



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

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

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**INFLUENCIA DEL TIPO DE BENEFICIO Y LA ALTITUD EN
LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES
DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L. var. Catimor y Caturra)**

Autor: Bach. Exequiel Díaz Lozano

Asesor: Mg. Ing. Segundo Chavez Quintana

Co-asesor: Ing. María Ney Álvarez Robledo

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Este triunfo se lo dedico:

En especial a los autores de mi vida Santos Díaz Sánchez y María Lozano Delgado, mis amados padres como tributo a su guía por el camino del bien, por estar siempre pendiente de mí y mis estudios. Por ser el apoyo permanente y mi principal motivo para seguir adelante y no rendirme ante ninguna adversidad. Son los mejores padres que DIOS me pudo dar.

A mis queridos hermanos Hernán, Consuelo, Joel y Magdalena, por impulsarme a seguir en la lucha hasta ser profesional y hermanos mayores que también me ayudaron para terminar esta etapa de mi vida.

A todos mis familiares y amistades por su constante apoyo y comprensión en el desarrollo de mi carrera profesional y por ser la razón más poderosa para continuar con mi superación personal y profesional. Esto fue posible primero que nadie con la ayuda de Dios, gracias por otorgarme la sabiduría y la salud para lograrlo.

Dios los bendiga.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer:

A Dios en primer lugar por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de mi vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y valores que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos por ser un ejemplo de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles y a todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente en mi carrera profesional.

Al Ing. Mg. Segundo Chavez Quintana asesor de tesis y a la Ing. María Ney Álvarez Robledo co asesora de tesis, por todos los conocimientos impartidos durante el desarrollo de mi tesis.

A la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” San Nicolás – Mendoza, por el apoyo, colaboración, paciencia y sobre todo por la oportunidad que me brindaron para que me sea posible la realización de mi proyecto de tesis.

A la Cooperativa Agraria Cafetalera “CASIL Ltda. San Ignacio, Cajamarca, Perú” por el apoyo en el análisis sensorial de café; en especial al Lic.Q-grader Elton Vera Olivera por su apoyo en catación.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

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

**DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
RECTOR**

**DR. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMAN
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN**

**ING. MSC. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
AGRARIAS**

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El docente adscrito a la Facultad de Ingeniería y ciencias agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, **Ing. Ms Segundo G. Chavez Quintana** otorga su Visto Bueno:

A la tesis titulada “INFLUENCIA DEL TIPO DE BENEFICIO Y LA ALTITUD EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L. var. Catimor y Caturra)” realizado por el **Bach. Exequiel Diaz Lozano**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial; que sea presentada al jurado evaluador, comprometiéndose a brindar su apoyo para el levantamiento de observaciones y la sustentación correspondiente.

Chachapoyas, 28 de octubre del 2020



Ing. Ms. Segundo G. Chavez Quintana

JURADO EVALUADOR



Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

PRESIDENTE



Ing. MsC. Grobert Amado Guadalupe Chuqu

SECRETARIO



Ing. Ms. Roberto Carlos Mori Zabarburú

VOCAL



ANEXO 3-K

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo Exequiel Diaz Lozano
identificado con DNI N° 48332036 Estudiante()/Egresado (X) de la Escuela Profesional de
Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de:
Ingeniería y ciencias Agrarias
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: Influencia del tipo de beneficio y la altitud en
las características fisicoquímicas y sensoriales del café (Coffea
arabica L. var. Catimor y Caturra)



que presento para
obtener el Título Profesional de: Ingeniero Agroindustrial

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 21 de Febrero de 2020

Firma del(a) tesista



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de MARZO del año 2020, siendo las 15:30 horas, el aspirante EXEQUIEL DIAZ LOZANO

defiende en sesión pública la Tesis titulada: INFLUENCIA DEL TIPO DE BENEFICIO Y LA ALTITUD EN LAS CARACTERÍSTICAS FISIQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL CAFÉ (Coffea arabica L. var. Catimor y Caturra).

para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : ROBERT JAVIER CRUZALEGUI FERNÁNDEZ
Secretario : GROBERT AMADO GUADALUPE CHUQUI
Vocal : ROBERTO CARLOS MOM ZABARBURÚ



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.


Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

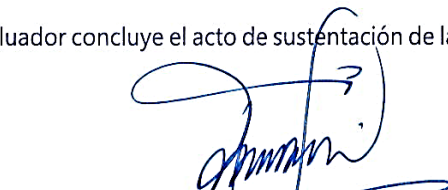
Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:02 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vii
ACTA DE AVALUACIÓN DE SUTENTACIÓN.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Ubicación	18
2.2. Lugar de ejecución	19
2.3. Materiales para la investigación.....	19
2.4. Diseño de la investigación	19
2.5. Metodología del procedimiento experimental de operaciones.....	21
2.6. Variables evaluadas.....	28
2.7. Análisis estadístico.....	31
III. RESULTADOS	32
3.1. Propiedades fisicoquímicas.....	32
3.2. Propiedades sensoriales.....	46
IV. DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
VIII. ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de beneficio del café	20
Tabla 2. Altitudes de las fincas del café	20
Tabla 3. Variedades de café	20
Tabla 4. Arreglo experimental completamente al azar (DCA)	20
Tabla 5. Altitudes consideradas para la toma de muestras de café	22
Tabla 6. Presencia o ausencia de cada compuesto volátil de café por cada tratamiento	35
Tabla 7. Cantidad de compuestos volátiles por grupo funcional orgánico en cada tratamiento	39
Tabla 8. Datos promedios obtenidos de análisis fisicoquímicos y sensoriales del café.	58
Tabla 9. Análisis de varianza para la evaluación fisicoquímica del café	65
Tabla 10. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto al tipo de beneficio	66
Tabla 11. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto a la altitud	66
Tabla 12. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto a la variedad	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Mapa de ubicación de las parcelas donde se obtuvo las muestras	18
Fig.2. Diagrama de flujo del método de beneficio natural	22
Fig.3. Diagrama de flujo del método de beneficio lavado	24
Fig.4. Diagrama de flujo del método de beneficio honey.....	26
Fig.5. Diagrama de flujo para la evaluación de variables.....	27
Fig.6. Porcentaje de rendimiento del café para cada tratamiento	32
Fig.7. Porcentaje de café de segunda o descarte para cada tratamiento	33
Fig.8. Porcentaje de cáscara para cada tratamiento	34
Fig.9. Porcentaje de humedad para cada tratamiento	34
Fig.10. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación al tipo de beneficio.....	40
Fig.11. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación a la altitud	41
Fig.12. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación a la variedad.....	41
Fig.13. Potencial de iones de hidrógeno (pH) del café para cada tratamiento	42
Fig.14. Comparación de medias del pH del café en relación al tipo de beneficio.....	42
Fig.15. Comparación de medias del pH del café en relación a la altitud.....	43
Fig.16. Comparación de medias del pH del café en relación a la variedad	43
Fig.17. Acidez titulable del café para cada tratamiento.....	44
Fig.18. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación al tipo de beneficio.....	45
Fig.19. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación a la altitud .	45
Fig.20. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación a la variedad..	46
Fig.21. Perfiles de taza del café para cada tratamiento.....	46
Fig.22. Perfiles de taza del café en relación a los tres métodos de beneficio	47
Fig.23. Perfiles de taza del café en relación a la altitud.....	48
Fig.24. Perfiles de taza del café en relación a la variedad	48
Fig.25. Parcela de café Catimor – Omia	68
Fig.26. Investigador cosechando café Caturra - Omia.....	68
Fig.27. Cosecha de café – San Nicolás	68
Fig.28. Parcela de recolección de muestras-San Nicolás.....	68

Fig.29. Investigador cosechando café – Unión	68
Fig.30. Parcela de reolección de muestras - Unión.....	68
Fig.31. Pesado de las muestras (3 kg)	69
Fig.32. Boyado de muestras – Estación de Huambo	69
Fig.33. Fermentación de algunas las muestras	69
Fig.34. Despulpado de muestras	69
Fig.35. Secado de café (beneficio lavado)	69
Fig.36. Secado de las muestras (beneficio natural)	69
Fig.37. Secado de café natural y honey en bandejas	70
Fig.38. Almacenamiento de las muestras - Huambo	70
Fig.39. Análisis físico de café- C.”Alta Montaña	70
Fig.40. Midiendo la humedad- C.”Alta Montaña”	70
Fig.41. Tostado de café en el laboratorio - UNTRM	70
Fig.42. Envasado de muestras – UNTRM	70
Fig.43. Etiquetado de muestras - UNTRM	71
Fig.44. Molienda del café tostado – UNTRM	71
Fig.45. Etiquetado de muestras - UNTRM	71
Fig.46. Muestras para evaluar compuestos volátiles	71
Fig.47. Muestras para extraer compuestos volatiles	71
Fig.48. Microextracción en fase sólida (SMPE).....	71
Fig.49. Evaluación del pH y acidez titulable	72
Fig.50. Preparación de muestras para el tostado.....	72
Fig.51. Tostado de café - Cooperativa CASIL	72
Fig.52. Análisis de Fragancia – Catador Q Grader.....	72
Fig.53. Análisis sensorial del café – San Ignacio	72
Fig.54. Análisis sensorial finalizado – San Ignacio.....	72
Fig.55. Cromatograma de beneficio natural	73
Fig.56. Cromatograma de beneficio lavado.....	73
Fig.57. Cromatograma de beneficio honey.....	73
Fig.58. Cromatograma de café de 1400 ± 50 msnm.	74
Fig.59. Cromatograma de café de 1600 ± 50 msnm... ..	74
Fig.60. Cromatograma de café de 1800 ± 50 msnm	74
Fig.61. Cromatograma de la variedad Catimor.....	75
Fig.62. Cromatograma de la variedad Caturra.....	75

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de evaluar la influencia del tipo de beneficio y altitud en las características fisicoquímicas y sensoriales de café, en la provincia Rodríguez de Mendoza. Los tipos de beneficio fueron natural, lavado y honey; provenientes de altitudes 1400 ± 50 msnm, 1600 ± 50 msnm y 1800 ± 50 msnm y en dos variedades de café (Catimor y Caturra). De la combinación de los factores en estudio (3 tipos de beneficio, 3 altitudes y 2 variedades) se definieron 18 tratamientos. El diseño experimental aplicado fue completamente al azar con tres repeticiones. La recolección de muestras de café se realizó durante la cosecha cafetalera de mayo y junio del año 2019, cada muestra tuvo un peso de 3 kg en café cerezo; el análisis físico se realizó en la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” San Nicolás, los análisis químicos (composición volátil, pH, acidez titulable) se realizaron en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza y el análisis sensorial de café se realizó en la Cooperativa Agraria Cafetalera “CASIL Ltda. San Ignacio, Cajamarca”. Como resultado se encontró que el método de beneficio no influye en la composición volátil y en el pH del café; pero si tiene influencia en la acidez titulable y en las características sensoriales del café. La altitud de las zonas del cultivo de café tiene influencia en las características fisicoquímicas del café. En conclusión, las características fisicoquímicas y sensoriales del café dependen de la altitud y el tipo de beneficio, mas no de la variedad.

Palabras claves: altitud, tipo de beneficio, puntuación en taza, compuesto volátil, cromatografía de gases.

ABSTRACT

The present research work was carried out in order to evaluate the influence of the type of benefit and altitude on the physicochemical and sensory characteristics of coffee, in the Rodríguez de Mendoza province. The types of benefit were natural, washed and honey; from altitudes 1400 ± 50 masl, 1600 ± 50 masl and 1800 ± 50 masl and in two varieties of coffee (Catimor and Caturra). From the combination of the factors under study (3 types of benefit, 3 altitudes and 2 varieties), 18 treatments were defined. The applied experimental design was completely randomized with three repetitions. The collection of coffee samples was carried out during the coffee harvest of May and June of the year 2019, each sample had a weight of 3 kg in cherry coffee; The physical analysis was carried out at the Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” San Nicolás, the chemical analyzes (volatile composition, pH, titratable acidity) were carried out at the Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza and the sensorial analysis of coffee was carried out at the Cooperativa Agraria Cafetalera “CASIL Ltda. San Ignacio, Cajamarca”. As a result, it was found that the beneficiation method does not influence the volatile composition and the pH of the coffee; but it does have an influence on the titratable acidity and the sensory characteristics of the coffee. The altitude of the coffee growing areas has an influence on the physicochemical characteristics of the coffee. In conclusion, the physicochemical and sensory characteristics of coffee depend on the altitude and the type of benefit, but not on the variety.

Keywords: altitude, type of benefit, cup score, volatile compound, gas chromatography.

I. INTRODUCCIÓN

El café es considerado la segunda bebida con mayor consumo después del agua, como señala la International Coffee Organization (ICO). Los ingresos por café contribuyen al desarrollo sostenible de las economías de los países que dependen de la producción y exportación de este producto; Perú ocupa el octavo lugar en la producción mundial de café (Becerra *et al.*, 2017).

En Amazonas el café es el cultivo permanente más importante, cuya participación en el valor bruto de producción agropecuaria representa el 24,37 % del área total instalada a nivel nacional, constituyéndose en la tercera región cafetalera del país en importancia y la segunda en producción de café orgánico (Dirección Regional Agraria Amazonas, 2017).

La provincia Rodríguez de Mendoza, está ubicada al sur este del departamento de Amazonas y se caracteriza por su clima tropical, a una altura de 1 012 a 2 000 msnm. La principal actividad es la agricultura y el cultivo más importante es el café, produciendo aproximadamente 3000 toneladas de café pergamino al año (Dirección Regional Agraria Amazonas, 2017).

Estrella (2014) señala que las condiciones de variedad, altitud, un adecuado manejo agronómico y el proceso de beneficio de café influyen mucho en la calidad y para Mero (2018) existen 3 procesos que influyen en la calidad del café; cosecha, beneficio y secado.

La variedad catimor es la resultante del cruzamiento entre Caturra por Híbrido de Timor (híbrido de robusta y arábica muy resistente a la oxidación); fue creada en Portugal en 1959, Sotomayor y Duicela (citado en Quiliguango, 2013). La variedad Caturra es una mutación de la variedad Bourbon descubierta en Brasil con una alta producción y buena calidad pero requiere de una amplia atención. Además hay dos tipos de cultivares “Caturra rojo” y “Caturra amarillo”; los nombres rojo y amarillo se han dado con base en la coloración de los frutos y se adapta bien a casi cualquier ambiente, pero mejor entre los 500 msnm y 1700 msnm y a mayor altitud aumenta la calidad, pero disminuye la producción (Estrella, 2014).

La calidad de cafés especiales está influenciada por múltiples factores, entre ellos la altitud, para Buenaventura y Castaño (2002) este factor tiene un efecto determinante sobre las características fisicoquímicas y las cualidades organolépticas del café tostado y de la bebida. Para Jarata (2015) el factor altitud por influencia de condiciones del clima tiene un efecto significativo en los atributos de aroma y acidez, pero en cuanto a sabor y cuerpo del café no tiene efecto significativo. Para Estrella (2014) la altitud tiene influencia en las características físicas de ancho y espesor del grano de café, sobresaliendo en mayor medida la que tiene mayor altitud; en cuanto a las características sensoriales se obtiene mayor calificación en taza, en el atributo de fragancia/aroma.

Las características fisicoquímicas y organolépticas se ven influenciadas por el beneficio (Ramos & Criollo, 2016). La mayor proporción de café de buena calidad se obtiene de las muestras procesadas por fermentación y secado al sol, además para mejorar las características de café con sabores especiales y consistentes es necesario detectar las fallas en los procesos de beneficio y secado de café (Puerta *et al.*, 2016).

El proceso de beneficio 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 (Aristizabal & Duque, 2006). Egred y Tapia (2017) afirman que el método de beneficio que se aplica afecta en gran manera a la taza final de la calidad de café, ya que cada método afecta la composición química del grano.

Para Palma (citado en Gonzales, 2017) los cafés con beneficio natural manifiestan una buena calidad en aroma, sabor y cuerpo de la bebida y cuando se tienen los controles adecuados en el beneficio del grano, son los que presentan características organolépticas superiores a otros métodos de beneficio. Además, uno de los efectos que tiene este método es la impregnación de la semilla con los azúcares y otros compuestos presentes en el mucílago del café, lo que conduce a tener los sabores característicos de los cafés beneficiados por esta vía.

En el mercado mundial del café, la calidad del grano (relacionada con el aroma, sabor, cuerpo y acidez) y su consistencia, son los factores más decisivos para los clientes en el momento de la compra. La calidad, es el conjunto de características (físicas y

organolépticas) que motivan a un comprador a pagar un precio determinado por un producto. Cuando se cumplen ambas condiciones: consistencia y calidad de café, los clientes están dispuestos a pagar un precio superior y se puede lograr una diferenciación del mismo que representa un mayor ingreso, una mayor rentabilidad y competitividad de la industria cafetalera (Gonzales, 2017).

Según Mero (2018) en el análisis sensorial del café entre los métodos de beneficio lavado, natural y honey, resalta los cafés con beneficio natural, dando puntuaciones altas que en fragancia/aroma resalta notas a caramelo, frutas; en sabor como frutos secos; cuerpo cremoso que se encuentra dentro del campo de cafés especiales.

Boyacá (2018) indica que en el café con beneficio Honey se acentúan las características sensoriales de los granos de café, destacando: el dulzor, taza limpia y suave en comparación con el beneficio via convencional o lavado, donde la taza presenta astringencia, amargo, pesado, con algo de notas cítricas, en conclusión afirma que el beneficio honey exalta características propias del café con mejores atributos sensoriales.

Mejía *et al.* (2018) sostienen que para ser un café especial que contenga características únicas, es necesario modificar procesos de post cosecha tradicionales para obtener una diferenciación del producto final; además indica que la fermentación por vía húmeda no confiere características que den valor agregado, a diferencia del café con beneficio honey que le otorga características en taza que lo diferencian.

La identificación de compuestos volátiles del café puede variar con base en su lugar de origen, la variedad botánica, el manejo agronómico, el tratamiento post cosecha y especialmente, el grado de tostado de los granos y el método de extracción (González *et al.*, 2011); lo cual para esta investigación se utilizó la micro extracción en fase sólida (SPME).

En ésta investigación se pretende evaluar la influencia de tres tipos de beneficio a diferentes altitudes, en las características fisicoquímicas y sensoriales de dos variedades de café.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

Las parcelas donde se obtuvo las muestras están ubicadas en los distritos de Omia, San Nicolás y Huambo de la provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas. La provincia Rodríguez de Mendoza está ubicada en la parte sureste de la región, entre las coordenadas $6^{\circ}18'57''$ de latitud sur y $77^{\circ}32'17''$ de longitud oeste, limita por el Norte, por el Este y por el Sur con el departamento de San Martín y por el Oeste con la provincia de Chachapoyas.

