	5,18	0,65	9,16	8,00	1,08	0,79	2,88	10,39	11,65	12,10	8,86	3,36	5,27
	%	1,23	1,40	3,13	3,20	1,34	1,04	0,13	1,83	1,60	0,22	0,16	0,58	2,08	2,33	2,42	1,77	0,67	1,05
Cascara o pulpa seca	N°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brocado leve	N°	11,00	2,00	2,00	11,00	13,00	0,00	1,00	15,00	6,00	2,00	1,00	3,00	13,00	4,00	4,00	7,00	40,00	5,00
	g	1,94	0,35	0,33	1,90	2,65	0,00	0,25	2,74	1,27	0,40	0,24	0,50	2,20	0,85	0,80	1,34	6,41	0,96
	%	0,39	0,07	0,07	0,38	0,53	0,00	0,05	0,55	0,25	0,08	0,05	0,10	0,44	0,17	0,16	0,27	1,28	0,19

A-VIa. ANVA de la humedad del grano de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Zonas	2	1,484	0,742	2,58	0,0854
Error experimental	51	0,863	0,287	.....	.....
Total	53	16,136	.....	.....	.....
R ² = 0,0919		C.V. = 4,7579	M.S.E. = 0,5359	Media = 11,2651	

A-VIb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de la humedad de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	FC	P valor
Zonas	2	1,484	0,742	2,280	0,1138
Caseríos	2	0,004	0,002	0,010	0,9938
Zonas – Caseríos	4	0,008	0,002	0,010	0,9999
Error experimental	45	14,639	0,325	.....	.....
Total	53	16,136	.....	.....	.....
R ² = 0,0928		C.V. = 5,0630	M.S.E. = 0,5704	Media = 11,2651	

A-VIIa. ANVA de la acidez titulable de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Zonas	2	0,187	0,093	5,52	0,0067
Error experimental	51	0,863	0,017	.....	.....
Total	53	1,049	.....	.....	.....
R ² = 0,1781		C.V. = 10,6342	M.S.E. = 0,1301	Media = 1,2232	

A-VIIb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de la acidez titulable de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio Prado

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	FC	P valor
Zonas	2	0,187	0,093	4,910	0,0118
Caseríos	2	0,001	0,001	0,030	0,9730
Zonas – Caseríos	4	0,005	0,001	0,060	0,9922
Error experimental	45	0,857	0,019	.....	.....
Total	53	1,049	.....	.....	.....

$R^2 = 0,1837$ C.V. = 11,2821 M.S.E. = 0,1380 Media = 1,2232

A-VIIIa. ANVA de solidos solubles totales de granos de café verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Zonas	2	170,794	85,397	4,37	0,0177
Error experimental	51	995,846	19,526	.....	.....
Total	53	1166,640	.....	.....	.....

$R^2 = 0,1464$ C.V. = 10,2223 M.S.E. = 4,4189 Media = 27,2394

A-VIIIb. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de solidos solubles totales de granos de café verde de diferentes zonas – Leoncio

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	FC	P valor
Zonas	2	170,794	85,397	3,86	0,0284
Caseríos	2	0,006	0,003	0,00	0,9999
Zonas – Caseríos	4	0,072	0,018	0,00	1,0000
Error experimental	45	995,768	22,128	.....	.....
Total	53	1166,640	.....	.....	.....

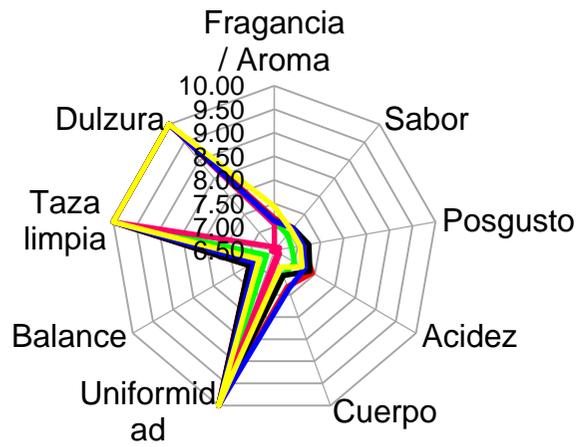
$R^2 = 1,464$ C.V. = 17,2693 M.S.E. = 4,7041 Media = 27,2394

A-IXa. Datos de los puntajes de la calidad sensorial de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

