

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2017



INFORME DE INVESTIGACIÓN

Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica* L.), según nivel altitudinal en la Región San Martín

AUTORES:

Ing. M. Sc. Enrique Navarro Ramírez (Coordinador)
Ing. Dr. Mario Pezo Gonzáles

COLABORADORES:

Ing. Dr. Aníbal Quinteros García
Ing. Richer Garay Montes
Lic. Dra. María García Paredes
Ing. Alfredo Ramos Perea

Tarapoto - Perú
2019



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN–TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2017



INFORME DE INVESTIGACIÓN

Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica L.*), según nivel altitudinal en la Región San Martín

AUTORES:

Ing. M. Sc. Enrique Navarro Ramírez (Coordinador)

Ing. Dr. Mario Pezo Gonzáles

COLABORADORES:

Ing. Dr. Aníbal Quinteros García

Ing. Richer Garay Montes

Lic. Dra. María García Paredes

Ing. Alfredo Ramos Perea

Tarapoto-Perú

2019

Declaratoria de autenticidad

Enrique Navarro Ramírez con DNI N° 01121250 y **Mario Pezo Gonzáles** con DNI N° 01063640, docentes de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, con el informe de investigación titulado **Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica L.*)**, según nivel altitudinal en la **Región San Martín**.

Declaramos bajo juramento que:

1. El informe de investigación presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene el informe de investigación no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, noviembre del 2019



M.Sc. Enrique Navarro Ramírez
DNI: 01121250



Dr. Mario Pezo Gonzáles
DNI: 01063640



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: NAVARRO RAMÍREZ ENRIQUE
Código de alumno : _____ Teléfono: 927 871040
Correo electrónico : anavarro@unsm.edu.pe DNI: 01121250

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Escuela Profesional de: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis () Trabajo de investigación (X)
Trabajo de suficiencia profesional ()

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo: CUANTIFICACIÓN DE CAFEINA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD SENSORIAL ENTRE TRES VARIETADES DE CAFÉ (Coffea arabica L.) SEGUN NIVEL ALTITUDINAL EN LA REGION SAN MARTIN
Año de publicación: 2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público * (X) Embargo ()
Acceso restringido ** ()

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**".



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

06 / 01 / 2020



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	PEZO GONZALEZ, MARIO		
Código de alumno :		Teléfono:	972559772
Correo electrónico :	mpezo@UNSM.edu.pe	DNI:	01063640

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Escuela Profesional de:	INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	()	Trabajo de investigación	(X)
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Cerificación de cafeina y su efecto en la Calidad Sensorial en tres Variedades de Café (Coffea arabica L.) Según Nivel Altitudinal en la Región San Martín
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

06, 01, 2020



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, que por intermedio del Instituto de Investigación y Desarrollo hicieron posible el financiamiento del presente trabajo de investigación

A los productores cafetaleros de las zonas de Tocache, Moyobamba, Rioja y Lamas que facilitaron el ingreso a sus sembríos de café y proporcionarnos las muestras requeridas para desarrollar por completo esta investigación.

A la Ing. Ericka Vanessa Guerra Pisco Jefa de Control de Calidad de la Cooperativa Agraria Oro Verde por el apoyo brindado en el procesamiento de las muestras y la catación de las mismas, así como también el agradecimiento a dicha Cooperativa por cedernos sus instalaciones.

Índice general

	Pág.
Agradecimiento	vii
Índice general	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Lista de siglas y abreviaturas	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	01
Planteamiento del problema	01
Formulación del problema	02
Objetivos	02
Justificación de la investigación	03
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	04
1.1 Antecedentes de la investigación	04
1.2 Bases teóricas	05
1.2.1 El café	05
1.2.1.1 Composición del café	06
1.2.1.2 Especies de café	07
1.2.2 Variedades de café cultivadas en la Región San Martín	08
1.2.3 La calidad y sus atributos en el café	09
1.3 Definición de términos básicos	11
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	13
2.1 Sistema de hipótesis	13
2.2 Sistema de variables	13
2.3 Tipo de investigación	13
2.4 Nivel de investigación	14
2.5 Diseño de investigación	14
2.6 Población y muestra	15