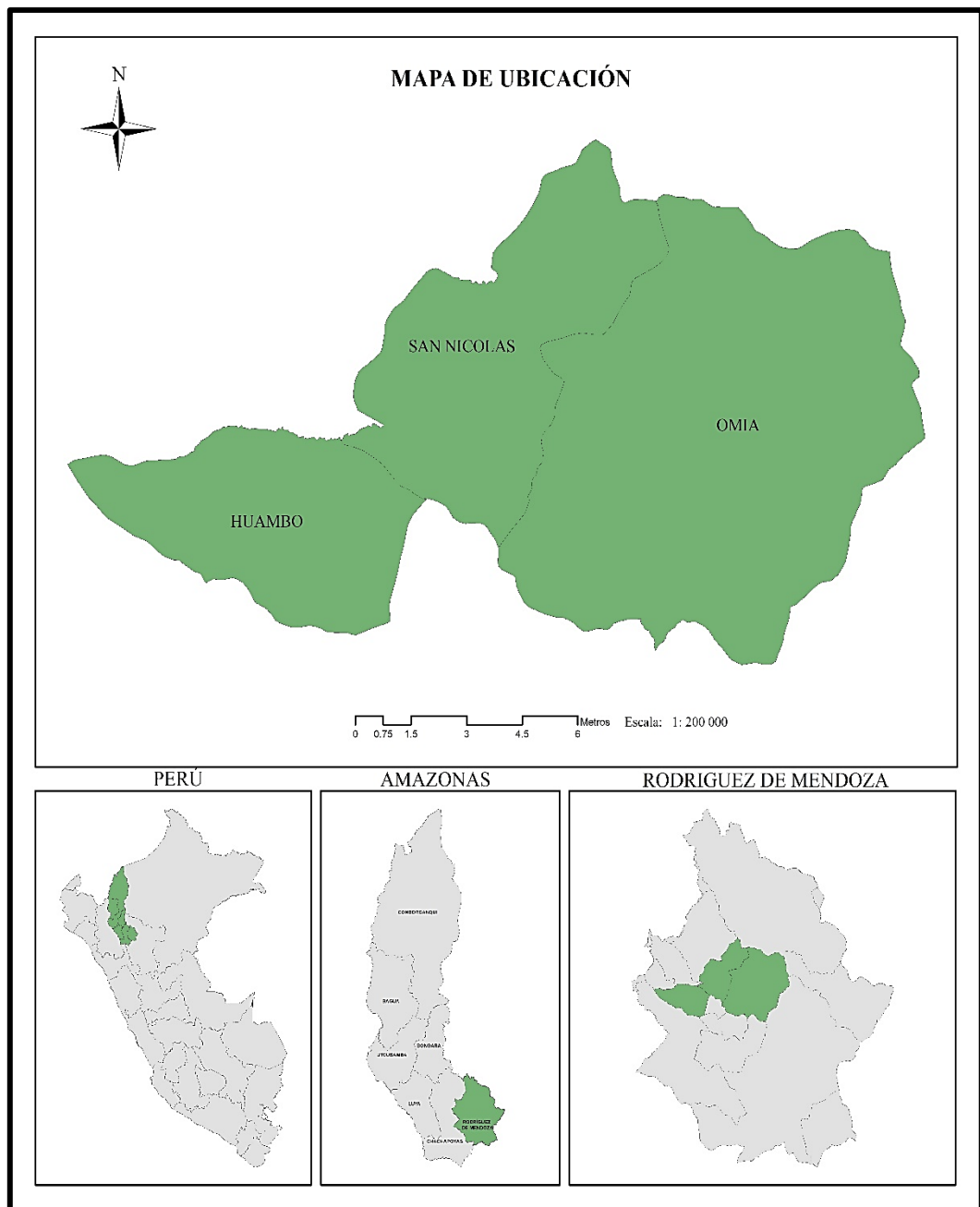


Fig.1. Mapa de ubicación de las parcelas donde se obtuvo las muestras

2.2.Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó entre los meses de mayo a diciembre del 2019, donde el beneficiado de las muestras se realizó en la estación del INDES-CES, ubicado en el distrito de Huambo, Provincia Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas.

2.3.Materiales para la investigación

2.3.1. Reactivos e insumos

Los reactivos e insumos utilizados en la presente investigación fueron: solución de NaOH, Fenolftaleína, fibra bipolar de 2 cm-50/30 μ m de divinilbenceno/CarboxenTM/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) y muestras de café.

2.3.2. Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas utilizados en la investigación fueron: balanza gramera digital (Marca Camry), despulpadora (Marca Casa Salazar, Modelo DP-600), bolsas de polietileno con cierre hermético, baldes plásticos, Termohigrómetro digital (Marca Eurotech-SH-110), cronómetro (Marca Casio), frascos de vidrio, viales, sacos de polipropileno, bandejas de secado, determinador de humedad (Modelo G650i), piladora de café (Marca Ingesecc ING- K- 60), tostador de café (Marca Mikel Coffe, Modelo MC003/17), molino de café (Marca Malkonig) y cromatógrafo de gases (Modelo Agilent 5977B).

2.4.Diseño de la investigación

2.4.1. Descripción del diseño experimental

En este trabajo de investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial (3A x 3B x 2C) con 18 tratamientos, 3 repeticiones y un total de 54 unidades experimentales; donde: el factor A: tipo de beneficio (natural, lavado y honey); el factor B: altitud (1400 \pm 50 msnm, 1600 \pm 50 msnm, 1800 \pm 50 msnm); el factor C: variedad (Catimor y Caturra).

2.4.2. Factores en estudio

Tabla 1. Métodos de beneficio del café

Código	Método de beneficio
A ₁	Beneficio por vía seca o natural
A ₂	Beneficio por vía húmeda o lavado
A ₃	Beneficio por vía semihúmeda o honey

Tabla 2. Altitudes de las fincas del café

Código	Finca	Altitud (msnm)
B ₁	Omia	1400 ± 50
B ₂	San Nicolás	1600 ± 50
B ₃	Huambo (unión)	1800 ± 50

Tabla 3. Variedades de café

Código	Variedad de café
C ₁	Catimor
C ₂	Caturra

2.4.3. Tratamientos

En la tabla 3 se muestra la distribución de los tratamientos de acuerdo con el diseño que se utilizó.

Tabla 4. Arreglo experimental completamente al azar (DCA)

FACTOR (A)	NIVELES		REPETICIONES		
	FACTOR (B)	FACTOR (C)			
Natural	1400 ± 50 msnm	Catimor	A ₁ B ₁ C ₁	A ₁ B ₁ C ₁	A ₁ B ₁ C ₁
		Caturra	A ₁ B ₁ C ₂	A ₁ B ₁ C ₂	A ₁ B ₁ C ₂
	1600 ± 50 msnm	Catimor	A ₁ B ₂ C ₁	A ₁ B ₂ C ₁	A ₁ B ₂ C ₁
		Caturra	A ₁ B ₂ C ₂	A ₁ B ₂ C ₂	A ₁ B ₂ C ₂
	1800 ± 50 msnm	Catimor	A ₁ B ₃ C ₁	A ₁ B ₃ C ₁	A ₁ B ₃ C ₁
		Caturra	A ₁ B ₃ C ₂	A ₁ B ₃ C ₂	A ₁ B ₃ C ₂

Lavado	1400 ± 50	Catimor	A ₂ B ₁ C ₁	A ₂ B ₁ C ₁	A ₂ B ₁ C ₁
	msnm	Caturra	A ₂ B ₁ C ₂	A ₂ B ₁ C ₂	A ₂ B ₁ C ₂
	1600 ± 50	Catimor	A ₂ B ₂ C ₁	A ₂ B ₂ C ₁	A ₂ B ₂ C ₁
	msnm	Caturra	A ₂ B ₂ C ₂	A ₂ B ₂ C ₂	A ₂ B ₂ C ₂
	1800 ± 50	Catimor	A ₂ B ₃ C ₁	A ₂ B ₃ C ₁	A ₂ B ₃ C ₁
	msnm	Caturra	A ₂ B ₃ C ₂	A ₂ B ₃ C ₂	A ₂ B ₃ C ₂
Honey	1400 ± 50	Catimor	A ₃ B ₁ C ₁	A ₃ B ₁ C ₁	A ₃ B ₁ C ₁
	msnm	Caturra	A ₃ B ₁ C ₂	A ₃ B ₁ C ₂	A ₃ B ₁ C ₂
	1600 ± 50	Catimor	A ₃ B ₂ C ₁	A ₃ B ₂ C ₁	A ₃ B ₂ C ₁
	msnm	Caturra	A ₃ B ₂ C ₂	A ₃ B ₂ C ₂	A ₃ B ₂ C ₂
	1800 ± 50	Catimor	A ₃ B ₃ C ₁	A ₃ B ₃ C ₁	A ₃ B ₃ C ₁
	msnm	Caturra	A ₃ B ₃ C ₂	A ₃ B ₃ C ₂	A ₃ B ₃ C ₂

2.5. Metodología del procedimiento experimental de operaciones

2.5.1. Selección de fincas

En cooperación con la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña”, se realizó la selección de caficultores asociados. Dentro de los criterios, se optó por productores que posean mayor a una hectárea de café; que estén ubicados en las altitudes adecuadas y que sus fincas tengan ambas variedades de café (Catimor y Caturra), los lugares que se seleccionó fueron Omia, San Nicolás y Unión – Huambo. En la tabla 5, se consigna la información correspondiente a las fincas participantes y los datos de ubicación.

2.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por la producción de café de diferentes altitudes en la provincia de Rodríguez de Mendoza localizándolo mediante GPS y cada muestra estaba conformada por 3 kg de café cerezo.

Tabla 5. Altitudes consideradas para la toma de muestras de café

Zona	Sector	Variedad	Altitud (msnm)	Georreferenciación
1	Omía	Catimor	1400 ± 50	S: 6°28'2" W: 77°23'40"
	Omía	Caturra	1400 ± 50	S: 6°27'34" W: 77°23'53"
2	San Nicolás	Catimor	1600 ± 50	S: 6°23'53" W: 77°28'23"
	San Nicolás	Caturra	1600 ± 50	S: 6°23'53" W: 77°28'23"
3	Huambo (unión)	Catimor	1800 ± 50	S: 6°26'44" W: 77°32'40"
	Huambo (unión)	Caturra	1800 ± 50	S: 6°26'44" W: 77°32'40"

Las tomas de muestras se realizaron por triplicado para la evaluación de la influencia del tipo de beneficio y la altitud en las características fisicoquímicas y sensoriales del café.

2.5.3. Obtención de café por el método de beneficio vía seca o natural.

El método de beneficio por la vía seca es un proceso de transformación de café cerezo exponiéndole directamente a los rayos del sol (Figura 2), donde la operación más importante es el secado (Duicela *et al.*, 2010).

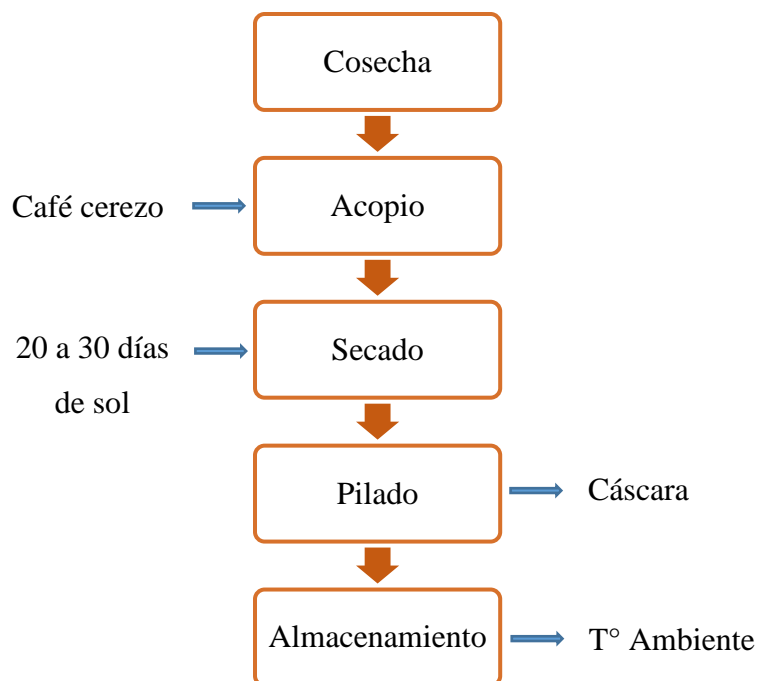


Fig.2. Diagrama de flujo del método de beneficio natural

Cosecha

Se recolectaron manualmente los cerezos maduros, aquellos frutos mayores de un centímetro de diámetro y una óptima coloración roja, cosechando 54 kg de café cerezo por cada zona (9 kg de café Catimor y 9 kg de café Caturra para cada tipo de beneficio).

Acopio

Después de la recolección de los cerezos, se almacenó en el laboratorio de la Estación del INDES-CES - Huambo.

Secado

Se procedió a secar el café cerezo hasta que alcanzó un contenido de humedad de 10-12 %; donde se removía de 3 a 5 veces por día, que requirió una exposición a los rayos del sol entre 20 a 30 días. Esta operación se llevó a cabo sobre sacos de polipropileno (ver figura 36) y en bandejas de plástico (ver figura 37).

Pilado

Se eliminaron las envolturas del almendro a través de una piladora de café. En esta operación se realizó el análisis físico en la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” – San Nicolás.

Almacenamiento

Las muestras se empacaron en bolsas de polietileno con cierre hermético (ver figura 38), para ser almacenadas en el laboratorio de la Estación del INDES-CES – Huambo a temperatura ambiente.

2.5.4. Obtención de café por el método de beneficio vía húmeda o lavado.

El método de beneficio por la vía húmeda o lavado es un proceso de transformación del café cerezo maduro, que involucra boyado, despulpado, fermentación y lavado para obtener el café pergamino húmedo (Figura 3), que luego del secado y trillado (pilado) da como producto final el café lavado (Duicela *et al.*, 2010).

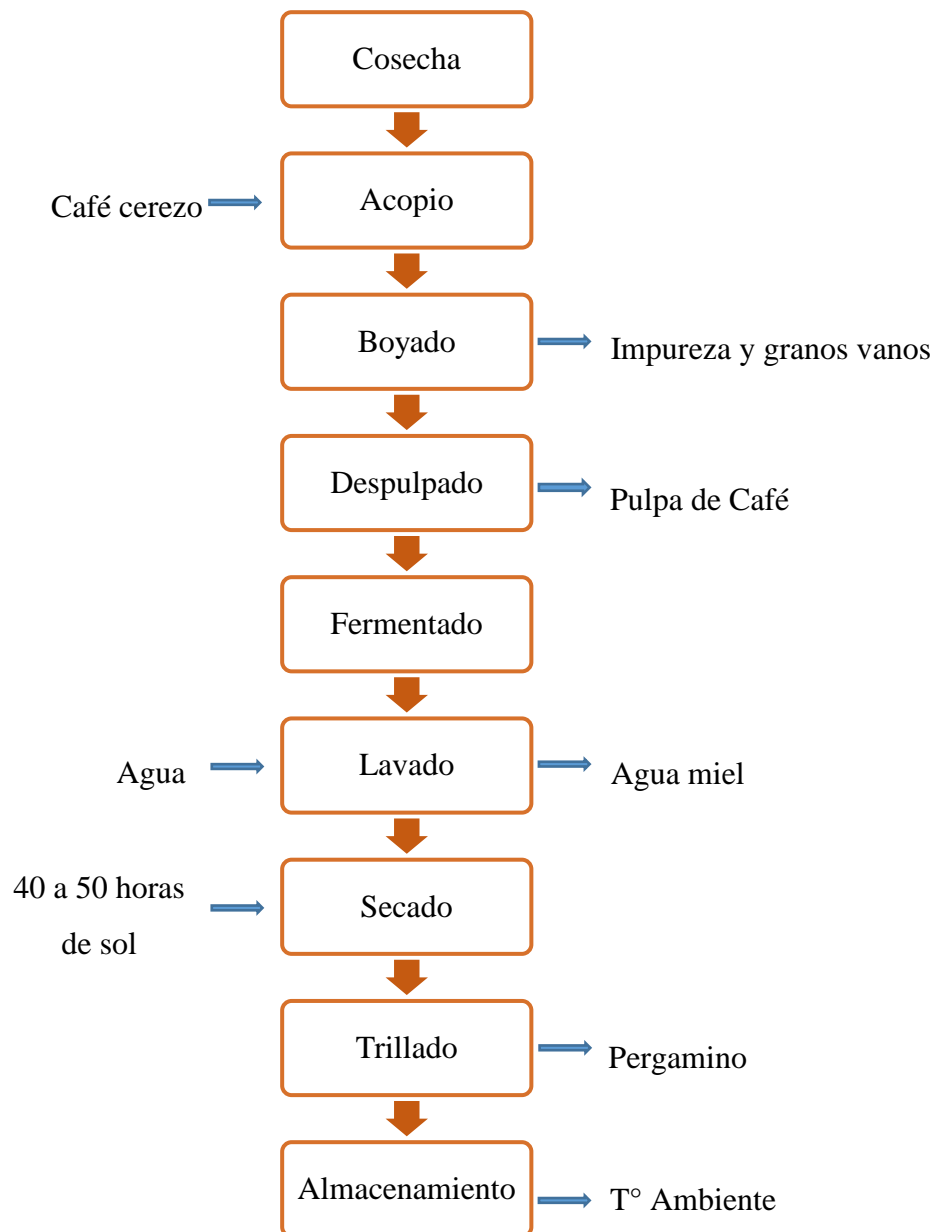


Fig.3. Diagrama de flujo del método de beneficio lavado

Boyado

Se sumergió en un recipiente (balde) con agua el café cerezo, se descartó las impurezas y los granos flotantes. Los cerezos seleccionados quedaron en el fondo del recipiente.

Despulpado

Se realizó el despulpado el mismo día de la cosecha que tiene como objetivo separar el grano del café de la envoltura exterior, se utilizó para ello una máquina despulpadora.

Fermentado

Al café despulpado se sometió a un proceso de fermentación para facilitar la separación del mucílago con el grano, la duración de esta operación ha sido entre 18 y 24 horas para ambas variedades (Catimor y Caturra). Se utilizó envases de plástico para esta operación (figura 33).

Lavado

El lavado del café se realizó con agua limpia cuando el mucílago ha sido degradado. Se procedió a dar enjuagues con agua a la masa de café hasta eliminar el mucílago del grano, para esta operación se utilizó baldes de 20 litros de capacidad.

Secado

Se procedió a secar inmediatamente después del lavado del grano hasta alcanzar un porcentaje de humedad de 10% a 12%, entre 40 a 50 horas de exposición a los rayos del sol, sobre sacos de polipropileno (ver figura 35).

Trillado

Se separó el pergamino del grano a través de una piladora de café; es así donde se obtuvo el café en oro verde. Esta operación se realizó en la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” – San Nicolás.

2.5.5. Obtención de café por el método de beneficio vía semihúmeda o honey.

Este método es un proceso de transformación del café maduro; donde una vez que se ha despulpado el café, se deja escurrir una parte del mucílago y luego se realiza la operación de secado con la miel del café y debe removerse entre 5 y 7 veces al día (Duicela *et al.*, 2009). Involucra boyado, despulpado y secado (figura 4).