Zona	Caseros	Atributos								
		Fragancia /Aroma	Sabor	Posgusto	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzura
Baja (900 - 1200) msnm	Tahuantinsuyo	7,13	6,94	6,88	7,00	7,06	10,0	6,69	10,0	10,0
	Flor de Belén	7,19	7,13	7,13	7,44	7,31	10,0	7,13	10,0	10,0
	San Antonio de P.	7,13	7,13	7,25	7,38	7,06	10,0	7,13	10,0	10,0
	Monterrey	7,06	6,50	6,44	6,63	6,69	10,0	6,38	10,0	10,0
	Juan Velásquez A.	7,13	7,13	7,13	7,25	7,38	10,0	7,00	10,0	10,0
	San Pedro de H.	7,44	7,06	7,06	7,19	6,88	10,0	6,88	10,0	10,0
Media (120 -1500) msnm	Tres de Octubre	8,00	8,06	7,63	7,69	7,63	10,0	7,69	10,0	10,0
	Manuel Mesones	7,00	7,00	7,00	6,75	7,00	10,0	7,63	10,0	10,0
	Hermilio Valdizán	7,00	7,00	6,50	7,00	7,00	10,0	6,75	10,0	10,0
	José María U.	7,75	8,00	8,00	7,75	7,31	10,0	7,75	10,0	10,0
	San Isidro	8,13	8,00	7,88	7,88	7,75	10,0	7,93	10,0	10,0
	Puente Piedra	7,06	6,56	6,31	6,56	6,44	10,0	6,31	10,0	10,0
Alta (1501-1850) msnm	San Agustín	7,75	7,81	7,88	7,75	7,25	10,0	7,50	10,0	10,0
	Las Palmeras	7,56	7,63	7,50	7,50	7,75	10,0	7,63	10,0	10,0
	Rio Azul	7,81	7,81	7,69	7,75	7,63	10,0	7,63	10,0	10,0
	Puerto Alegre	7,50	7,69	7,50	7,56	7,50	10,0	7,69	10,0	10,0
	Felipe Pinglo Alva	7,69	7,69	7,63	7,69	7,44	10,0	7,63	10,0	10,0
	Once de Octubre	7,57	7,70	7,56	7,58	7,52	10,0	7,50	10,0	10,0

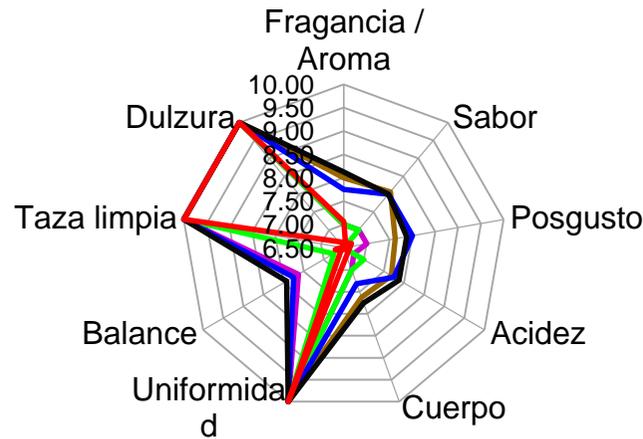
Los valores representan (promedio \pm SEM) repeticiones (n=4).

A-IXb. Representación de los atributos de evaluación en catación de café de diferentes zonas (900-1850 msnm) – Leoncio Prado



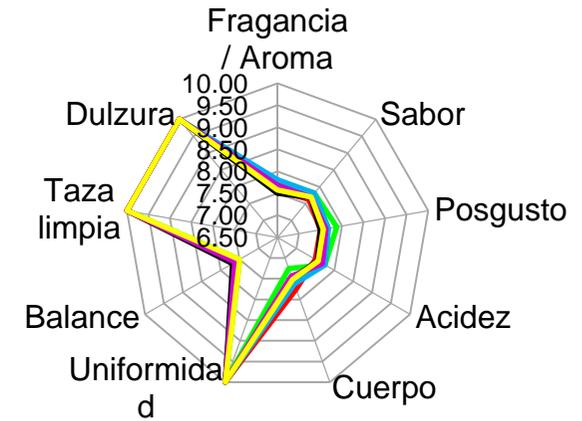
- ZBT — ZBFB
- ZBSA — ZBM
- ZBVA — ZBPH

Zona baja (900–1200 msnm)



- ZMTO — ZMMM
- ZMHV — ZMU
- ZMSI — ZMPP

Zona media (1201–1500 msnm)



- ZASA — ZALP
- ZARA — ZAPA
- ZAFP — ZAOO

Zona alta (1501–1800 msnm)

A-IXc. ANVA del atributo fragancia/aroma en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	0,677	0,338	3,24	0,0676
Error experimental	15	1,566	0,104	.....	.....
Total	17	2,243	.....	.....	.....
R ² = 0,3018		C.V. = 4,3437	M.S.E. = 0,3231	Media = 7,4389	

A-IXd. ANVA del atributo sabor en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	0,672	0,836	5,00	0,0216
Error experimental	15	2,506	0,167	.....	.....
Total	17	4,177	.....	.....	.....
R ² = 0,4002		C.V. = 5,5379	M.S.E. = 0,4087	Media = 7,3800	