2.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
2.8	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	16
2.9	Materiales y métodos	16
2.9.1	Equipos y materiales	16
2.9.2	Métodos	17
2.9.2.1	Preparación de las muestras para catación	17
2.9.2.2	Análisis sensorial del café	18
2.9.2.3	Cuantificación de cafeína	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		20
3.1	Cuantificación de cafeína en diferentes variedades de café según nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5%.	20
3.2	Evaluación sensorial de diferentes variedades de café según nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5%.	24
3.3	Correlación entre la cantidad de cafeína y la calidad sensorial del café mediante Spearman	31
CONCLUSIONES		33
RECOMENDACIONES		34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		35
ANEXO A: Análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%		37
ANEXO B: Correlaciones de Spearman		51

Índice de tablas

		Pág.
Tabla 1	Zonas de toma de muestras y cantidades que fueron analizadas.	15
Tabla 2	Calificación global de las calidades de café en taza.	18
Tabla 3	Cantidad de cafeína en tres variedades de café en la Región San Martín.	20
Tabla 4	Valores promedios de los atributos sensoriales en tres variedades de café por niveles altitudinales.	25
Tabla 5	Calificación obtenida en la evaluación sensorial según la SCAA.	30
Tabla 6	Correlaciones de Spearman entre cantidad de cafeína y las variables sensoriales.	31

Índice de figuras

		Pág.
Figura 1	Diseño de investigación.	14
Figura 2	Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 500 – 800 msnm.	21
Figura 3	Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 800 – 1000 msnm.	22
Figura 4	Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 1000 – 1200 msnm.	22
Figura 5	Contenido de cafeína en tres variedades de café a diferentes niveles altitudinales.	23
Figura 6	Puntuación total en calidad sensorial de tres variedades de café a diferentes niveles altitudinales.	29

Lista de siglas y abreviaturas

AMA	: Agencia Mundial Antidopaje
ANVA	: Análisis de varianza
DCA	: Diseño Completamente al Azar
FDA	: Food and Drug Administration
FIAI	: Facultad de Ingeniería Agroindustrial
g	: gramo
kg	: kilogramo
m.s.n.m.	: metros sobre el nivel del mar
R	: Rho de Spearman
SAS	: Statistical Analysis System
SCAA	: Asociación Americana de Café Especial
UNSM-T	: Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto

Resumen

La calidad en taza del café depende de los atributos sensoriales que posee el grano molido tostado además de la zona agrícola que procede y por la cantidad de cafeína existente. Así, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los niveles altitudinales sobre el contenido de cafeína en café tostado molido entre las variedades Catimor, Caturra y Pache en la Región San Martín además de determinar la relación del contenido de cafeína sobre la calidad sensorial del café en taza. Para ello se recolectaron muestras de café en tres niveles altitudinales (500 – 800; 800 -1000 y 1000 -1200 msnm) y fueron analizadas para obtener la cantidad de cafeína en cada una de ellas, además se sometieron al análisis sensorial cuya calificación de los atributos se realizó de acuerdo a la puntuación de la Asociación de Cafés Especiales de América. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%, además se realizó una correlación de Spearman con la finalidad de determinar el grado de asociación entre la cantidad de cafeína y la calidad sensorial del café en taza. La variedad Catimor obtuvo la mayor cantidad promedio de cafeína (1,214 g/100 g) proveniente del nivel altitudinal de entre 1000 – 1200 msnm, mientras que las variedades Catimor y Pache reportaron valores promedios menores de cafeína (1,096 g/100 g) en muestras obtenidas entre 500 -800 msnm. Se concluye que el nivel altitudinal tiene influencia directa positiva en el contenido de cafeína en las mismas, lo cual indica que a mayor altitud se obtuvieron muestras con mayor contenido de cafeína en todas las variedades estudiadas con existencia de diferencias significativas entre los valores promedios encontrados. Existe una relación positiva del tipo media o moderada (0,488), entre el contenido promedio de cafeína y la calidad sensorial del café en taza de las variedades Catimor, Caturra y Pache es decir que la cantidad de cafeína tiene efecto directo sobre los atributos sensoriales durante la catación del café en taza.

Palabras clave: Cafeína, nivel altitudinal, calidad sensorial, Región San Martín.