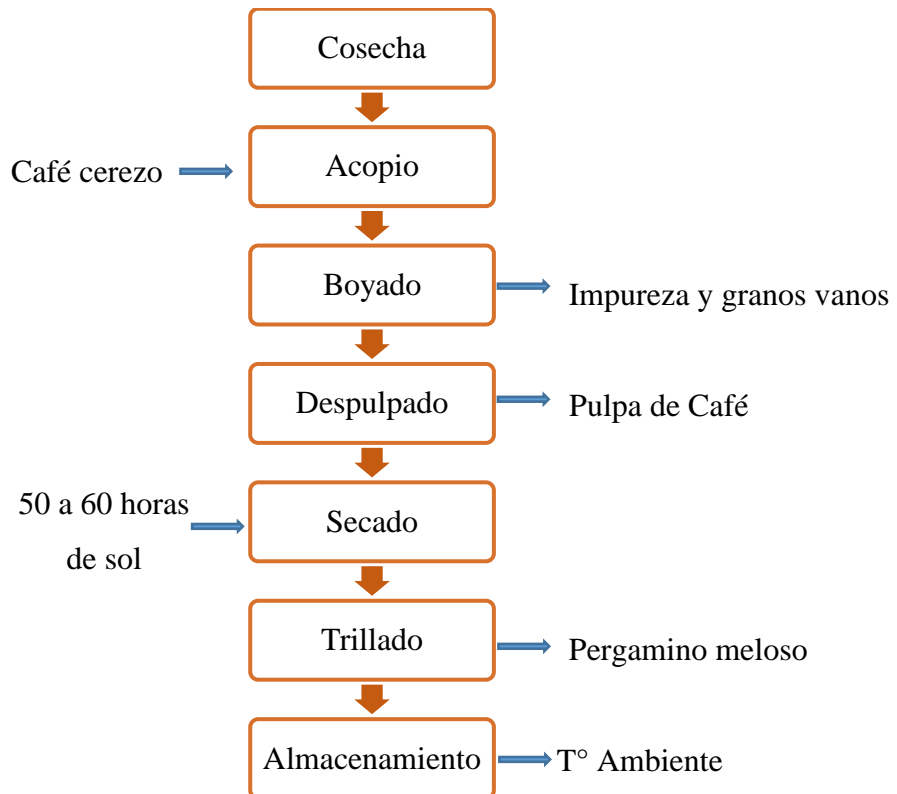


Fig.4. Diagrama de flujo del método de beneficio honey

Secado

Después del despulpado se procedió a secar el café con mucílago hasta alcanzar un porcentaje de humedad de 10 % a 12 %; donde se obtuvo entre un tiempo de 50 a 60 horas de exposición a los rayos del sol y se realizó en bandejas de plástico (ver figura 37).

2.5.6. Proceso para la evaluación de variables

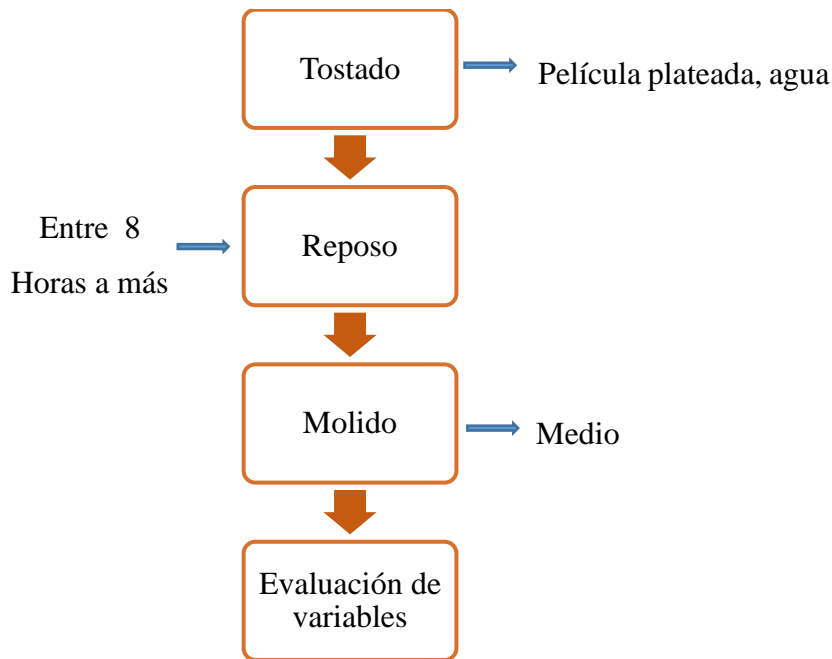


Fig.5. Diagrama de flujo para la evaluación de variables

Tostado

Las muestras de café con 10 % a 12 % de humedad, se ha tostado 120 g de cada unidad experimental, a una temperatura inicial de 170 °C, se retiró el café a un color marrón según protocolo de asociación de cafés especiales de América (SCAA,2008) en la escala estándar (agtron) de tostado N°65.

Reposo

Una vez tostado el café, se dejó reposar en bandejas de plástico, entre 8 a 24 horas para el análisis de sensorial (ver figura 51) y para análisis de pH, acidez titulable y compuestos volátiles las muestras tostadas se envasaron en frascos de vidrio, sin dejar espacios de aire, conservándose a una temperatura ambiental ± 18 °C (ver figura 42).

Molido

El café tostado se sometió a una molienda, a un punto granulado medio, dado por el protocolo de SCAA. La molienda se efectuó a un tiempo previo a los análisis.

2.6. Variables evaluadas

2.6.1. Composición volátil

Los compuestos volátiles fueron evaluados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), en el laboratorio Fisiología y Biotecnología Vegetal – FISIOBVEG de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Se realizó por el método de micro extracción en fase sólida (SPME), en el que se utilizó una fibra de 2 cm-50/30 μm de divinilbenceno/CarboxenTM/polidimetil-siloxano (DVB/CAR/PDMS) (González *et al.*, 2011). Se colocaron 2,85 g de café molido y 3 ml de agua en un vial de 20 ml de capacidad. El tiempo de equilibrio fue por 10 minutos, luego se expuso la fibra en el espacio de cabeza por 25 minutos a una temperatura constante de 60 °C, después se realizó la inyección en el cromatógrafo de gases, donde la desorción de la fibra fue por 5 minutos. Se utilizó una columna capilar de compuestos volátiles de 60 m x 0,32 mm x 0,25 μm , la temperatura del inyector fue 250 °C; el horno estuvo a 50 °C por 5 minutos, después tuvo un incremento de 4°C/min hasta 250 °C y un tiempo de corrida de 55 minutos. Este proceso se realizó con tres repeticiones y en las mismas condiciones para todos los tratamientos.

2.6.2. Acidez titulable

Se evaluó la acidez de las muestras a través de un equipo de titulación. En un matraz Erlenmeyer de 250 ml se colocó un gramo de la muestra, luego se adicionó 10 ml de agua destilada y a través de una barrilla de agitación se mezcló muy bien, luego se agregó tres gotas de ácido – base (fenolftaleína) y se tituló con hidróxido de sodio a 0,1 N hasta el viraje de la fenolftaleína a rosado leve (Consejo de Educación Técnico Profesional, 2018). Posteriormente se tomó los datos de volumen gastado del titulante y el peso de la muestra, el procedimiento se realizó por triplicado por cada muestra, y se calculó el % de acidez mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Acidez} = \frac{\text{Vg} \cdot \text{N} \cdot \text{Peq}}{\text{Pm}}$$

2.6.3. Potencial de hidrógeno

Para medir el potencial de hidrógeno se utilizó el método de análisis oficial de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales 918.12 (AOAC, 2018). En una balanza de precisión se pesó 5 g de café molido en un vaso de precipitación de 100 ml de capacidad y se agregó 10 ml agua destilada y con una varilla de agitación se procedió a homogenizar. Posteriormente la muestra se mantuvo en reposo durante 5 min y se procedió a medir el pH mediante un pH-metro (Modelo HI98107) previamente calibrado, la medida se realizó por triplicado en cada una de las muestras de café.

2.6.4. Análisis sensorial

Este análisis se realizó en el laboratorio de la Cooperativa Agraria Cafetalera “CASIL Ltda. San Ignacio, Cajamarca, Perú”.

Las muestras fueron preparadas de acuerdo con las pautas proporcionadas por la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2008); se tostaron 120 g de café de cada muestra en un tostador de laboratorio (Marca Mikel Coffee, Modelo MC003/17) y se dejó la muestra en reposo por un espacio de 8 horas. El nivel de tostado de las muestras se determinó visualmente utilizando un sistema de clasificación de color AGTRON (número de color de referencia 65). La temperatura y el tiempo de tostado se controlaron utilizando el flujo de aire del equipo y un cronómetro respectivamente; el tiempo de tostado se realizó entre 8 y 12 min.

El análisis sensorial también se realizó de acuerdo con el protocolo SCAA (2008). Las muestras se presentaron al azar, codificadas con números de 3 dígitos. Luego un catador experto con un Certificado de Café Q-Grader realizó el análisis sensorial utilizando cucharas de metal no reactivas y cinco tazas de 200 ml con una relación de 0.055 g de café para 1 ml de agua. Cada atributo fue puntuado según su calidad en una escala de 6 a 10 puntos con incrementos de 0,25 puntos (ver anexo 2).

Se adecuaron las 5 tazas con 11 g de café tostado y molido. El molido se realizó en un molino (Marca Malkonig). Se inspeccionaron visualmente las muestras para determinar el color de tostado y se le asignó una puntuación en el formato de catación (ver anexo 2). La fragancia fue evaluada (en seco), después de 5 min se adicionó el agua a temperatura de ebullición de forma circular para humedecer todo el café de la taza y se evaluó fragancia/aroma. El agua utilizada tuvo un $\text{pH} \leq 7$ y estuvo dentro del rango de 125 a 175 ppm de sólidos. Se dejó reposar entre 3 a 5 minutos y se evaluó el aroma/fragancia. Luego se procedió a romper la costra (capa formada en la superficie de la taza) y después de 8 y 10 minutos contados a partir de la adición del agua y se procedió a evaluar los demás atributos: sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, equilibrio, taza limpia, dulzura e impresión general (experiencia del gusto individual del evaluador). La evaluación del café cesó cuando la muestra alcanzó alrededor de 21°C y el catador determinó la impresión general.

Fragancia/aroma: donde fragancia es la valoración olfativa del café molido, sin adición de agua y aroma es la impresión olfativa del café, debido a las sustancias volátiles, que se perciben luego de añadir agua en estado de ebullición sobre el café molido.

Sabor: se refiere al gusto que es la compleja combinación de atributos gustativos percibidos en la bebida, puede ser sabores a cítricos, herbales, frutales, etc.

Sabor residual: es la sensación que queda en el paladar después de degustar la bebida, puede ser ligera, duradera, amargo, etc.

Acidez: es la percepción gustativa ocasionada por la sensación de soluciones diluidas de los ácidos cítrico, tartárico, málico, etc.

Cuerpo: es la valoración de los sólidos solubles en la infusión persistentes en la boca, puede ser cremoso, áspero, denso, etc.

Uniformidad: es la no variación del gusto entre una taza y otra, pues cualquier variación indica inconsistencia en la taza y reduce su puntaje de acuerdo a la cantidad de tazas diferentes.

Balance: es la sensación de equilibrio que denota interacción y complementariedad entre sabor, sabor residual, acidez y cuerpo.

Taza limpia: es la ausencia de contaminación con olores o sabores extraños, reduce su puntaje según la cantidad de tazas contaminadas.

Dulzor: es la sensación del sabor dulce percibido por la presencia de carbohidratos, principalmente fructosa, generalmente se califica con buen puntaje.

Puntaje del catador: es la calificación directa que otorga el catador a la bebida, según su criterio.

Evaluación sensorial: es la suma de las valoraciones parciales; donde sí se encuentra defectos en la bebida, a la suma total se restan de dos a cuatro puntos por cada taza defectuosa (5 tazas/muestra). Las calificaciones sensoriales menores a 80 puntos indican que los cafés no son especiales, los cafés con puntajes de 80 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 (SCAA, 2008).

2.7. Análisis estadístico

Los datos fueron examinados con el programa SPSS Statistics, donde; se hizo un análisis de varianza (ANOVA), a un 95 % de confianza y 5 % de significancia, que determina la diferencia de los valores de las medias mediante el test de Duncan.

III. RESULTADOS

3.1. Propiedades fisicoquímicas

3.1.1. Análisis físico del café

Se realizó en el laboratorio de la Cooperativa Agraria Cafetalera “Alta Montaña” San Nicolás – Rodríguez de Mendoza.

Rendimiento

En la figura 6 se muestra el porcentaje de rendimiento para cada tratamiento; donde observamos que los T3, T4, T9, T10, T15 y T16 tienen el mejor rendimiento con respecto a los demás tratamientos debido a que estas muestras fueron beneficiadas por vía húmeda; mientras que los tratamientos beneficiados naturalmente (T1, T2, T7, T8, T9 y T10) vemos que tienen un rendimiento más bajo debido a que se elimina más cáscara en el pilado.

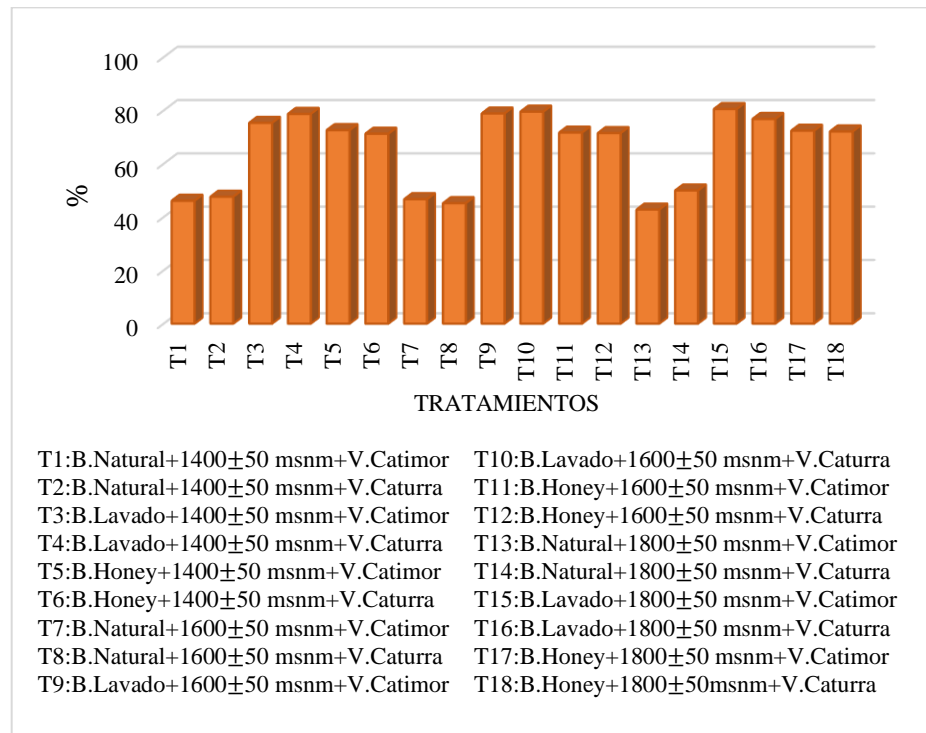


Fig.6. Porcentaje de rendimiento del café para cada tratamiento

Café de descarte

En la figura 7 se muestra el porcentaje de café descarte o café de segunda de cada tratamiento; donde observamos que los T1, T2, T7, T18, T13 y T14 tienen un elevado porcentaje de café de descarte con respecto a los

demás tratamientos debido a que estas muestras fueron beneficiados naturalmente y es muy propenso a que los granos de café se quiebren o partan al momento del pilado y sobre todo cuando el café está muy seco; además se puede apreciar que a mayor altitud (T13, T14) hay una reducción de café de segunda, debido a que los granos de mayor altitud maduran lentamente desarrollando mejor sus características físicas.

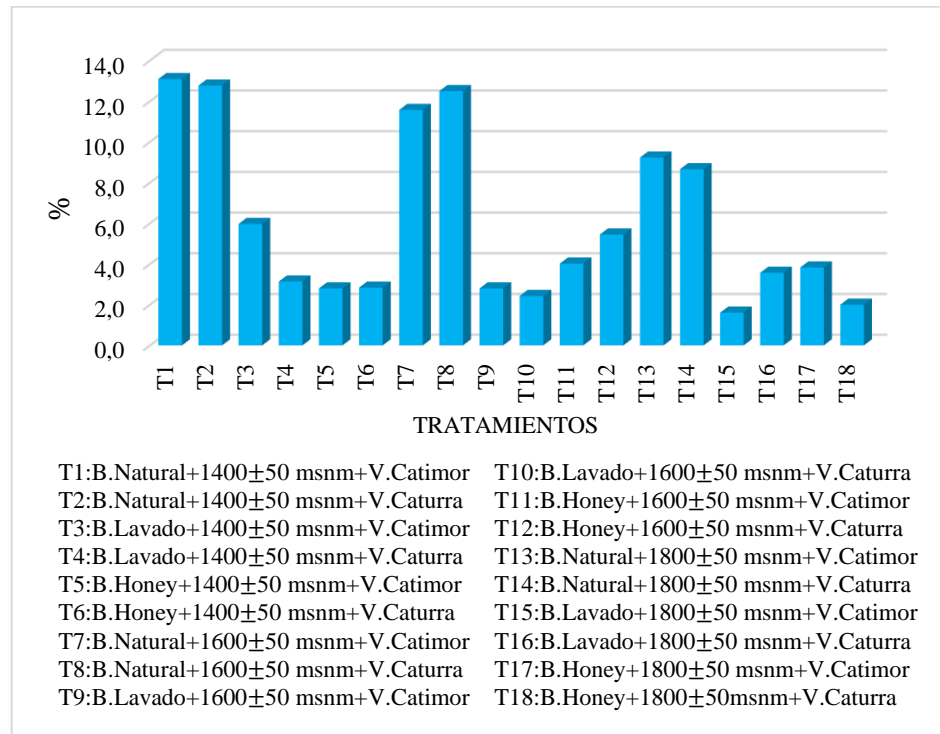


Fig.7. Porcentaje de café de segunda o descarte para cada tratamiento

Cáscara

En la figura 8 se muestra el porcentaje de cáscara para cada tratamiento; donde observamos que los tratamientos con beneficio natural para ambas variedades Catimor y Caturra tienen el más alto porcentaje, debido a sus características propias de un café coco.