A-IXe. ANVA del atributo posgusto en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	1,276	0,638	3,05	0,0773
Error experimental	15	3,138	0,209	.....	.....
Total	17	4,414	.....	.....	.....
R ² = 0,2892		C.V. = 6,2857	M.S.E. = 0,4573	Media = 7,2761	

A- IXf. ANVA del atributo acidez en catación de cafés de granos verde- oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	0,779	0,389	2,75	0,0959
Error experimental	15	2,124	0,142	.....	.....
Total	17	2,904	.....	.....	.....
R ² = 0,2685 C.V. = 5,1178 M.S.E. = 0,3763 Media = 7,3528					

A-IXg. ANVA del atributo cuerpo en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	0,653	0,326	2,99	0,0805
Error experimental	15	1,635	0,109	.....	.....
Total	17	2,287	.....	.....	.....
R ² = 0,2853 C.V. = 4,5503 M.S.E. = 0,3301 Media = 7,2556					

A-IXh. ANVA del atributo balance en catación de cafés de granos verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Tratamiento	2	1,6405	0,820	4,76	0,0251
Error experimental	15	2,587	0,172	.....	.....
Total	17	4,228	.....	.....	.....
R ² = 0,3880 C.V. = 5,7129 M.S.E. = 0,4153 Media = 7,2694					

A-X. Análisis de matriz de correlación / Probabilidades – atributos

Matriz de correlación / Probabilidades						
	Fragancia /Aroma	Sabor	Posgusto	Acidez	Cuerpo	Balance
Fragancia/ Aroma						
Sabor	<0,0001					
Posgusto	<0,0001	<0,0001				
Acidez	<0,0001	<0,0001	<0,0001			
Cuerpo	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001		
Balance	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

A-XI. Análisis de componentes principales de los atributos de catación de café de diferentes zonas – Leoncio Prado

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acumulada
1	5,33	0,89	0,89
2	0,29	0,05	0,94
3	0,19	0,03	0,97
4	0,13	0,02	0,99
5	0,03	0,01	1,00
6	0,02	3.40E-03	1,00

Autovectores		
Variables	e¹	e²
Fragancia/Aroma	0,39	0,67
Sabor	0,43	0,12
Posgusto	0,42	0,09
Acidez	0,42	0,12
Cuerpo	0,39	-0,58
Balance	0,40	-0,42

Correlación con las variables originales		
Variables	CP¹	CP²
Fragancia/Aroma	0,91	0,36
Sabor	0,99	0,06
Posgusto	0,97	0,05
Acidez	0,96	0,07
Cuerpo	0,90	-0,32
Balance	0,93	-0,23

Correlación cofenética = 0.994

A-XIIa. ANVA de la calidad en taza de granos de cafés verde oro de diferentes zonas – Leoncio Prado mediante diseño completo al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P valor
Zonas	2	226,549	113,275	15,62	<0,0001
Error experimental	69	500,345	7,251	.....	.....
Total	71	726,895	.....	.....	.....
R ² = 0,3117		C.V. = 3.3169	M.S.E. = 2,6928	Media = 81,1833	

A-XIIb. Resultado del perfil de taza de café de diferentes zonas y caseríos de Leoncio Prado mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	FC	P valor
Zonas	2	4,073	2,036	53,87	<0,0001
Caseríos	2	0,247	0,123	3,27	0,0336
Zonas – Caseríos	4	0,412	0,103	2,27	0,0503
Error experimental	27	1,021	0,038	.....	.....
Total	35	5,752	.....	.....	.....
R ² = 0,8226		C.V. = 14,9119	M.S.E. = 0,1944	Media = 1,3038	

A-XIII. Fotos de los respectivos análisis en los laboratorios y muestreo



Café pergamino



Trillado



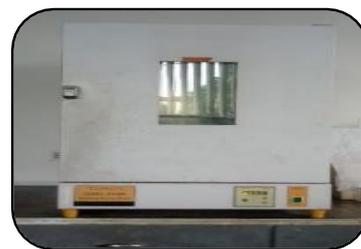
Café verde



Clasificación de defecto



Conteo de defecto



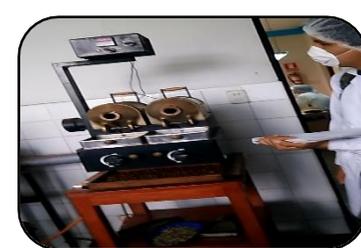
Análisis de humedad



Análisis de acidez



Análisis de sólidos
solubles totales



Tostado de café verde



Molido de café tostado



Evaluando fragancia



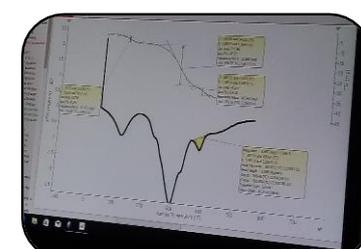
Ingestión a 93 °C



Evaluación de atributos de
catación-calidad en taza



Termogravimetría



Grafica de TG y DTG