Abstract

The cup quality of the coffee depends on the sensory attributes of the roasted ground grain in addition to the agricultural area that it comes from and the amount of existing caffeine. Thus, the objective of this investigation was to evaluate the effect of altitude levels on the caffeine content in ground roasted coffee between the Catimor, Caturra and Pache varieties in the San Martín Region, in addition to determining the ratio of caffeine content to sensory quality. of coffee in cup. For this, coffee samples were collected at three altitude levels (500-800; 800-1000 and 1000-1200 m.a.s.l.) and were analyzed to obtain the amount of caffeine in each of them, in addition they were subjected to sensory analysis whose qualification of Attributes were performed according to the score of the Association of Special Cafes of America. For the comparison of means, the 5% Tukey test was used, in addition a Spearman correlation was made in order to determine the degree of association between the amount of caffeine and the sensory quality of coffee in the cup. The Catimor variety obtained the highest average amount of caffeine (1,214 g/100 g) from the altitude level of between 1000 - 1200 meters above sea level, while the Catimor and Pache varieties reported lower average values of caffeine (1,096 g/100 g) in samples obtained between 500 -800 m.a.s.l. It is concluded that the altitudinal level has a direct positive influence on the caffeine content in them, which indicates that at higher altitude samples with higher caffeine content were obtained in all varieties studied with significant differences between the average values found. There is a positive relationship of the medium or moderate type (0,488), between the average caffeine content and the sensory quality of cup coffee of the Catimor, Caturra and Pache varieties, that is to say that the amount of caffeine has a direct effect on the sensory attributes during cupping coffee in cup.

Keywords: Caffeine, altitudinal level, sensory quality, San Martin Region.



Introducción

La caficultura es una de las principales actividades agrícolas de la Región San Martín, posesionándose como el cultivo alternativo más importante frente a la coca, constituyéndose en su mayoría como el principal sustento económico de las familias, debido a que el proceso de elaboración del café se desarrolla en condiciones agro ecológicas ideales. Las plantaciones se encuentran localizadas en las montañas tropicales entre los 600 y 1250 m.s.n.m. Las zonas de mayor producción son las provincias de Moyobamba, Rioja, Lamas y Tocache, donde se comercializa el grano del café pergamino en diferentes calidades, desde el tipo convencional hasta la mejor calidad de orgánico. Las variedades más difundidas son arábicas: Catimor, Caturra y Pache.

Las condiciones edafoclimáticas y de altitud, así como la variedad, un adecuado manejo agronómico y el proceso de beneficio de café influirán de manera sustancial en la calidad del producto, ya que sus componentes químicos resaltarán en el aroma, sabor y cuerpo del mismo.

En esta investigación se pretende determinar la cantidad de cafeína presentes en cada una de las tres variedades de café más difundidas en nuestra región, pero diferenciándolos por niveles altitudinales de procedencia; además de comparar si la cantidad de cafeína tiene algún efecto en la calidad sensorial del producto.

- **Planteamiento del problema**

Frecuentemente a los consumidores les presentan un café descrito como "mezcla para el desayuno" o "mezcla gourmet". La referencia a atributos específicos de calidad es genérica, e indica que el café tiene un aroma o un sabor suave. Aunque en ocasiones las mezclas efectivamente se utilizan para optimizar las características organolépticas de la bebida final por parte de especialistas, con el fin de obtener y destacar ciertos atributos o notas de sabores específicos, infortunadamente es frecuente encontrar que muchos de los productos que se venden con descriptivos de mezcla buscan reducir el costo del producto final mezclando cafés menos costosos y evitando declarar el verdadero origen del producto.

La composición química del grano del café depende de la especie, la variedad, el estado de desarrollo del fruto y el ambiente o condiciones de producción, entre otros factores. Las dos especies (Arábica y Robusta) tienen diferencias importantes en los

contenidos de cafeína, trigonelia, lípidos, ácidos clorogénicos, oligosacáridos y polisacáridos. Muchos de estos compuestos tienen relación con las características organolépticas de la bebida (FNCC, 2010).

Por ello es necesario conocer la cantidad de cafeína presente en el café cultivado en la región San Martín, diferenciándolos por variedades y cada variedad proveniente de diferentes niveles altitudinales de cosecha. Esto nos dará algunas respuestas a interrogantes que nos planteamos en la formulación del problema.

- **Formulación del problema**

¿Existirá diferencia significativa de contenido de cafeína entre las variedades de café: Catimor, Caturra y Pache provenientes de cafetos sembrados a diferentes niveles altitudinales en la Región San Martín?