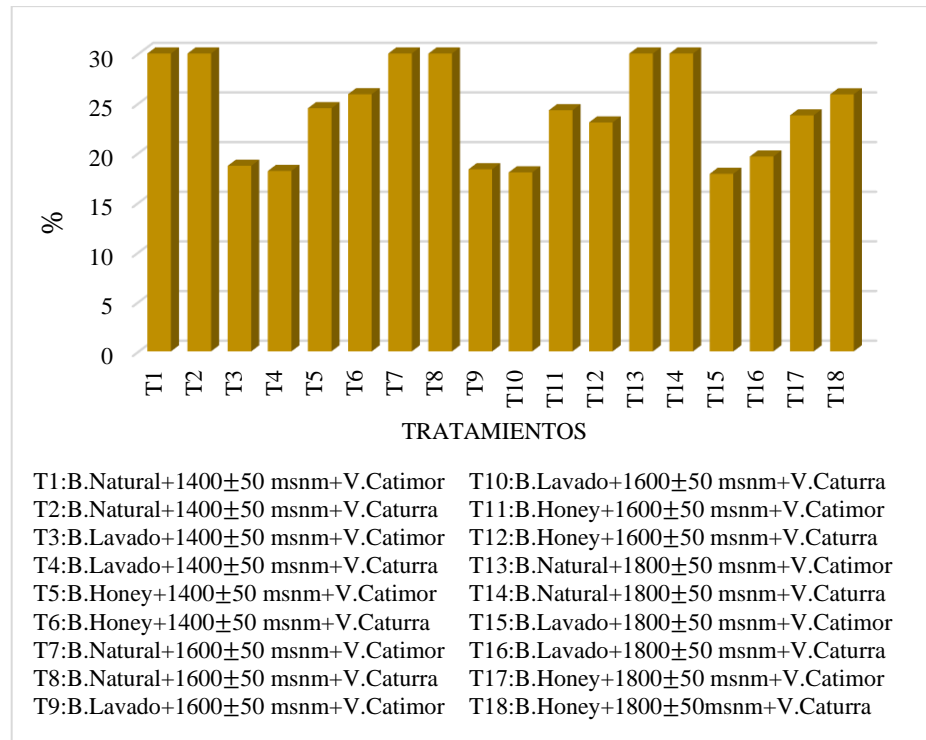


Fig.8. Porcentaje de cáscara para cada tratamiento

Humedad

Se utilizó un equipo electrónico para determinar la humedad de café en oro verde, donde; los porcentajes de humedad de las muestras de café estaban en el rango de humedad de 10 % a 12,5 % como se muestra en la figura 9.

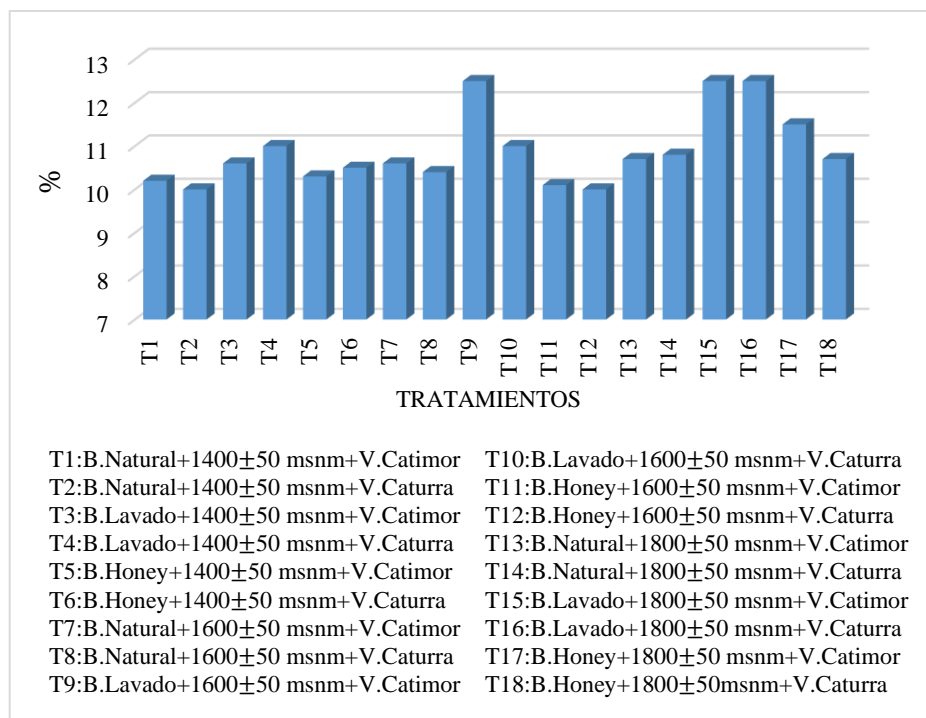


Fig.9. Porcentaje de humedad para cada tratamiento

3.1.2. Compuestos volátiles del café

Se identificaron 141 compuestos volátiles entre todos los tratamientos, donde la tabla 6 presenta la presencia de cada compuesto volátil en al menos un tratamiento.

Tabla 6. Presencia o ausencia de cada compuesto volátil de café por tratamiento

COMPUESTOS VOLÁTILES	TRATAMIENTOS																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
.beta.-Myrcene	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
1-(6-Methyl-2-pyrazinyl)-1-ethanone	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1,2,4-Cyclopentanetrione, 3-methyl-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
1,4-Cyclohex-2-enedione	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-
1H-Indole, 2,3-dihydro-4-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1H-Pyrrole, 1-(2-furanylmethyl)-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1H-Pyrrole, 1-methyl-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
1H-Pyrrole, 2-methyl-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
1H-Pyrrole, 3-methyl-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+
1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde, 1-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1-Propanone, 1-(2-furanyl)-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
1-Propanone, 1-(2-pyridinyl)-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-
1-Propanone, 1-(5-methyl-2-furanyl)-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2(3H)-Furanone, 5-acetyldihydro-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
2-(3-Methylbutyl)-3,5-dimethylpyrazine	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
2(5H)-Furanone	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
2,2'-Bifuran	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2,3-Butanediol, [S-(R*,R*)]-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
2,3-Butanedione	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
2,3-Dimethyl-5-ethylpyrazine	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+
2,3-Hexanedione	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-
2,3-Pentanedione	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
2,5-Furandicarboxaldehyde	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+

2,5-Furandione, 3,4-dimethyl-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Acetyl-5-methylfuran	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Butanone	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+
2-Butanone, 1-(acetyloxy)-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Buten-1-one, 1-(2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadien-1-yl)-, (E)-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
2-Butenoic acid, 3-methyl-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
2-Butyn-1-ol	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Furancarboxylic acid, hydrazide	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Furanone, 2,5-dihydro-3,5-dimethyl	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
2-Isoamyl-6-methylpyrazine	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
2-Methoxy-4-vinylphenol	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
2-Propanone, 1-(acetyloxy)-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Propenal, 3-(2-furanyl)-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
2-Thiophenecarboxaldehyde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2-Vinylfuran	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3(2H)-Furanone, dihydro-2-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3(2H)-Thiophenone, dihydro-2-methyl-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
3,4-Hexanedione	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-
3-Buten-2-one, 4-(2-furanyl)-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
3-Furancarboxylic acid, methyl ester	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+
4-Chlorobutyric acid, 3,4-dimethylphenyl ester	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+
4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
5-Ethyl-2-furaldehyde	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
5H-5-Methyl-6,7-dihydrocyclopentapyrazine	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5-Hydroxymethylfurfural	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
5-Methyl-2-phenyl-2-hexenal	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-Methylbenzimidazole	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Acetic acid	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+

Acetic acid ethenyl ester	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetic acid, methyl ester	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acetic anhydride	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-
Acetophenone	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Acetophenone, 4'-hydroxy-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Aminomaleimide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Benzaldehyde	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzaldehyde, 4-methyl-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+
Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethoxy-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Benzeneacetaldehyde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Benzeneacetaldehyde, .alpha.-ethylidene-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Benzeneacetic acid, ethyl ester	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Benzofuran, 2-methyl-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Butanal, 2-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Butanal, 3-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Butanoic acid, 2-methyl-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	+
Butanoic acid, 3-methyl-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Butanoic acid, 4-hydroxy-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
Caffeine	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbon disulfide	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopent-4-ene-1,3-dione	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-
Dimethyl ether	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethyl trisulfide	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Disulfide, dimethyl	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
Ethanone, 1-(1H-pyrrol-2-yl)-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl)-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ethanone, 1-(2-hydroxyphenyl)-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Ethyl Acetate	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Formic acid	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Formic acid hydrazide	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Furan	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
Furan, 2-(2-furanylmethyl)-5-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Furan, 2-(2-propenyl)-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
Furan, 2,2'-[oxybis(methylene)]bis-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Furan, 2,2'-methylenebis-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Furan, 2,5-dimethyl-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-
Furan, 2-[(methylthio)methyl]-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Furan, 2-[(methylthio)methyl]-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Furan, 2-methyl-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Furan, 2-pentyl-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Furan, 3-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Furan, 3-phenyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Furaneol	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Furfural	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Furfuryl formate	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Furyl hydroxymethyl ketone	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexahydro-pentalene-1,6-dione	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Indole	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
l-Alanine, N-(2-furoyl)-, ethyl ester	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Maltol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
m-Aminophenylacetylene	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+
Methyl salicylate	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
Oxypurinol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
p-Cresol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pentanoic acid, 4-methyl-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenol	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Phenol, 2-methoxy-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phenol, 2-methyl-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phenylethyl Alcohol	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Propanal, 2-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Propanoic acid	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrazinamide	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+
Pyrazine	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2-(n-propyl)-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Pyrazine, 2,3-diethyl-5-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2,3-dimethyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2,6-diethyl-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2-ethenyl-5-methyl-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+

Pyrazine, 2-ethenyl-6-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2-ethyl-5-methyl-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Pyrazine, 2-ethyl-6-methyl-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 2-methoxy-3-(2-methylpropyl)-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrazine, 3,5-diethyl-2-methyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, etenyl-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, ethyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrazine, methyl-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Pyrazine, trimethyl-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Pyridine	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Resorcinol, 2-acetyl-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S-Benzyl phenylmethanethiosulfonate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Silanediol, dimethyl-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

- Presencia del compuesto +
- Ausencia del compuesto -

En la tabla 7 se presenta la cantidad de compuestos volátiles por grupo funcional orgánico en cada tratamiento. Los compuestos encontrados mediante SPME y GC-MS, pertenecen a la familia de las cetonas, acetatos, ácidos, alcoholes, aldehídos, aminas, éster, fenoles, furanos, hidrocarburos, pirazinas, piridinas y pirroles.

Tabla 7. Cantidad de compuestos volátiles por grupo funcional orgánico en cada tratamiento

Tratamientos	Acetatos	Ácidos	Alcohol	Aldehídos	Aminas	Cetonas	Éster	Fenoles	Furanos	Hidrocarburos	Pirazinas	Piridinas	Pirroles
T1	2	4	3	4	0	4	5	4	18	18	18	2	5
T2	1	4	3	5	1	6	3	3	15	17	16	1	4
T3	2	3	4	7	0	7	3	3	18	18	17	2	4
T4	1	2	2	7	0	8	3	4	16	15	16	2	4
T5	2	4	3	4	0	9	1	3	16	14	15	2	4
T6	4	3	6	4	0	7	0	3	19	18	14	1	5
T7	1	5	5	4	1	6	4	2	15	16	16	2	5
T8	1	5	3	4	1	5	4	2	16	14	14	2	4
T9	1	4	4	3	1	3	1	3	16	14	15	1	3

T10	1	5	5	3	1	6	2	3	14	16	17	2	5
T11	1	4	4	6	0	4	2	3	17	15	14	1	4
T12	3	3	5	6	0	4	2	3	14	13	16	1	4
T13	2	3	5	9	0	9	4	2	19	14	15	2	5
T14	1	4	5	7	0	10	2	3	18	12	15	1	5
T15	1	4	3	7	1	9	3	3	19	14	18	2	5
T16	1	5	2	6	1	10	3	3	16	16	17	2	5
T17	1	5	3	6	0	11	3	3	17	16	16	1	4
T18	1	4	5	7	0	6	4	3	17	11	20	1	5

En la figura 10 se observa la comparación de medias en relación al tipo de beneficio, que de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) a nivel de variable $P=0,933 > 0,05$ determinó diferencia no significativa y mediante la comparación de medias en la prueba Duncan (ver anexo 6) tuvo diferencia no significativa en el valor promedio de compuestos volátiles ($P=0,735 > 0,05$).

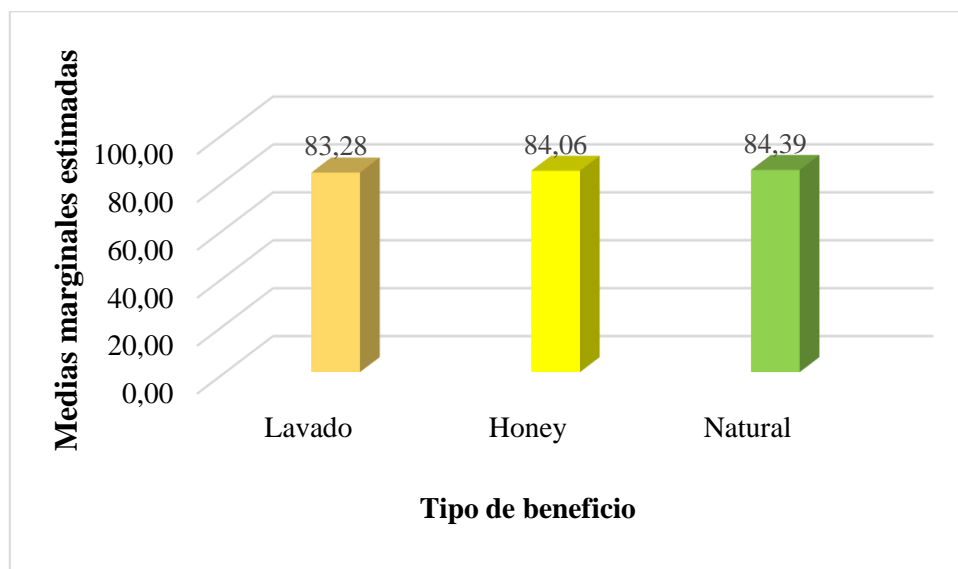


Fig.10. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación al tipo de beneficio

En la figura 11 se observa que la altitud de 1600 ± 50 msnm y 1400 ± 50 msnm, tienen el menor y el mayor promedio de compuestos volátiles con 77,72 y 88,28 respectivamente; por lo tanto, de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) se establece diferencia estadística a nivel de variable con un valor de $P=0,004 < 0,01$ que determinó diferencia altamente significativa en relación a la altitud,

lo que motivó la aplicación de la prueba Duncan (ver anexo 6) donde se formaron dos sub conjuntos homogéneos que tuvo diferencia no significativa en el valor promedio de compuestos volátiles del café ($P > 0,05$).

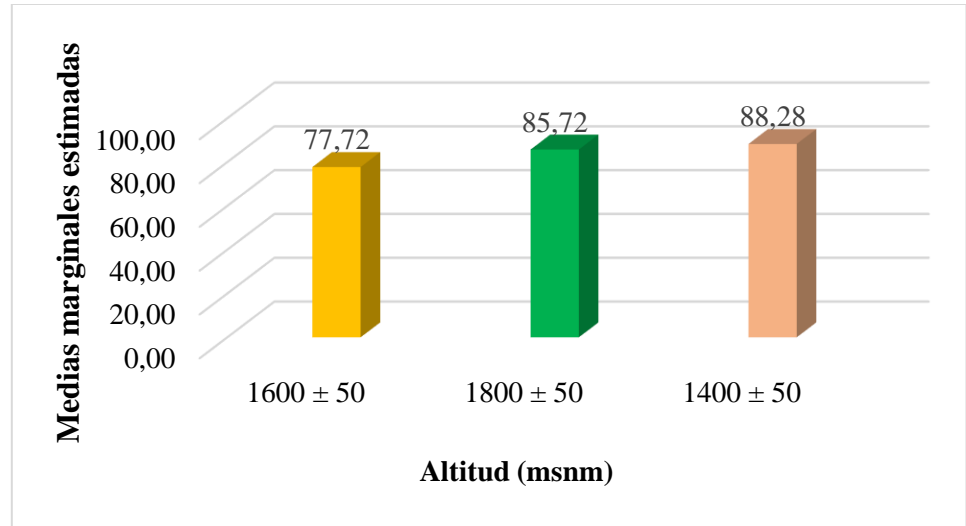


Fig.11. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación a la altitud

En la figura 12 se observa la comparación de medias de los compuestos volátiles en relación a la variedad, que según pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) a nivel de variable $P=0,757 > 0,05$ determinó diferencia no significativa en el valor promedio de compuestos volátiles.

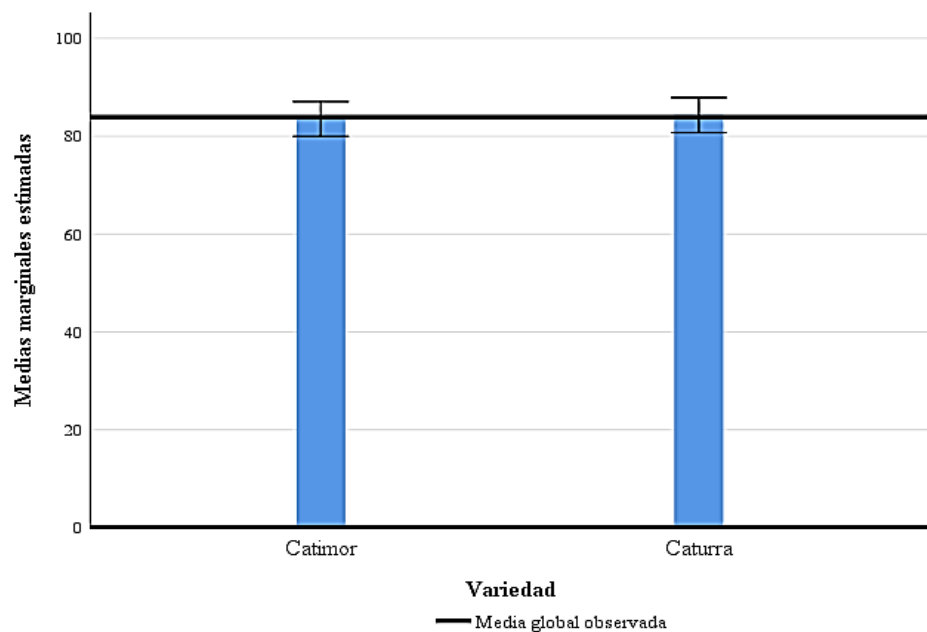


Fig.12. Comparación de medias de los compuestos volátiles del café en relación a la variedad

3.1.3. pH del café

En la figura 13 se observa el potencial de iones hidrógeno presentes en el café con diferentes tipos de beneficio, diferentes altitudes y en dos variedades, donde; el valor de pH promedio más bajo es del T15 y T17 de variedad Catimor y el más alto es del T8 y T14 de variedad Caturra.

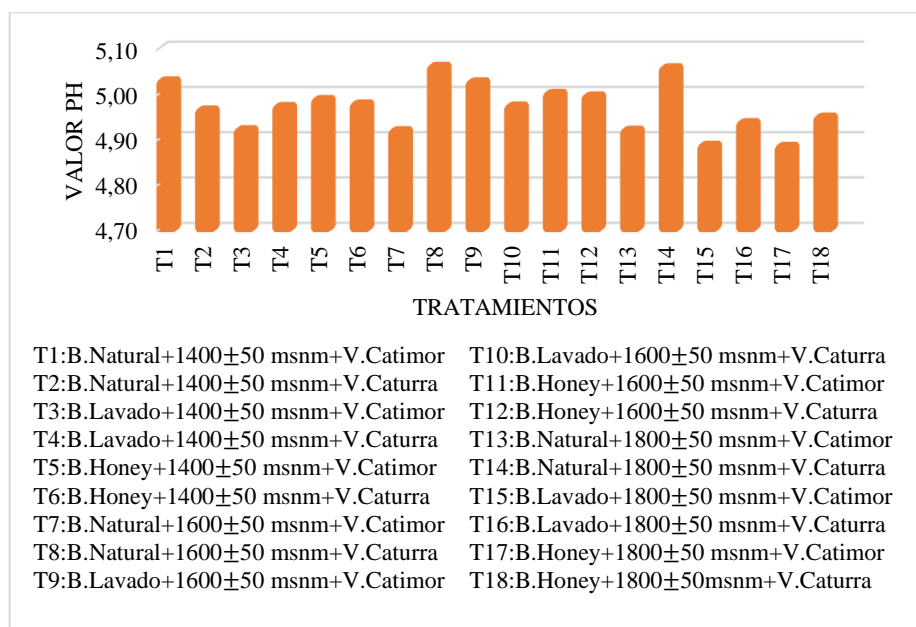


Fig.13. Potencial de iones de hidrógeno (pH) del café para cada tratamiento

En la figura 14 se observa la comparación de medias en relación al tipo de beneficio, que de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) a nivel de variable $P = 0,199 > 0,05$ determinó diferencia no significativa y mediante la comparación de medias en la prueba Duncan (ver anexo 6) tuvo diferencia no significativa en el valor de pH ($P = 0,095 > 0,05$).