¿Qué efecto tiene sobre la calidad sensorial del café la cantidad de cafeína que contiene el mismo?

- **Objetivos**

Objetivo general

Determinar la cantidad de cafeína y su efecto en la evaluación sensorial de tres variedades de café según nivel altitudinal en la Región San Martín.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de cafeína en café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la Región San Martín.
- Evaluar el efecto de los niveles altitudinales sobre el contenido de cafeína en café tostado molido entre las variedades Catimor, Caturra y Pache en la Región San Martín.
- Evaluar el efecto del contenido de cafeína sobre la calidad sensorial de café de las variedades Catimor, Caturra y Pache.

- **Justificación de la investigación**

El principio activo del café que más se ha estudiado hasta la fecha es la cafeína, pero al margen de ella, la presencia en el café de otras muchas sustancias del tipo minerales, antioxidantes y fibra hacen que, dependiendo de las cantidades consumidas y de su regularidad, el café pueda llegar a ser considerado un “alimento funcional”. Los alimentos funcionales se suelen consumir dentro de la dieta normal, pero presentan algún componente biológicamente activo que aporta beneficios para la salud y reduce los riesgos de enfermedades. Se ha descubierto que, en muchos alimentos tradicionales como frutas, verduras, cereales enteros, soja, etc., existen estos componentes beneficiosos, que en ocasiones son añadidos a los alimentos a los que se les enriquece o fortifica. Algunos ejemplos de estas sustancias con carácter antioxidante y prebiótico están incluidos de forma natural en el café y los estudios epidemiológicos indican que esta bebida puede prevenir muchas enfermedades, por lo que se ajusta a la definición misma de “alimento funcional”. En la actualidad se tiene interés por conocer efectos beneficiosos y/o perjudiciales de otros compuestos diferentes a la cafeína que también abundan en el café (Franco y Lizarraga, 2011).

Se sabe también que la cafeína estimula el sistema nervioso central, reduce la sensación de cansancio y fatiga y aumenta el estado de alerta y mejora la concentración, tiene efectos directos sobre el calibre de los vasos sanguíneos y actúa también sobre el sistema cardiovascular, respiratorio y gastrointestinal, tiene efectos diversos en el sistema renal, puede mejorar la absorción de algunos analgésicos y aumentar sus efectos y resulta especialmente eficaz para mitigar migrañas e incluso prevenirlas (Franco y Lizarraga, 2011).

Por estos motivos la presente investigación cuantificó el contenido de cafeína en tres de las variedades de café más cultivadas y procesadas en la región San Martín, estas variedades son: Catimor, Caturra y Pache, todas pertenecientes a la especie Arábica, sin embargo son cultivadas a diferentes niveles altitudinales, según la zona, de allí que es necesario conocer si esta altitud de siembra afecta o no al contenido de cafeína y que ésta cómo va a influir en los atributos organolépticos de un café pasado para ser degustado.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes de la investigación

Juárez (2009) cuantificó y comparó el contenido de cafeína en diez marcas de café comercializadas en Saltillo (México), además de realizar un análisis bromatológico para comparar las proporciones de su composición química. El trabajo experimental se basó en la recolección y almacenamiento de muestras, determinación de las características fisicoquímicas y finalmente la comparación de los datos obtenidos con la bibliografía citada entre las diez marcas diferentes. Los resultados obtenidos en las determinaciones realizadas a las muestras de café comercializadas en Saltillo, muestran diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en el contenido de cenizas, grasas y proteínas. En cuanto al contenido de cafeína los valores obtenidos para las diferentes marcas se encontraron comprendidos entre 1,14% y 0,86% en café sin descafeinar y para el caso del descafeinado fue de 0,51%. En la aplicación de tratamiento térmico de 95 °C en tiempos de 2,5 y 3 horas, a las muestras de café presentaron degradación de cafeína.

Pérez (2013) determinó la calidad de tres variedades de café de la especie *C. arabica* del Municipio de Jitotol, Chiapas para conocer su calidad físico-químico y sensorial y conocer cuál de las variedades presenta mejor calidad. El análisis químico se revisó estadísticamente con un diseño completamente al azar y la prueba Tukey ($P \leq 0,05$) y para el análisis sensorial un diseño de bloques al azar por prueba no paramétrica de Kruskal Wallis utilizando el programa Minitab versión 16.1.0. Los resultados obtenidos en el análisis químico para los contenidos de cenizas, proteínas, lípidos, fibra cruda, carbohidratos y cafeína; la variedad Typica presentó mejores características con porcentajes 3,5 %, 12,3 %, 9,8 %, 29,6 %, 39,61 % y 14,9 mg respectivamente, la variedad Caturra con 3,3 %, 11,3 %, 9,2 %, 26,4 %, 44,6 % y 19,3 mg de cafeína, la variedad Bourbon con 3,6 %, 11,1 %, 7,28 %, 28,4 %, 45,2 % y 13,7 mg respectivamente. El análisis físico del color fue el mismo para las tres variedades; el verde oscuro identificado con el 5753 C (guía Pantone), para las tres variedades el tamaño fue de tipo 1, en materia extraña la variedad Bourbon 2,4 % y Caturra fue 3,0 % siendo de tipo 2 y la Bourbon presentó un tipo 3 con 5,3 % y la forma en las tres variedades presentaron un porcentaje superior al

95% de la forma adecuada. En el análisis sensorial se tomó una calificación de 0 a 5; la puntuación obtenida para la variedad Caturra fue de 3,5, 3,4, 3,4, 2,9, 2,4 y 2,7, para Bourbon 3,7, 3,1, 3,6, 2,9, 2,6 y 3,1, para la variedad Typica 3,7, 3,7, 3,2, 2,7, 3 y 3,1 cada valor corresponde al; olor del café molido, sabor, aroma, cuerpo, acidez y sabor residual respectivamente para cada variedad. La variedad Typica mostro ser mejor, la Bourbon como la segunda y la Caturra como la tercera, siendo las tres variedades cafés de calidad de altura.

Vega, Reyes, De León, Bonilla y Franco (2014) realizaron un estudio sobre la cuantificación de cafeína, materia seca, ceniza y pH de 22 marcas de cafés nacionales que se comercializan en supermercados de todo Panamá. La cuantificación de cafeína por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia, presentó un rango de 0,0 – 1,64 %. Este bajo contenido de cafeína puede deberse a que estos cafés comerciales son una mezcla de café con otros granos como maíz y frijol, principalmente. Se observó una falta de información nutricional de los cafés comerciales, los cuales en algunos casos no señalaban su composición química. En el futuro se requiere un mayor control de calidad de los cafés nacionales, que cumplan con las normas legales vigentes sobre etiquetados de productos alimenticio, y se indique la proporción de mezclas de café/otros granos y contenido de cafeína en los mismos.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 El café

Café es el nombre común de las semillas provenientes de los arbustos del género *Coffea* de la familia de las Rubiáceas. Entre más de una docena de especies conocidas del género *coffea*, sólo dos tienen importancia económica, por su cultivo extensivo. Ellas son el *Coffea arábica*, conocido comúnmente como Arábica, y el *Coffea Canéphora*, conocido como Robusta. Existe una tercera especie, el *Coffea libérica*, conocida como café de Liberia, cuyo cultivo es marginal en comparación con los dos anteriores. El *Coffea arábica* contabiliza dos terceras partes de la producción mundial (Café la Nacional, 2011).

1.2.1.1 Composición del café

El café está compuesto por más de 1000 sustancias químicas distintas, incluyendo aminoácidos y otros compuestos nitrogenados, polisacáridos, azúcares, triglicéridos, ácido linoleico, diterpenos (cafestol y kahweol), ácidos volátiles (fórmico y acético) y no volátiles (láctico, tartárico, pirúvico, cítrico), compuestos fenólicos (ácido clorogénico), cafeína, sustancias volátiles (sobre 800 identificadas de las cuales 60-80 contribuyen al aroma del café), vitaminas y minerales. Otros constituyentes como las melanoidinas derivan de las reacciones de pardeamiento no enzimático o de la caramelización de carbohidratos que ocurren durante el tostado. Existen variaciones importantes en la concentración de estos componentes según la variedad de café y el grado de tostado.

La cafeína

Franco y Lizarraga (2011) definen a la cafeína como un alcaloide del grupo de las xantinas, sólido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, levemente disociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina.