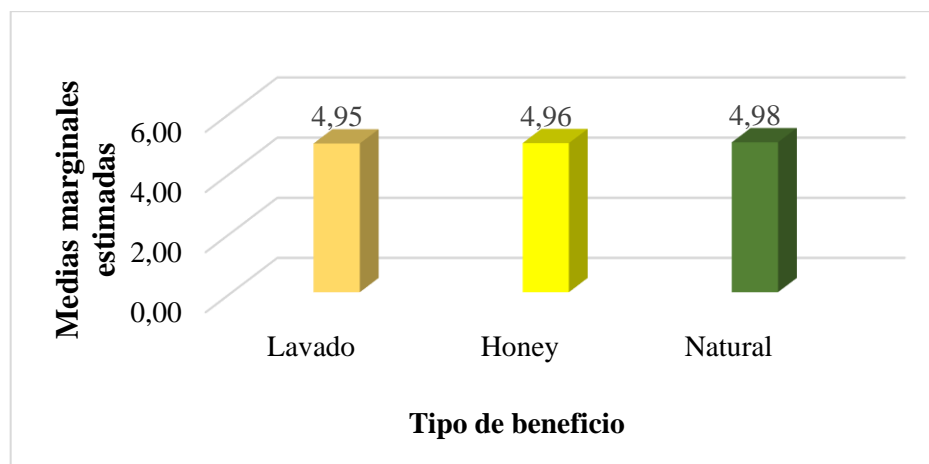


Fig.14. Comparación de medias del pH del café en relación al tipo de beneficio

En la figura 15 se observa que la altitud de 1800 ± 50 msnm y 1600 ± 50 msnm, tienen el pH más y menos ácido, con un valor de 4,93 y 4,99 respectivamente; por lo tanto, de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) se establece diferencia estadística a nivel de variable con un valor de $P = 0,039 < 0,05$ que determinó una diferencia significativa en relación a la altitud, lo que motivó la aplicación de la prueba Duncan (ver anexo 6) donde se formaron dos sub conjuntos homogéneos que tuvo diferencia no significativa en el valor de pH del café ($P > 0,05$).

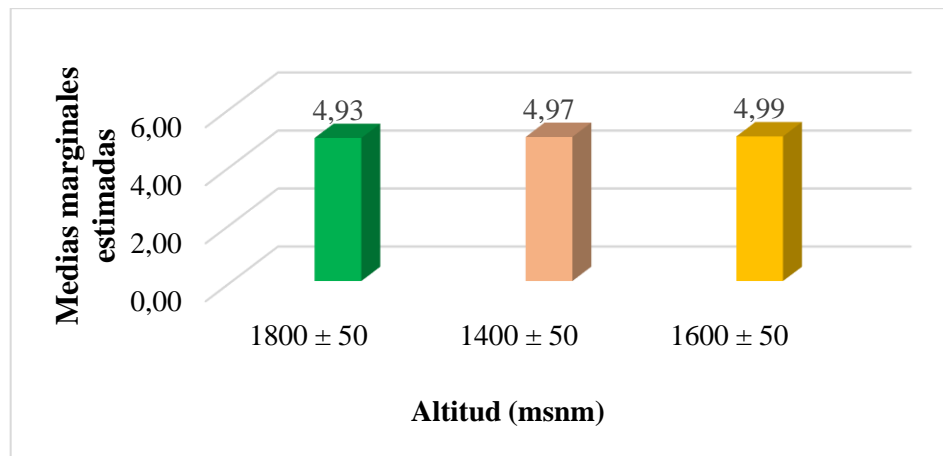


Fig.15. Comparación de medias del pH del café en relación a la altitud

En la figura 16 se observa la comparación de medias del pH en relación a la variedad, que según pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) a nivel de variable $P = 0,57 > 0,05$ determinó diferencia no significativa en el valor de pH.

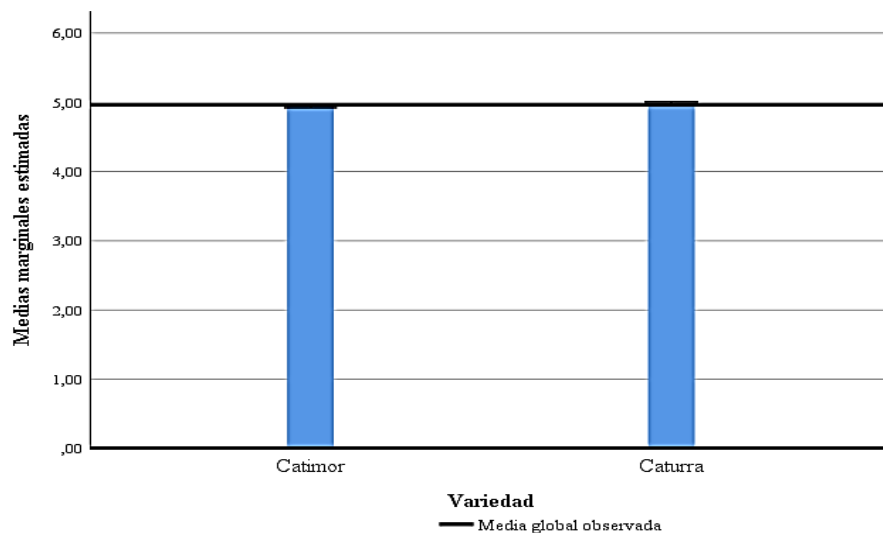


Fig.16. Comparación de medias del pH del café en relación a la variedad

3.1.4. Acidez titulable del café

El porcentaje de acidez más bajo lo tiene el café beneficiado naturalmente, variedad Catimor y de 1400 ± 50 msnm (T1) y el porcentaje de acidez más alto lo tiene el café beneficiado naturalmente, variedad Catimor y de 1800 ± 50 msnm (T13) como se muestra en la figura 17.

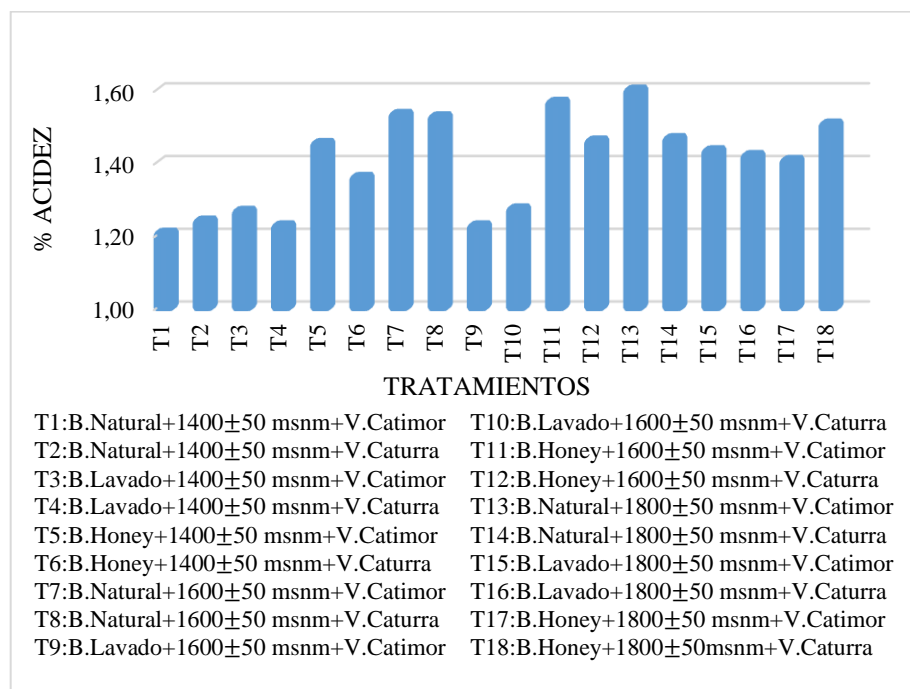


Fig.17. Acidez titulable del café para cada tratamiento

En la figura 18 se observa que el tipo de beneficio lavado y honey tienen el menor y el mayor promedio de acidez titulable con 1,30 % y 1,45 % respectivamente; por lo tanto, de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) se establece diferencia estadística a nivel de variable con un valor de $P = 0,002 < 0,01$ que determinó diferencia altamente significativa en relación al tipo de beneficio, lo que motivó la aplicación de la prueba Duncan (ver anexo 6), donde se formaron dos sub conjuntos homogéneos que tuvo diferencia no significativa ($P > 0,05$).

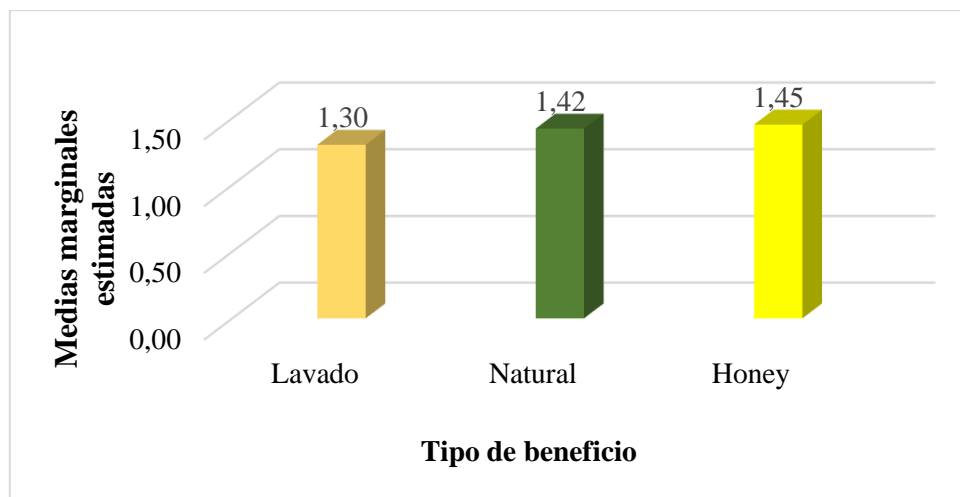


Fig.18. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación al tipo de beneficio

En la figura 19 se observa que la altitud de 1400 ± 50 msnm y 1800 ± 50 msnm, tienen el menor y el mayor promedio de acidez titulable con 1,29 % y 1,47 % respectivamente; por lo tanto, de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) se establece diferencia estadística a nivel de variable con un valor de $P = 0,0002 < 0,01$ que determinó diferencia altamente significativa en relación a la altitud, lo que motivó la aplicación de la prueba Duncan (ver anexo 6) donde se formaron dos sub conjuntos homogéneos que tuvo diferencia no significativa ($P > 0,05$).

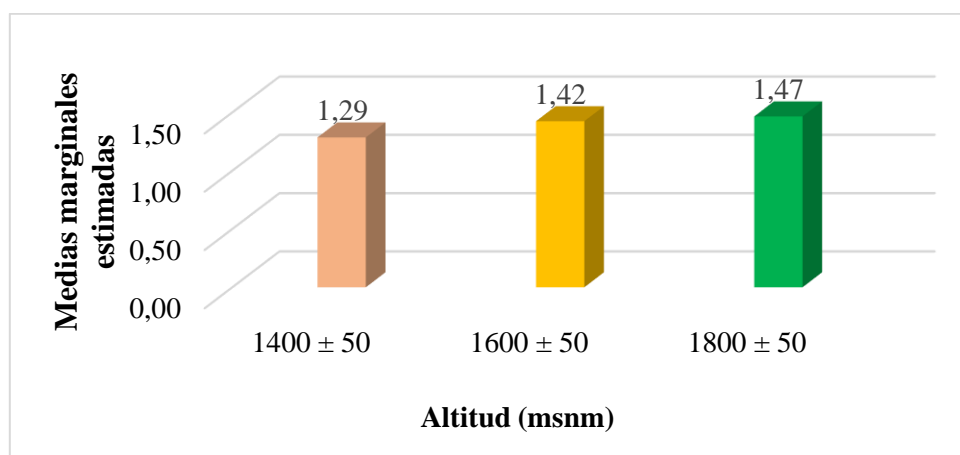


Fig.19. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación a la altitud

En la figura 20 se observa la comparación de medias de la acidez titulable del café en relación a la variedad, que según pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 4) a nivel de variable

$P=0,483 > 0,05$ determinó una diferencia no significativa en el valor promedio de acidez titulable.

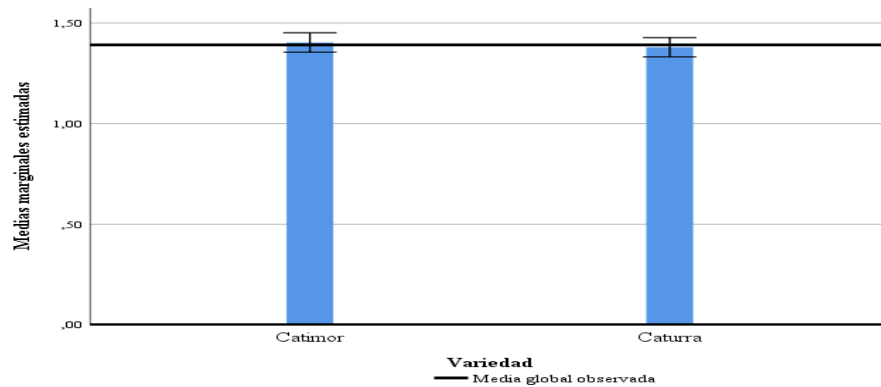


Fig.20. Comparación de medias de la acidez titulable del café en relación a la variedad

3.2. Propiedades sensoriales

3.2.1. Análisis sensorial

La figura 21 destaca los perfiles de taza de las muestras de café de los 10 atributos evaluados, donde el T10 que es un café con beneficio via húmeda, de 1600 ± 50 msnm y variedad Caturra tiene el perfil más bajo de todos los tratamientos y el T14 que es un café beneficiado naturalmente, de 1800 msnm y variedad Caturra tiene el perfil más alto de todos los tratamientos.

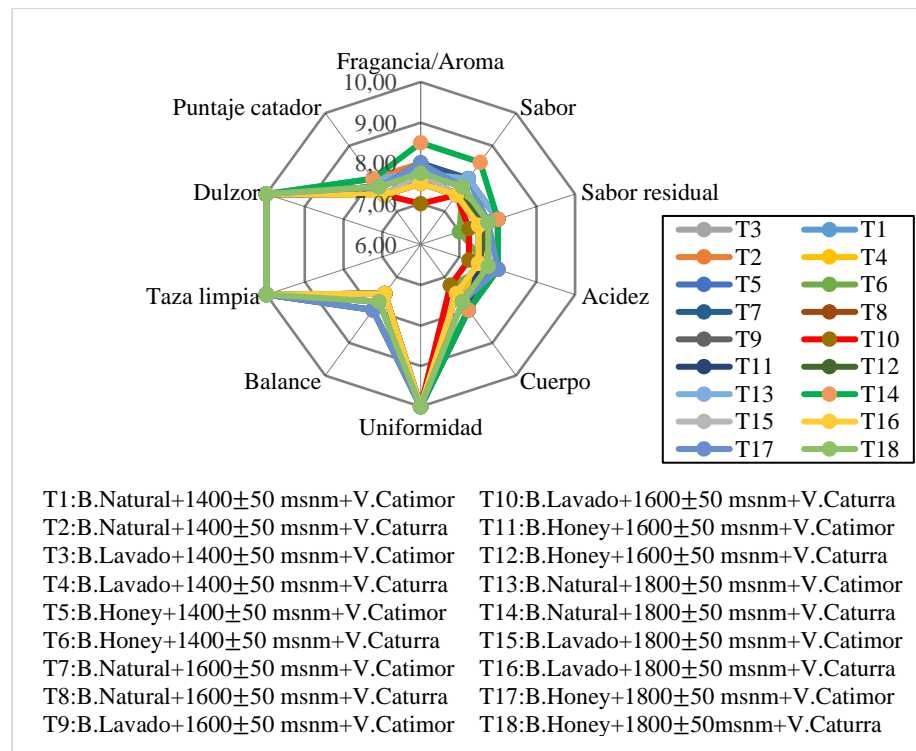


Fig.21. Perfiles de taza del café para cada tratamiento

En la figura 22 se establece los perfiles de taza en relación a los métodos de beneficio, donde; presentaron un puntaje excepcional de 10 puntos en las características de uniformidad, taza limpia y dulzor; mientras que en aroma, sabor, sabor residual, acidez y cuerpo, resultaron ser similares los cafés de beneficio lavado y honey con puntajes que van de muy bueno a excelente. El método de beneficio natural con respecto a los otros beneficios, presenta un mayor puntaje en las características fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, que de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 5) $P=0,0001 < 0,01$ determinó diferencia altamente significativa.

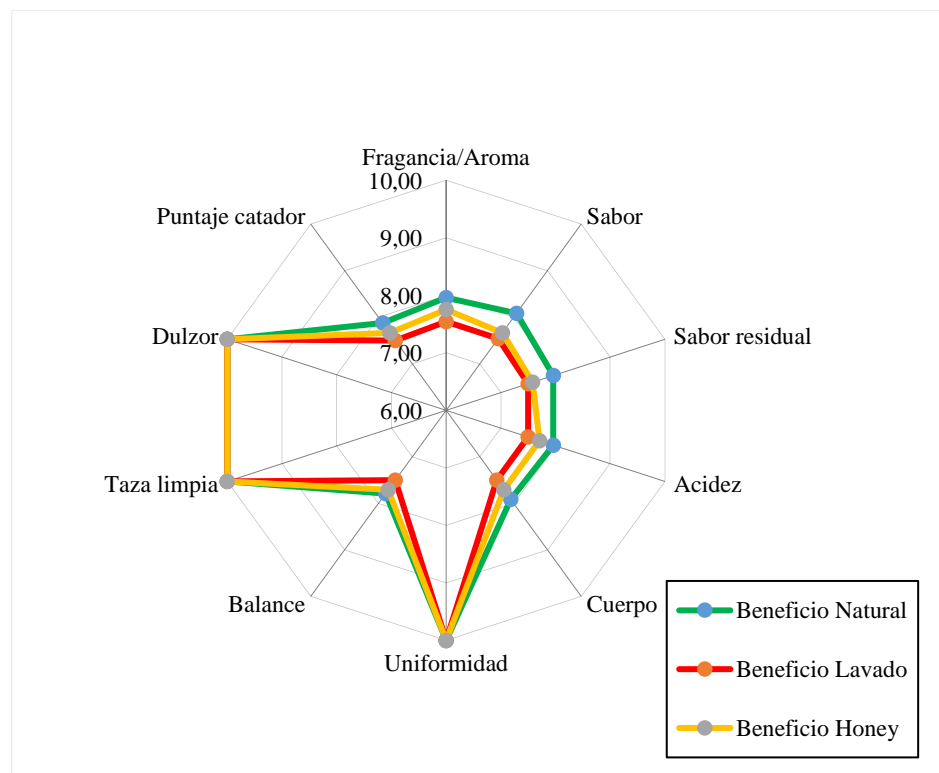


Fig.22. Perfiles de taza del café en relación a los tres métodos de beneficio

En la figura 23 se establece los perfiles de taza en relación a la altitud del café, donde; la mayor altitud tiene los puntajes más elevados en atributos como fragancia/aroma, sabor, acidez y balance; sin embargo de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 5) a nivel de variable $P=0,511 > 0,05$ determinó diferencia no significativa.