La cafeína es una metilxantina. Las xantinas derivan de los ácidos nucleicos, pero son poco conocidas debido a su modesto papel en la vida de las células. Quizás la única xantina conocida que produce nuestro cuerpo es el ácido úrico.

Desde otro punto de vista, resulta que mientras muchos animales somos capaces de producir tanto xantina (precursor tanto del ácido úrico como de la cafeína) como ácido úrico, no somos capaces de sintetizar cafeína. La metilación de las xantinas es sólo posible en plantas. Las plantas son las productoras de las tres metilxantinas más consumidas por los humanos: la cafeína del café (y de las bebidas de cola y energéticas), la teofilina del té y teobromina del cacao. La acción de estas tres metilxantinas sí que es similar. Nos centraremos en las acciones de la que se encuentra en el café.

La cafeína ó 1,3,7- trimetilxantina es la sustancia psicoactiva más consumida en el mundo. Según su definición química, pertenece a la familia de los alcaloides. Este alcaloide actúa como estimulante del sistema nervioso central, favoreciendo la vigilia y la resistencia al cansancio, y del corazón, provocando vasoconstricción. Se encuentra de forma natural y en menor cantidad en otros productos como el té, el cacao o el chocolate, e incluso se puede

añadir a determinados refrescos. Bebidas estimulantes y fármacos pueden contener cantidades notables de cafeína.

La Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos ya clasificó en 1958 la cafeína como sustancia generalmente reconocida como segura y en 1987 reafirmó su posición en el sentido de que una ingesta normal de cafeína, del orden de 300 mg/día en los adultos sanos, no implica riesgos para la salud. Dicha cantidad equivale a unas 3 ó 4 tazas diarias teniendo en cuenta que un café expreso contiene 7 gramos de café, lo que equivale a aproximadamente 40 mg de cafeína.

Por otro lado, desde el 1 de enero de 2004 los deportistas ya pueden tomar café antes de las competiciones sin miedo a que puedan sancionarles, ya que la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) ha excluido la cafeína de su lista de sustancias prohibidas. La cafeína estaba antes de esa fecha clasificada por el Comité Olímpico Internacional (COI) como una sustancia de uso restringido a 12 mg/L de excreción urinaria. Esos niveles se sobrepasaban con dosis superiores a 9 mg/kg de peso, muy superiores a las habitualmente utilizadas que suelen ser de unos 5 mg/kg de peso corporal. Por lo tanto, una dosis recomendable y bien tolerada para un peso de 59 kg, por ejemplo, sería 295 mg/día, es decir, la misma cantidad que aprueba la Food and Drug Administration de Estados Unidos.

1.2.1.2 Especies de café

Los granos de las dos especies más comunes, la Arábica y la Robusta se parecen a simple vista cuando han sido tostados, pero en realidad existen muchas diferencias entre ellas.

Coffea arábica: Cafeto arábica o arábico o simplemente café arábigo, es la más cultivada desde la antigüedad, representa el 75% de la producción mundial de café. Produce un café fino y aromático, y necesita un clima fresco. El cultivo del cafeto arábica es más delicado, menos productivo y está reservado a tierras altas de montaña, entre 900 y 2.000 msnm. Originario de Etiopía (5,2%), hoy en día los diez países con mayor producción, según las estadísticas del 2015 son Brasil (38,7%), Vietnam (21,66%), Indonesia (9,2%), Colombia (8,58%), India (4,09%), Perú (3,31%), Honduras (3,31%), México (3,07%) y Uganda (2,83%) (ICO, 2015).

Coffea canephora o cafeto robusta ofrece una bebida rica en cafeína; fuerte y más ácido, usualmente usado para la fabricación de café soluble o instantáneo y mezclas. El robusta se adapta a terrenos llanos, con rendimientos más elevados. Originario del Congo Belga (actualmente República Democrática del Congo), hoy en día se cultiva en Costa de Marfil, Angola, Madagascar, la República Democrática del Congo, India, Indonesia, Brasil y Filipinas. Es más resistente que el arábigo (de ahí su nombre «robusta») (León, 2000).

La planta Robusta es más resistente a los ataques de los parásitos, a las enfermedades y al calor. La de Arábica es particularmente sensible a una enfermedad llamada roya (*Hemileia vastatrix*), especialmente cuando se siembra en terrenos de baja altitud. Esta es una de las razones para ubicar las plantaciones de Arábica generalmente a una altitud de 900 a 1,800 metros.