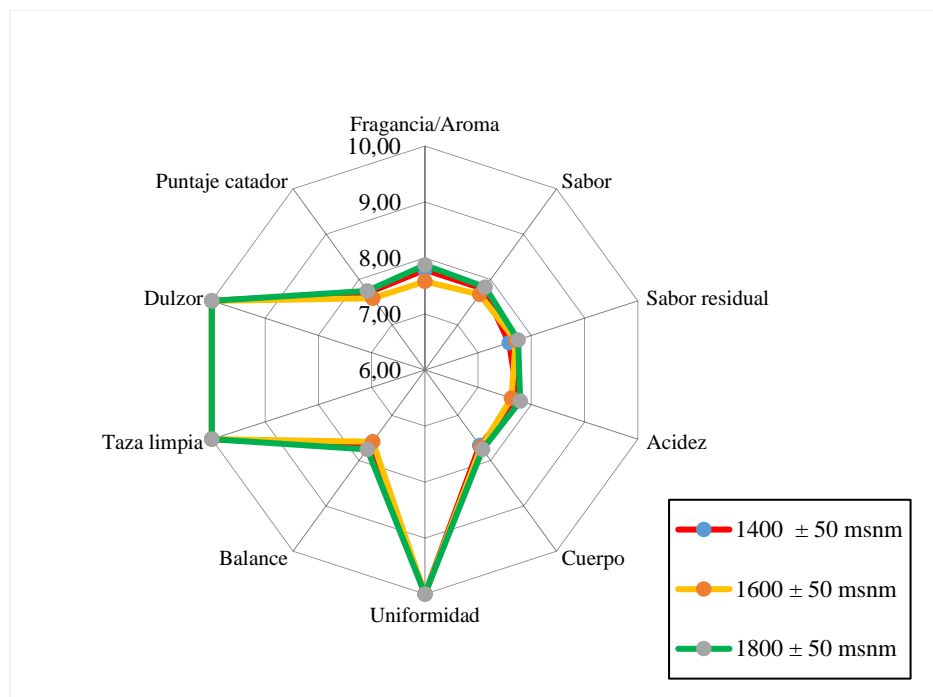


Fig.23. Perfiles de taza del café en relación a la altitud

En la figura 24 se establece los perfiles de taza en relación a la variedad del café, que de acuerdo a las pruebas estadísticas determinadas mediante ANOVA (ver anexo 5) a nivel de variable $P = 0,940 > 0,05$ determinó diferencia no significativa.

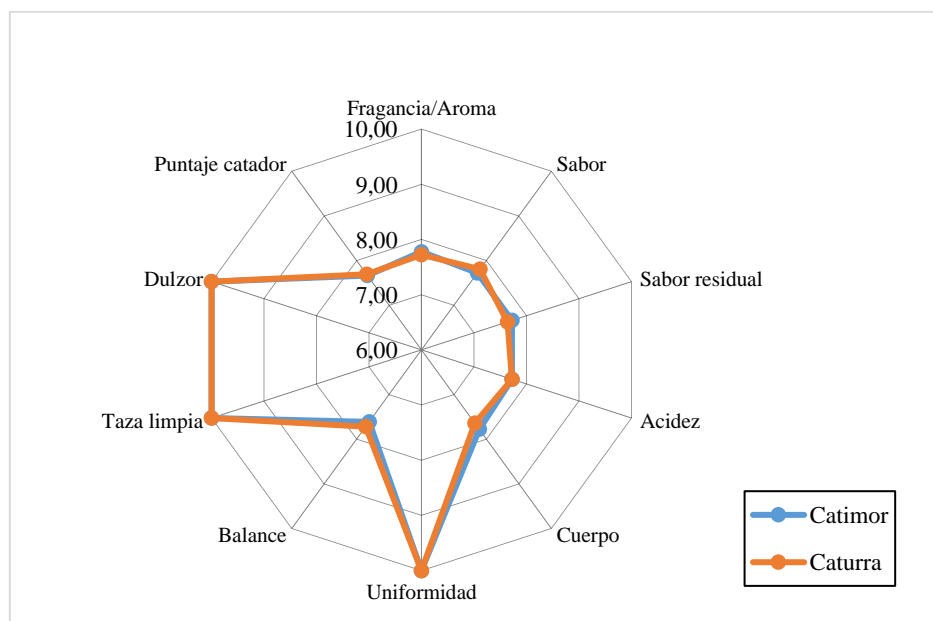


Fig.24. Perfiles de taza del café en relación a la variedad

IV. DISCUSIÓN

En los resultados encontramos que algunas características fisicoquímicas y sensoriales del café, dependen de la altitud y el tipo de beneficio; coincidiendo con Gonzales (2017) que indica que la calidad de la bebida está influenciada por múltiples factores y entre ellos están el tipo de beneficio y la latitud. Por otro lado Puerta (2016) indica que la calidad de la bebida del café está influenciada por las características físicas del grano, la humedad y los defectos; que en el presente estudio se obtuvo rendimientos altos y bajos (ver figura 6) y una humedad que se encontró dentro de los parámetros adecuados según las normas SCAA (ver figura 9).

En la figura 6 se establece el rendimiento del café por tratamientos; donde, se observa que los cafés beneficiados naturalmente tienen un rendimiento bajo, que oscilan entre 42,8 % a 50 %. El bajo rendimiento de los cafés naturales se debe a que es uno de los métodos que más defectos físicos presenta y que en el pilado se elimina cáscara y envoltura del grano (Ormaza & Valeriano, 2008). En cuanto al rendimiento del café Jarata (2015) indica que está influenciada por factores como la zona de cultivo, manejo agronómico, proceso de métodos de beneficio y sobre todo el factor altitud; debido a que la altitud modifica las características físicas del grano. Para la investigación se observó la presencia de granos con defectos secundarios brocados, leves, cortados, partidos, vanos y entre otros, lo que generó las diferencias entre los rendimientos del café. Para obtener el rendimiento físico del café se utilizó una malla número 14 (5,6 mm de diámetro) esto indica que los granos menores a esta medida pasaron a ser cafés de descarte o de segunda. Se evidencia que mientras la altitud del cultivo aumenta, el rendimiento del café tiende a incrementar, que según Lara (2005) la altitud presenta influencia sobre la determinación de la calidad física del grano. En cuanto a la humedad las muestras de café estudiadas, los valores máximos estuvieron en 12 % y las humedades mínimas fueron de 10 %. Según USAID (citado en Estrella, 2014) la humedad del café verde debe estar entre 10 % y 12 % para su procesamiento. Entonces las humedades obtenidas en la investigación fueron adecuadas para su evaluación.

La mayor cantidad de compuestos volátiles clasificados por grupo orgánico funcional en cada tratamiento estuvieron en los grupos orgánicos de hidrocarburos, furanos y pirazinas como se observa en la tabla 7, coincidiendo con los grupos orgánicos que

mayor presencia tuvieron en el café de Vilcabamba – Ecuador (Figuroa, 2013) y como también en el café de Quindío-Colombia (Valencia *et al.*, 2015) en lo que respecta a los furanos y pirazinas. Dentro de todos los grupos de compuestos volátiles cuatro familias tienen un alto impacto en el aroma del café; las pirazinas contribuyen al aroma y sabor a nuez con notas tostadas, leñosas, terrosas y mohosas; los furanos están asociados con aromas a frutas, césped y cuero; los aldehídos proporcionan aromas con notas a chocolate, frutas cítricas y las cetonas aportan notas a frutas, caramelo, manteca y hongos (González *et al.*, 2011). En cuanto a la cantidad de compuestos volátiles identificados por tratamiento, estadísticamente tiene una influencia altamente significativa ($P= 0,004$) según la altitud, es decir; a mayor altitud mayor identificación de compuestos volátiles mas no tiene influencia en relación al tipo de beneficio y variedad.

En lo concerniente al pH sus valores se establecieron entre 4,88 que es el más bajo y el 5,05 que es el más alto, ya que según Valencia *et al.* (2015) el valor del pH debe estar entre 4,9 y 5,2 siendo de suma importancia ya que cafés con pH menor de 4,9 adquiere sabor demasiado ácido y con pH mayor a 5,2 es más amargo, por lo tanto; el valor del pH de las muestras están cercados al valor adecuado. Los tratamientos que tienen un pH más ácido son los de 1800 ± 50 msnm y de la variedad Catimor y los tratamientos que tienen un pH menos ácido son los de 1600 ± 50 msnm y de la variedad Caturra, que según el análisis de varianza el valor del pH en relación a la altitud tiene una influencia significativa ($P= 0,039$) mas no difiere en el tipo de beneficio, ni variedad.

En la variable de acidez titulable para calcular el porcentaje, se tuvo como predominante al ácido clorogénico. En la figura 18 se observa que el tipo de beneficio lavado y honey tienen el menor y el mayor promedio de acidez titulable respectivamente; por lo que los datos obtenidos estadísticamente establece una diferencia altamente significativa ($P =0,0017$) en relación al tipo de beneficio. En la figura 19 se aprecia que se obtuvo menor porcentaje de acidez en los cafés de 1400 ± 50 msnm y los mayores porcentajes de acidez fueron en los cafés de 1800 ± 50 msnm. Según Espinoza y Godoy (2017) el café mejora la calidad a partir de 800 msnm, debido a que la altitud contribuye a que el proceso de formación y maduración de los granos sea lento y a su vez tiene un desarrollo amplio para llegar a una acidez

deseable, por lo que los datos obtenidos estadísticamente establece una diferencia altamente significativa ($P = 0,00024$) en relación a la altitud, mas no difiere en relación a la variedad.

Al realizar la prueba Duncan ($\alpha = 0,05$) al factor A (tipo de beneficio), factor B (altitud) y factor C (variedad) (ver anexo 6), se observa que no existe diferencia significativa en ninguna de las variables (compuestos volátiles, pH, acidez titulable).

En la figura 22 se establece la influencia del tipo de beneficio en la puntuación en taza de café, donde los cafés con beneficio lavado y natural presentan puntuaciones en taza más bajos y altos respectivamente; coincidiendo con los resultados presentados en los cafés de Manabí – Ecuador que obtuvieron una mayor puntuación en taza en los cafés que fueron beneficiados naturalmente (Mero, 2018). Por lo que, estadísticamente según los datos obtenidos en la presente estudio mediante ANOVA (ver anexo 5) determinó diferencia altamente significativa ($P=0,0002$) en relación al tipo de beneficio.

En la figura 23 se observa que los cafés de 1800 ± 50 msnm tienen los puntajes más elevados en atributos de fragancia/aroma, sabor, acidez y balance, que efectivamente según Cardenas (2017) la altitud tiene efecto sobre estos cuatro atributos sensoriales presentando mayor puntaje en taza. Sin embargo, de acuerdo al análisis de varianza (ver anexo 5) se comportaron estadísticamente iguales en relación a la altitud, es decir no existe diferencias estadísticas de la puntuación en taza del café.

En la figura 24 se observa los perfiles de taza del café en relación a la variedad, que mediante el análisis de varianza (ver anexo 5) se establece que no existe diferencia significativa de la puntuación en taza del café. Para Julca *et al.* (2013) esto se debe a que la variedad Catimor en calidad organoléptica no difiere mucho de otros cultivares. Resultados similares han sido reportados desde otros países productores de café, indicando que no existen diferencias significativas en la calidad de la bebida relacionado con la variedad, como en el café de Colombia que compararon las variedades Colombia, Típica, Borbón y Caturra (Alvarado & Puerta, 2002), al igual que en el café de México que compararon las variedades de Oro Azteca, Colombia y Típica (López *et al.*, 2016) donde no hubo diferencia significativa de la calidad organoléptica*variedad.

V. CONCLUSIONES

Los cafés beneficiados naturalmente tienen un rendimiento menor a los cafés beneficiados por vía húmeda y honey.

Los métodos de beneficio no influyen en la composición volátil y en el pH del café, pero si tienen influencia altamente significativa en la acidez titulable y en los perfiles organolépticos del café (puntuación en taza).

La altitud de las zonas del cultivo de café tiene influencia significativa en relación a la composición volátil, pH y acidez titulable del café mas no influye en las características sensoriales del café.

La variedad del café no influye en las características fisicoquímicas y sensoriales del café.

VI. RECOMENDACIONES

Hacer un estudio en el método de secado, probando tiempos prolongados con un lento secado y tener en cuenta la humedad del grano de café que no debe sobrepasar los parámetros adecuados de secado.

Se recomienda trabajar con periodos de evaluación superior a 12 meses, haciendo un seguimiento desde el manejo agronómico hasta el procesamiento del grano, para encontrar el factor que tiene más influencia en la bebida del café, probando diferentes variedades.

Se recomienda evaluar la influencia de altitudes menores a 1400 msnm y mayores a 1800 msnm con diferentes variedades y analizar diferentes métodos de extracción de compuestos volátiles.

Planificar programas de capacitación para los productores, enfatizando en el mejoramiento de los procesos post cosecha: principalmente en el beneficiado y secado del café.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, G., & Puerta, G. (2002). *La variedad Colombia y sus características de calidad física y en taza*. CENICAFÉ, Caldas - Colombia.
- AOAC (2018). *Official Methods of analysis - Determinación de pH - Método AOAC 918.12*. Association of Official Analytical Chemists, Lima - Perú.
- Aristizabal, C., & Duque, H. (2006). *Determinación de economías de escala en el terminación de economías de escala en el proceso de beneficio del café en Colombia*. Bogotá - Colombia: Cenicafe.
- Becerra , R., Fernández, L., Gonzales , H., & Rodriguez , Z. (2017). *Planeamiento Estratégico para la Industria del Café del Cusco*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, Lima - Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9630/Becerra_Fernandez_Planeamiento_Café_Cusco.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Boyacá Vásquez, L. (2018). *Estudio exploratorio de la obtención de café verde mediante beneficio Honey y la determinación de su calidad en taza* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/71365/>.
- Buenaventura, C., & Castaño, J. (2002). *Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de las muestras de café procedentes del ecotopo 206B en Colombia*. Universidad Nacional de América, Bogotá - Colombia.
- Cardenas, A. (2017). *Evaluación física y organoléptica de tres var. de café (coffea arábica L.) con cuatro tiempos de fermentación en tres pisos altitudinales del distrito de Santa Ana - La Convención - Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco - Perú.
- Consejo de Educación Técnico Profesional. (2018). *Química de los alimentos - Manual de actividades analíticas*.
- Dirección Regional Agraria Amazonas (2017). *Plan estratégico regional agrario de la región Amazonas 2011 - 2021*. Gobierno Regional Amazonas, Chachapoyas - Perú. Obtenido de <http://www.regionamazonas.gob.pe/docs/portal/contenidos/2/060720171242302100049804.pdf>.

- Duicela, G., Corral, C., Farfán, T., & Alcívar, R. (2009). *Post cosecha y calidad del café arábigo*. ANECAFE, USAID, COFENAC, Manta, Ecuador.
- Duicela, G., Guamán, J., Corral, C., & Farfán, T. (2010). *Métodos de beneficio del café arábigo*. COFENAC, Manta - Ecuador.
- Egred Saá, M., & Tapia, E. (2017). *Directrices de producción y tratamiento para determinar café de calidad*. Universidad San Francisco de Quito. Quito - Ecuador: Quito.
- Espinoza, R., & Godoy, N. (2017). *Influencia del tiempo de tostado en las características organolépticas de tres variedades de café en la ciudad de Tingo María* (tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ciencias Agrarias, Huánuco-Perú. Obtenido de <http://repositorio.edu.pe/handle/unheval>.
- Estrella Gamonal, L. (2014). *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 de grado). Universidad Nacional de San Martín, Académico de Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto - Perú.
- Figueroa, J. (2013). *Extracción de componentes volátiles del café (Coffea arabica L.) tostado de Vilcabamba (Ecuador) para análisis cromatográfico* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Gonzales, 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 de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Ciencias Agrarias, Tingo María - Perú. Obtenido de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1237/GTW_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- González, H., & et al. (2011). *Café (Coffea arabica L.): compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor*. Universidad de Guadalajara, Unacar Tecnociencia, Jalisco - México.

- Jarata, E. (2015). *Evaluación de perfiles de taza en tres zonas productoras de café (Coffea arábica) variedad catimor en el valle del distrito de Ayapata-Carabaya* (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.
- Julca, A., & et al. (2013). *Una revisión sobre la roya del café (Hemileia vastatrix) algunas experiencias y recomendaciones para el Perú*. Lima - Perú.
- Lara, L. (2005). *Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (Coffea arabica L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua* (Tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- López, F., & et al. (2016). *Producción y calidad en variedades de café (Coffea arabica L.) en Veracruz, México*. Veracruz - México.
- Mejía L, F., Acero R, N., Duque B, L., & Serna J, J. (2018). *Fermentación de café por Vía semi húmeda para la obtención de café especial "honey"*. Universidad La Gran Colombia, República de Armenia, Ereván.
- Mero, J. (2018). *Características sensoriales del Coffea arábica (café) con distintos tratamientos de beneficio húmedo en la parroquia Noboa del cantón 24 de Mayo* (Tesis de Grado). Universidad Estatal del Sur de Manabí - Unesum. Manabí - Ecuador: Jipijapa - UNESUM.
- Ormaza, P., & Valeriano, P. (2008). *Evaluación de los efectos causados por seis métodos de beneficio en la calidad física y organoléptica de dos variables de café arábigo(Coffea arábica L.) en la zona sur de Manabí* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Puerta , G. (2016). *Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud suelos y buenas prácticas de beneficio*. Cenicafé, Caldas, Colombia. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/1.Calidad.pdf>.
- Puerta, G., & et al. (2016). *Diagnóstico de la calidad del café según altitud suelos y beneficio en varias regiones de Colombia*. Caldas - Colombia.

- Quiliguango, R. (2013). *Influencia de cuatro métodos de beneficios sobre la calidad física y organoléptica del café arábigo (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales del noroccidente de Pichincha* (Tesis de Grado). Quito - Ecuador.
- Ramos, L., & Criollo, H. (2016). *Calidad física y sensorial de Coffea arábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, en La Unión, Nariño*. Universidad de Nariño, Pasto - Colombia.
- SCAA (2008). *Protocolos de catación*. Coffee Quality Institute, USA.
- Valencia, J., Pinzón, M., & Gutiérrez, R. (2015). *Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío*. Universidad del Quindío, Quindío-Colombia. Obtenido de <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/352/302>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos en la evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del café.

Tabla 8. Datos promedios obtenidos de análisis fisicoquímicos y sensoriales del café.

Tipo beneficio	Altitud (msnm)	Variedad	Comp. Volt.	PH	Acidez Tit. (%)	Punt. Taza
Natural	1400 ± 50	Catimor	90.33	5,02	1,31	84,00
Natural	1400 ± 50	Caturra	88.67	4,96	1,38	86,00
Lavado	1400 ± 50	Catimor	85.33	4,91	1,41	83,00
Lavado	1400 ± 50	Caturra	83.67	4,96	1,36	83,25
Honey	1400 ± 50	Catimor	88.33	4,98	1,62	84,50
Honey	1400 ± 50	Caturra	93.33	4,97	1,51	83,00
Natural	1600 ± 50	Catimor	81.67	4,91	1,70	85,25
Natural	1600 ± 50	Caturra	77.67	5,05	1,70	85,50
Lavado	1600 ± 50	Catimor	66.33	5,02	1,36	82,75
Lavado	1600 ± 50	Caturra	86.00	4,97	1,41	81,25
Honey	1600 ± 50	Catimor	79.33	4,99	1,74	83,25
Honey	1600 ± 50	Caturra	75.33	4,99	1,62	82,75
Natural	1800 ± 50	Catimor	86.00	4,91	1,78	85,50
Natural	1800 ± 50	Caturra	82.00	5,05	1,63	87,00
Lavado	1800 ± 50	Catimor	89.00	4,88	1,59	82,75
Lavado	1800 ± 50	Caturra	89.33	4,93	1,58	82,50
Honey	1800 ± 50	Catimor	85.33	4,88	1,56	85,00
Honey	1800 ± 50	Caturra	82.67	4,94	1,68	84,25

Anexo 2. Datos obtenidos de la evaluación sensorial de las muestras de café para cada tratamiento

Clasificación					
6.00	Buena	7.00	Muy Buena	8.00	Excelente
6.25		7.25		8.25	
6.50		7.50		8.50	
6.75		7.75		8.75	

La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación

Nombre: *Eltan Omar Vera Olivera*

Fecha: *03/08/19* Sección:

Muestra N° T1	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Apreciación General	Puntaje Total
		Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>8</i>	Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>7.75</i>	84
		Seco: Calidad Romper	Postguiso	Intensidad Alta	Nivel Pasado Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje)	Tinta = 2 Fallo = 4
Notas: <i>Frutas maduras, malta, pira, boben, málito, cremoso, chocolate dulce aromático</i>									
Muestra N° T2	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Apreciación General	Puntaje Total
		Puntaje: <i>8</i>	Puntaje: <i>8</i>	Puntaje: <i>8</i>	Puntaje: <i>8</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>8</i>	86
		Seco: Calidad Romper	Postguiso	Intensidad Alta	Nivel Pasado Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje)	Tinta = 2 Fallo = 4
Notas: <i>Chocolate, malta, frutas secas, málito, cremoso, balanceado, toffe</i>									
Muestra N° T3	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Apreciación General	Puntaje Total
		Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	83
		Seco: Calidad Romper	Postguiso	Intensidad Alta	Nivel Pasado Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje)	Tinta = 2 Fallo = 4
Notas: <i>Caramele, melaza, cana verde, frutas verdes, maculorina, pinta, teso, balanceado, aspero</i>									
Muestra N° T4	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Apreciación General	Puntaje Total
		Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>10</i>	Puntaje: <i>7.5</i>	83.25
		Seco: Calidad Romper	Postguiso	Intensidad Alta	Nivel Pasado Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje)	Tinta = 2 Fallo = 4
Notas: <i>Panela dulce, frutas tropicales, citrico aromático, aguado, balanceado, miel oscura, suave</i>									



La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación

Nombre: **Elton Omar Vera Olivera**

Fecha: **03/08/19** Sección:

Clasificación	
6.00	Bajo
7.00	Muy Bueno
8.00	Excelente
9.00	Extraordinario
6.25	
7.25	
8.25	
9.25	
6.75	
7.75	
8.75	

Muestra N° T5	Nivel de Tostado	Puntaje: 7.75 Fragancia / Aroma Bajo Calidad Rombar	Puntaje: 7.75 Sabor Posgusto	Puntaje: 7.75 Acidez Intensidad Alta Bajo	Puntaje: 8 Cuerpo Nivel Pasado Ligero	Puntaje: 10 Uniformidad	Puntaje: 10 Taza Limpia	Puntaje: 7.75 Apreciación General	Puntaje Total: 84.50
Nota: Frutas maduras, frutos rojos, maíz, crema, balanceado									

Muestra N° T6	Nivel de Tostado	Puntaje: 7.75 Fragancia / Aroma Bajo Calidad Rombar	Puntaje: 7.75 Sabor Posgusto	Puntaje: 7.75 Acidez Intensidad Alta Bajo	Puntaje: 7.25 Cuerpo Nivel Pasado Ligero	Puntaje: 10 Uniformidad	Puntaje: 10 Taza Limpia	Puntaje: 7.75 Apreciación General	Puntaje Total: 83
Nota: fruta madura, guayaba, durazno, cítrico, crema, balanceado									

Muestra N° T7	Nivel de Tostado	Puntaje: 8 Fragancia / Aroma Bajo Calidad Rombar	Puntaje: 8 Sabor Posgusto	Puntaje: 8 Acidez Intensidad Alta Bajo	Puntaje: 8 Cuerpo Nivel Pasado Ligero	Puntaje: 10 Uniformidad	Puntaje: 10 Taza Limpia	Puntaje: 7.75 Apreciación General	Puntaje Total: 85.25
Nota: espeque, yerba verde, café, vino, crema, durazno, balanceado									

Muestra N° T8	Nivel de Tostado	Puntaje: 7.75 Fragancia / Aroma Bajo Calidad Rombar	Puntaje: 8 Sabor Posgusto	Puntaje: 8 Acidez Intensidad Alta Bajo	Puntaje: 8 Cuerpo Nivel Pasado Ligero	Puntaje: 10 Uniformidad	Puntaje: 10 Taza Limpia	Puntaje: 7.75 Apreciación General	Puntaje Total: 85.50
Nota: plátano maduro, plátano maduro, maíz, crema, balanceado									



La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación

Clasificación:	
6.00	Buño
7.00	Muy Buño
7.25	Excelente
8.25	Estándar
8.50	
7.50	
8.75	

Nombre: Elton Omar Vera Olivera

Fecha: 03/08/19 Sección:

Muestra N° T9	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: 7.5	Sabor Puntaje: 7.5	Acidez Puntaje: 7.5	Cuerpo Puntaje: 7.5	Uniformidad Puntaje: 10	Taza Limpia Puntaje: 10	Apreciación General Puntaje: 7.5	Puntaje Total: 82.75
		Seco - Calidad Rompida	Posgusto	Inigualdad / Alta / Bajo	Nivel / Pesado / Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 Falla = 4	
Notas: Herbal / Infusión de negro, Citrico verde / Ligero / Limpio, Balanceado									

Muestra N° T10	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: 7	Sabor Puntaje: 7.5	Acidez Puntaje: 7.25	Cuerpo Puntaje: 7.25	Uniformidad Puntaje: 10	Taza Limpia Puntaje: 10	Apreciación General Puntaje: 7.5	Puntaje Total: 81.25
		Seco - Calidad Rompida	Posgusto	Inigualdad / Alta / Bajo	Nivel / Pesado / Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 Falla = 4	
Notas: Cereal tostado, mani tostado, cítrico naranja, ligero, Balanceado verde									

Muestra N° T11	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: 7.75	Sabor Puntaje: 7.5	Acidez Puntaje: 7.5	Cuerpo Puntaje: 8	Uniformidad Puntaje: 10	Taza Limpia Puntaje: 10	Apreciación General Puntaje: 7.5	Puntaje Total: 83.25
		Seco - Calidad Rompida	Posgusto	Inigualdad / Alta / Bajo	Nivel / Pesado / Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 Falla = 4	
Notas: Chocolate / Fruta madura / Arroz Basmati / Citrico Toranja, cremoso, Balanceado									

Muestra N° T12	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: 7.5	Sabor Puntaje: 7.5	Acidez Puntaje: 8	Cuerpo Puntaje: 8	Uniformidad Puntaje: 10	Taza Limpia Puntaje: 10	Apreciación General Puntaje: 7.5	Puntaje Total: 82.75
		Seco - Calidad Rompida	Posgusto	Inigualdad / Alta / Bajo	Nivel / Pesado / Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 Falla = 4	
Notas: Mani tostado, Cereal pintón, cítrico, cremoso, Balanceado									



La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación

Nombre: *Elton Omar Vera Olivera*

Fecha: *03/08/19* Sección:

Clasificación	
8.00	Buena
7.00	Muy Buena
6.25	7.25
6.50	7.50
6.75	7.75
8.00	Excepcional
9.25	
8.50	
9.75	

Muestra N° <i>T13</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>7.75</i>	Sabor Puntaje: <i>8</i>	Acidez Puntaje: <i>8</i>	Cuerpo Puntaje: <i>8</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>8</i>	Puntaje Total <i>85.50</i>
		Seco - Calidad Romper	Posteado	Intensidad Alta - Bajo	Nivel - Pasado - Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntajes) N° Tazas Fallo = 4	Intensidad
	Notas:	<i>Plantano maduro, frutos rojos, manzana, cítrico, cremoso, balanceado</i>							

Muestra N° <i>T14</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>8.5</i>	Sabor Puntaje: <i>8.5</i>	Acidez Puntaje: <i>8</i>	Cuerpo Puntaje: <i>8</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>8</i>	Puntaje Total <i>87</i>
		Seco - Calidad Romper	Posteado	Intensidad Alta - Bajo	Nivel - Pasado - Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntajes) N° Tazas Fallo = 4	Intensidad
	Notas:	<i>Frutas maduras, M. Roja, vainilla, maíz - láctico, cremoso, balanceado</i>							

Muestra N° <i>T15</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>7.75</i>	Sabor Puntaje: <i>7.5</i>	Acidez Puntaje: <i>7.5</i>	Cuerpo Puntaje: <i>7.5</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje Total <i>82.75</i>
		Seco - Calidad Romper	Posteado	Intensidad Alta - Bajo	Nivel - Pasado - Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntajes) N° Tazas Fallo = 4	Intensidad
	Notas:	<i>Babazo de caña, fruta verde, naranja madura, ligero - tenso, balanceado</i>							

Muestra N° <i>T16</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>7.5</i>	Sabor Puntaje: <i>7.5</i>	Acidez Puntaje: <i>7.5</i>	Cuerpo Puntaje: <i>7.5</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>7.5</i>	Puntaje Total <i>82.50</i>
		Seco - Calidad Romper	Posteado	Intensidad Alta - Bajo	Nivel - Pasado - Ligero	Balanza	Dulzura	Defectos (Menos puntajes) N° Tazas Fallo = 4	Intensidad
	Notas:	<i>Cogollo de caña, caña verde, crítica naranja, ligero, verde</i>							



La Asociación de Cafés Especiales de América. Formulario de Catación

Nombre: *Elton Omat Vera Olivera*

Fecha: *03/08/19* Sección:

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

Muestra N° <i>717</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>7.75</i>	Sabor Puntaje: <i>7.75</i>	Acidez Puntaje: <i>8</i>	Cuerpo Puntaje: <i>7.75</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje Total: <i>85</i>
Notas: <i>Fruta roja, malta, vainilla, almendra, crema, chocolate</i>									
Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/> Falta = 4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>									

Muestra N° <i>718</i>	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje: <i>7.75</i>	Sabor Puntaje: <i>7.75</i>	Acidez Puntaje: <i>7.75</i>	Cuerpo Puntaje: <i>7.75</i>	Uniformidad Puntaje: <i>10</i>	Taza Limpia Puntaje: <i>10</i>	Apreciación General Puntaje: <i>7.75</i>	Puntaje Total: <i>84.75</i>
Notas: <i>Cereal tostado, maní tostado, cítrico-toranja, cremoso, balanceado</i>									
Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/> Falta = 4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>									

Muestra N°	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje:	Sabor Puntaje:	Acidez Puntaje:	Cuerpo Puntaje:	Uniformidad Puntaje:	Taza Limpia Puntaje:	Apreciación General Puntaje:	Puntaje Total:
Notas: <i>Cereal tostado, maní tostado, cítrico-toranja, cremoso, balanceado</i>									
Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/> Falta = 4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>									

Muestra N°	Nivel de Tostado	Fragancia / Aroma Puntaje:	Sabor Puntaje:	Acidez Puntaje:	Cuerpo Puntaje:	Uniformidad Puntaje:	Taza Limpia Puntaje:	Apreciación General Puntaje:	Puntaje Total:
Notas:									
Defectos (Menos puntaje) Tinta = 2 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/> Falta = 4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>									



COFFEE QUALITY INSTITUTE®

Q Arabica Grader

ELTON OMAR VERA OLIVERA

The Coffee Quality Institute confers the honor distinction of CQI Licensed Q Arabica Grader to the holder of this certificate for having successfully passed all of the Licensed Q Arabica Grader exams and requirements. CQI extends all the privileges of this certificate for 36 months, as described in the Q Grader Rules and Regulations. In this honor, the holder agrees to uphold the Q Grader Code of Ethics established by the Q Coffee System.

R. DELRUE
Roukiat Delrue
Q Director



David Roche

David Roche
Executive director

Anexo 4. Análisis estadístico de los datos obtenidos en la evaluación fisicoquímica del café.

Tabla 9. Análisis de varianza para la evaluación fisicoquímica del café

	Origen	Tipo I de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	Compuestos Volátiles	2079,204 ^a	17	122.306	1.460	0.166	
	pH	0,144 ^b	17	0.008	2.015	0.038	
	Acidez Titulable (%)	0,852 ^c	17	0.050	3.320	0.001	
Intersección	Compuestos Volátiles	380184.463	1	380184.463	4539.014	0.000	
	pH	1329.776	1	1329.776	315994.176	0.000	
	Acidez Titulable (%)	104.612	1	104.612	6933.021	0.000	
Tipo de beneficio	Compuestos Volátiles	11.704	2	5.852	0.070	0.933	
	pH	0.014	2	0.007	1.691	0.199	
	Acidez Titulable (%)	0.230	2	0.115	7.635	0.002	
Altitud	Compuestos Volátiles	1091.704	2	545.852	6.517	0.004	
	pH	0.030	2	0.015	3.565	0.039	
	Acidez Titulable (%)	0.320	2	0.160	10.613	0.000	
Variedad	Compuestos Volátiles	8.167	1	8.167	0.098	0.757	
	pH	0.016	1	0.016	3.861	0.057	
	Acidez Titulable (%)	0.008	1	0.008	0.503	0.483	
Tipo de beneficio *	Compuestos Volátiles	266.963	4	66.741	0.797	0.535	
	pH	0.017	4	0.004	0.981	0.430	
	Altitud	Acidez Titulable (%)	0.221	4	0.055	3.669	0.013
Tipo de beneficio *	Compuestos Volátiles	208.000	2	104.000	1.242	0.301	
	pH	0.009	2	0.005	1.108	0.341	
	Variedad	Acidez Titulable (%)	0.003	2	0.002	0.104	0.902
Altitud *	Compuestos Volátiles	81.333	2	40.667	0.486	0.619	
	Variedad	pH	0.019	2	0.010	2.294	0.115
		Acidez Titulable (%)	0.001	2	0.000	0.024	0.976
Tipo de beneficio *	Compuestos Volátiles	411.333	4	102.833	1.228	0.316	
	pH	0.039	4	0.010	2.289	0.079	
	Altitud *	Acidez Titulable (%)	0.068	4	0.017	1.127	0.359
Error	Compuestos Volátiles	3015.333	36	83.759			
	pH	0.151	36	0.004			
	Acidez Titulable (%)	0.543	36	0.015			
Total	Compuestos Volátiles	385279.000	54				
	pH	1330.072	54				
	Acidez Titulable (%)	106.006	54				
Total corregido	Compuestos Volátiles	5094.537	53				
	pH	0.296	53				
	Acidez Titulable (%)	1.395	53				

Anexo 5. Análisis estadístico de los datos obtenidos en la evaluación sensorial del café.

Tabla 10. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto al tipo de beneficio

Variable dependiente:	Puntuación en taza				
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	26,549 ^a	2	13.274	17.409	0.000
Intersección	126924.014	1	126924.014	166457.723	0.000
Tipo de beneficio	26.549	2	13.274	17.409	0.000
Error	11.438	15	0.763		
Total	126962.000	18			
Total corregido	37.986	17			

Tabla 11. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto a la altitud

Variable dependiente:	Puntuación en taza				
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,257 ^a	2	1.628	0.703	0.511
Intersección	126924.014	1	126924.014	54820.210	0.000
Altitud	3.257	2	1.628	0.703	0.511
Error	34.729	15	2.315		
Total	126962.000	18			
Total corregido	37.986	17			

Tabla 12. Análisis de varianza de la puntuación en taza con respecto a la variedad

Variable dependiente:	Puntuación en taza				
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,014 ^a	1	0.014	0.006	0.940
Intersección	126924.014	1	126924.014	53480.784	0.000
Variedad	0.014	1	0.014	0.006	0.940
Error	37.972	16	2.373		
Total	126962.000	18			
Total corregido	37.986	17			

Anexo 6. Prueba Duncan para análisis para los análisis fisicoquímicos del café.

- Prueba Duncan de compuestos volátiles del café.

Compuestos Volátiles		
Duncan _{a,b}		
Tipo de beneficio	N	Subconjunto
		1
Lavado	18	83.28
Honey	18	84.06
Natural	18	84.39
Sig.		0.735

Compuestos Volátiles			
Duncan _{a,b}			
Altitud (msnm)	N	Subconjunto	
		1	2
1600 ± 50	18	77.72	
1800 ± 50	18		85.72
1400 ± 50	18		88.28
Sig.		1.000	0.408

- Prueba Duncan del potencial de hidrógeno del café.

pH		
Duncan _{a,b}		
Tipo de beneficio	N	Subconjunto
		1
Lavado	18	4.95
Honey	18	4.96
Natural	18	4.98
Sig.		0.095

pH			
Duncan _{a,b}			
Altitud (msnm)	N	Subconjunto	
		1	2
1800 ± 50	18	4.93	
1400 ± 50	18	4.97	4.97
1600 ± 50	18		4.99
Sig.		0.102	0.344

- Prueba Duncan de la acidez titulable del café.

Acidez Titulable (%)		
Duncan _{a,b}		
Tipo de beneficio	N	Subconjunto
		1 2
Lavado	18	1.30
Natural	18	1.42
Honey	18	1.45
Sig.		1.000 0.468

Acidez Titulable (%)			
Duncan _{a,b}			
Altitud (msnm)	N	Subconjunto	
		1	2
1400 ± 50	18	1.29	
1600 ± 50	18		1.42
1800 ± 50	18		1.47
Sig.		1.000	0.322

Anexo 7. Recolección de muestras a 1400 ± 50 msnm, 1600 ± 50 msnm y 1800 ± 50 msnm (Rodríguez de Mendoza).



Fig.25. Parcela de café Catimor - Omia



Fig.26. Investigador cosechando café Caturra - Omia



Fig.27. Cosecha de café – San Nicolás



Fig.28. Parcela de recolección de muestras-San Nicolás



Fig.29. Investigador cosechando café – Unión



Fig.30. Parcela de recolección de muestras - Unión

Anexo 8. Benediciado de las muestras (Estación del INDES-CES - Huambo).



Fig.31. Pesado de las muestras (3 kg)



Fig.32. Boyado de muestras – Estación de Huambo



Fig.33. Fermentación de algunas las muestras



Fig.34. Despulpado de muestras



Fig.35. Secado de café (beneficio lavado)



Fig.36. Secado de las muestras (beneficio natural)



Fig.37. Secado de café natural y honey en bandejas Fig.38. Almacenamiento de las muestras - Huambo

Anexo 9. Análisis fisicoquímico y sensorial de las muestras



Fig.39. Análisis físico de café- C."Alta Montaña" Fig.40. Midiendo la humedad- C."Alta Montaña"



Fig.41. Tostado de café en el laboratorio - UNTRM Fig.42. Envasado de muestras – UNTRM



Fig.43. Etiquetado de muestras - UNTRM



Fig.44. Molienda del café tostado – UNTRM



Fig.45. Etiquetado de muestras - UNTRM



Fig.46. Muestras para evaluar compuestos volátiles



Fig.47. Muestras para extraer compuestos volátiles

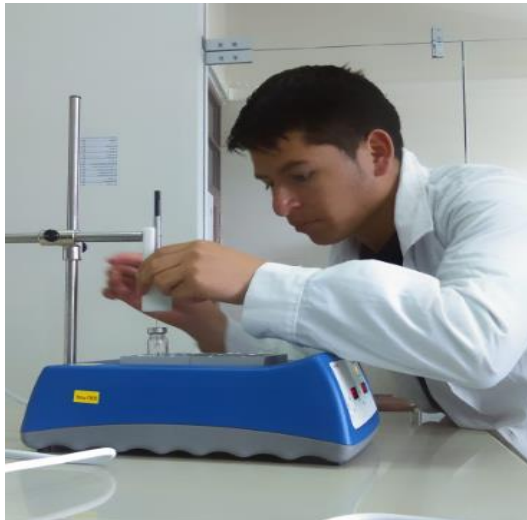


Fig.48. Microextracción en fase sólida (SMPE)



Fig.49. Evaluación del pH y acidez titulable



Fig.50. Preparación de muestras para el tostado



Fig.51. Tostado de café - Cooperativa CASIL



Fig.52. Análisis de Fragancia – Catador Q Grader



Fig.53. Análisis sensorial del café – San Ignacio



Fig.54. Análisis sensorial finalizado – San Ignacio

Anexo 10. Cromatogramas obtenidos en la evaluación de compuestos volátiles de café según el factor de estudio.

Anexo 10.1. Cromatogramas según el tipo de beneficio de café

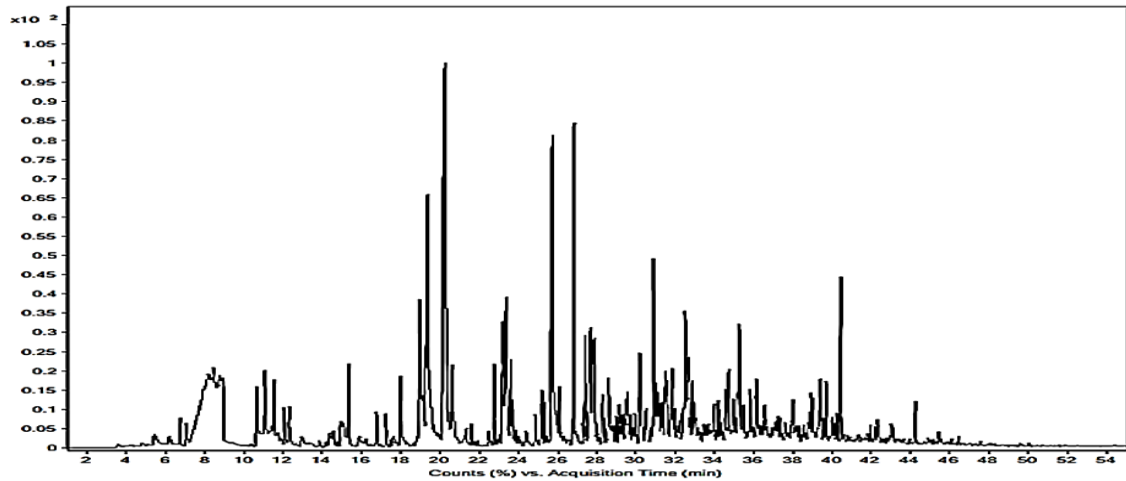


Fig.55. Cromatograma de beneficio natural

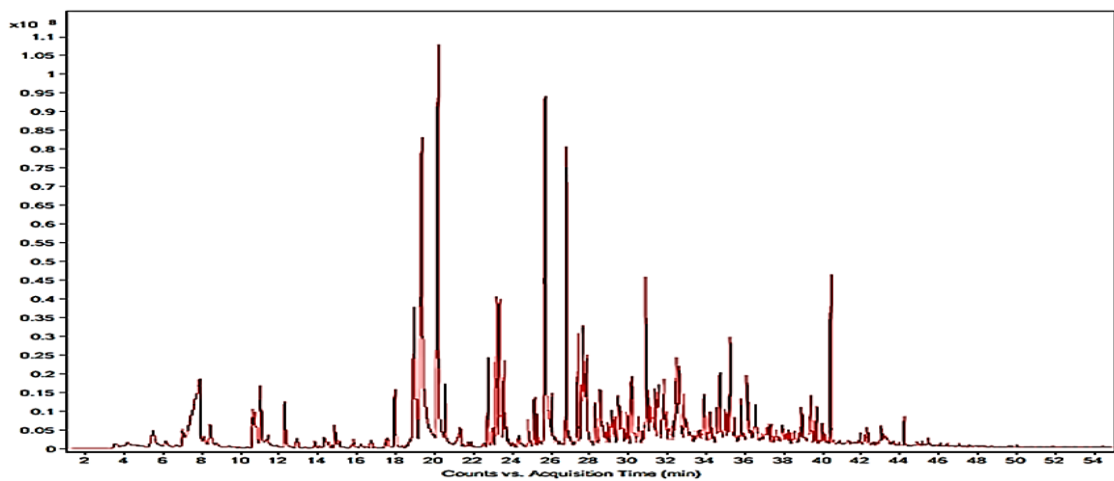


Fig.56. Cromatograma de beneficio lavado

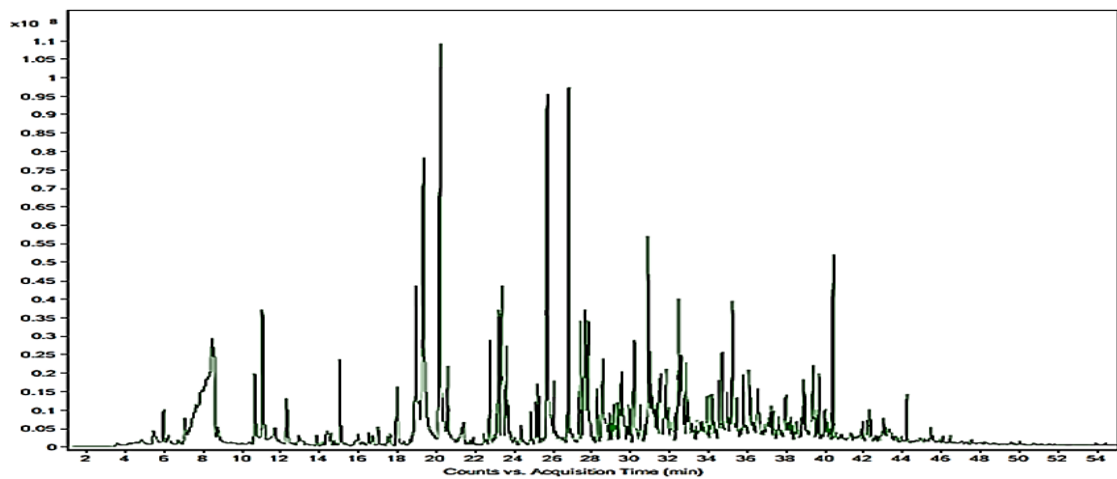


Fig.57. Cromatograma de beneficio honey

Anexo 10.2. cromatogramas según la altitud de la zona del cultivo de café

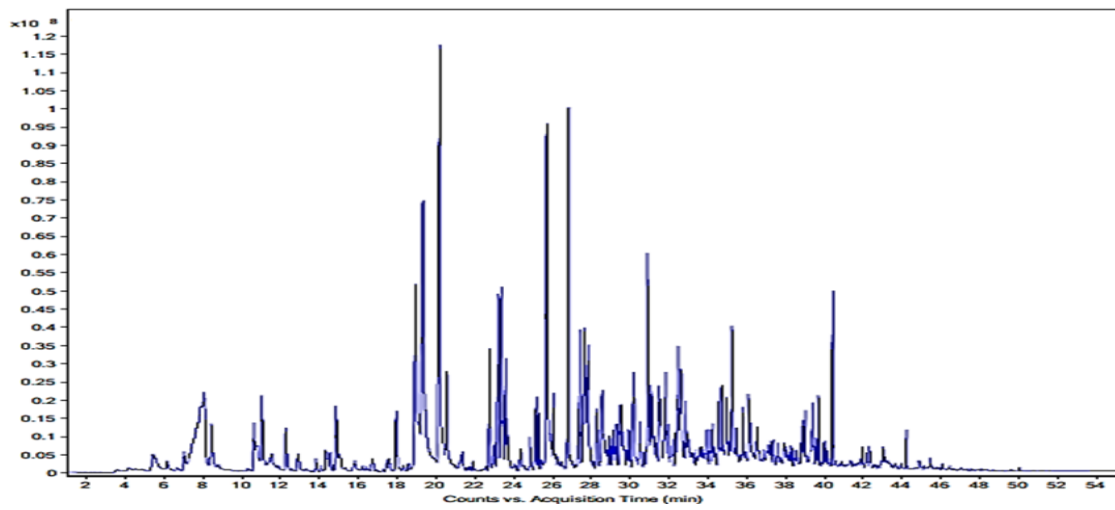


Fig.58. Cromatograma de café de 1400 ± 50 msnm

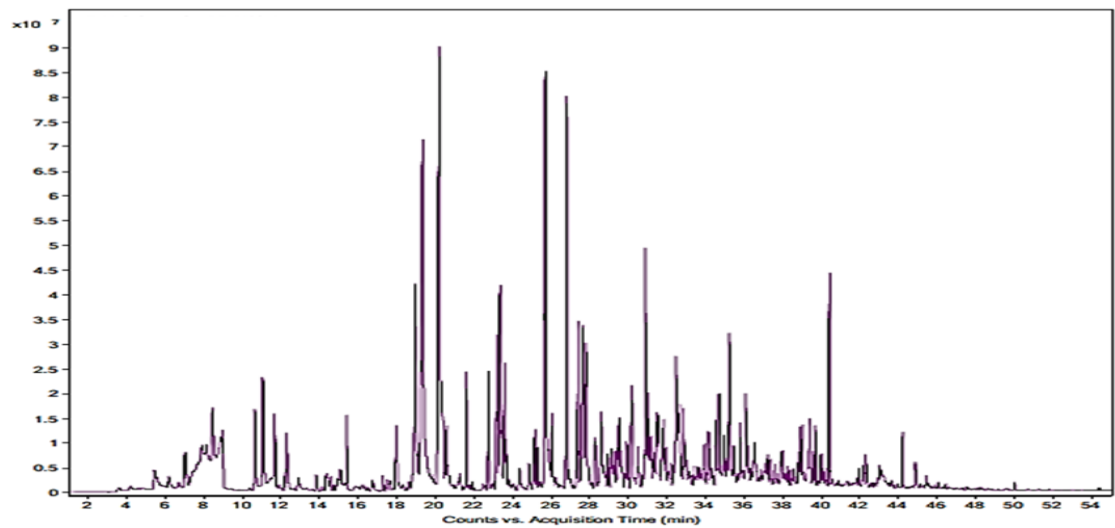


Fig.59. Cromatograma de café de 1600 ± 50 msnm

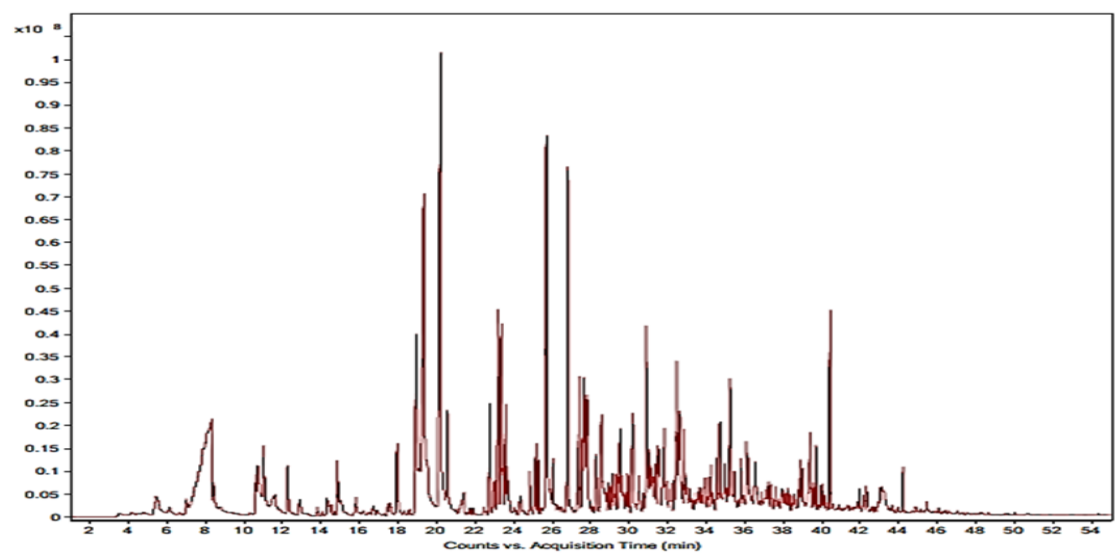


Fig.60. Cromatograma de café de 1800 ± 50 msnm

Anexo 10.3. cromatogramas según la variedad del café

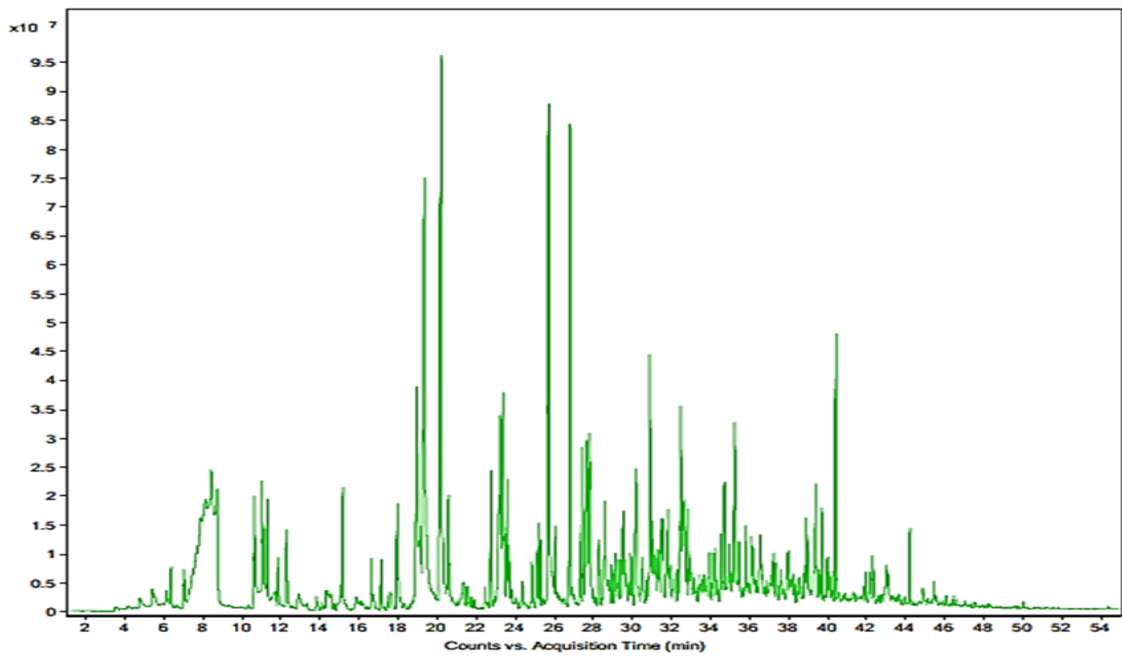


Fig.61. Cromatograma de la variedad Catimor

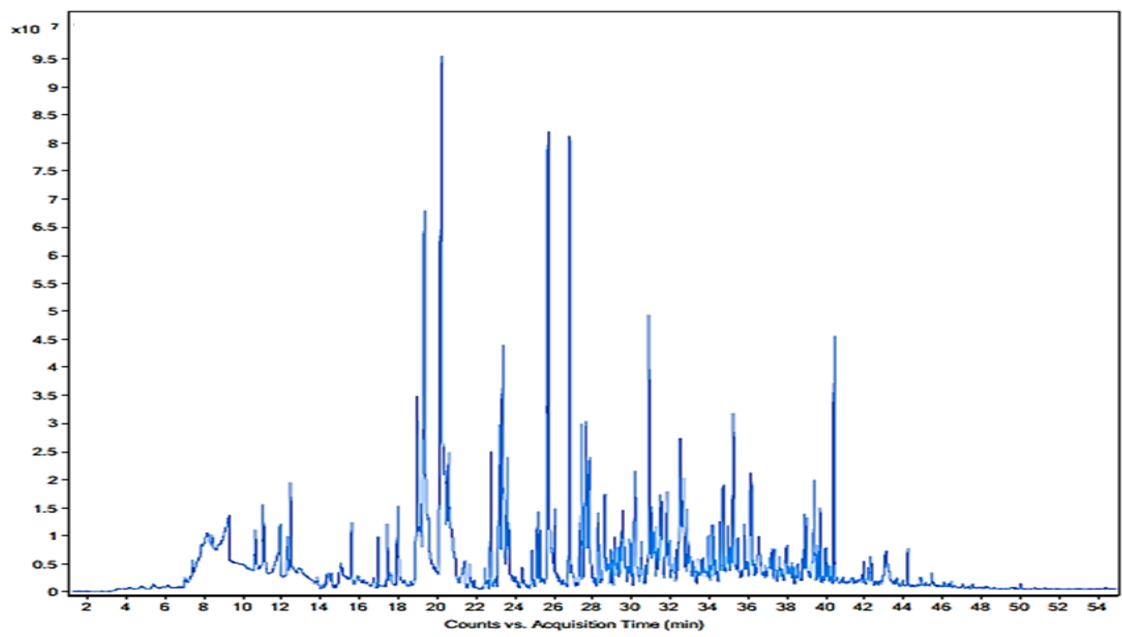


Fig.62. Cromatograma de la variedad Caturra