Pero la gran diferencia entre las dos especies está en el grano verde. El grano Arábico es más aplanado y alargado, su color verde es más intenso, y a veces muestra matices azules. Tiene además un surco central sinuoso. El grano Robusta en cambio, es más convexo y abombado, con un surco central rectilíneo, y su color es verde pálido con matices marrones o grises (León, 2000).

Desde el punto de vista químico, el grano Arábico contiene de 1,1 a 1,7% de cafeína, mientras que la Robusta contiene de 2 a 4,5%, y el sabor en la taza en las dos especies tampoco es igual: el Arábico es más dulce y aromático y sensiblemente menos amargo y astringente que el experimentado con la Robusta. La bebida obtenida de esta última es más fuerte y amarga. El café proveniente de la especie Arábica es considerado muy superior al obtenido de la Robusta (Café la Nacional, 2011).

1.2.2 Variedades de café cultivadas en la Región San Martín

ProAmazonía (2003) indica que las condiciones climáticas más adecuadas para el cultivo del café se presentan en las zonas subtropicales y en las zonas altas de las regiones tropicales, siendo la temperatura y la precipitación pluvial los factores ambientales que más inciden en la producción. En la región San Martín las zonas con mayores zonas cultivables de café son: Moyobamba, Rioja, Lamas y Tocache, siendo las variedades: Caturra, Catimor y Pache las de mayor comercialización, todas de la especie Arábica.

La variedad “Caturra” (roja y amarilla). Son mutantes de la variedad de café “Bourbón” propagado en Brasil, e introducidas en el Perú a través de la ex. Estación Experimental de Tingo María en 1950. Son de porte enano, destacan por su alta productividad, pero requieren de constante fertilización y podas productivas. El tamaño de grano, comparado con el Typica, es relativamente pequeño. En la mutante roja de Caturra los frutos adquieren un color rojo vinoso a la madurez, mientras que, en la mutante amarilla, un color amarillo. Esta última ha mostrado algo más de productividad, pero menor retención de los frutos maduros con relación a la “Caturra roja” (Infocafes, 2015).

La variedad “Catimor”. Es un híbrido que se origina del cruzamiento de “Caturra Roja” y un híbrido de Timor”, proviene del Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza de Turrialba en Costa Rica, e introducida en el Perú en 1983. Tiene relativamente alta productividad en las áreas sujetas a una actividad caficultora intensiva, con grandes cantidades de fertilizantes. No es recomendable para repoblamiento de cafetales de otras variedades de café, ni para suelos de baja fertilidad, los cuales caracterizan a la mayoría de las zonas cafetaleras del Perú. Es resistente a la roya (Infocafes, 2015).

La variedad “Pache”. Es originaria de Guatemala e introducida al Perú por el Centro de Introducción de Plantas de Beltsville, Estado de Maryland, Estados Unidos de Norte América en 1950. Es una variedad de porte similar a las Caturras, rústica, alta productividad y tamaño de grano muy cerca de la Typica, Sus rendimientos por planta se ven favorecidos por la fertilización constante (Infocafes, 2015).

1.2.3 La calidad y sus atributos en el café

FNCC (2010) sostiene que los consumidores sofisticados de café evalúan los atributos sensoriales de la bebida. Estos pueden variar de acuerdo con el origen, los procesos de producción y de cosecha o post cosecha.

Las principales cualidades organolépticas o sensoriales que se evalúan en la bebida de café son: aroma, sabor, cuerpo, acidez e impresión global.

El *aroma* de un café no requiere mayor ilustración. Es bien conocido el olor característico del café tostado. El poder del aroma de la bebida es tan notorio, que incluso muchas personas piensan que es más agradable oler el café que tomarlo.

El *sabor* también es un rasgo fácil de evaluar para los consumidores. Aunque las descripciones del sabor del café que hacen los expertos suelen ser bastante complejas, el bebedor corriente sabe que se trata de ese gusto que estalla en la boca y permanece durante un buen rato en el paladar. Los catadores expertos lo pueden calificar como suave, dulce, ácido, afrutado, pronunciado, alto y propio del café.

Entre tanto, el *cuerpo* del café es una cualidad mucho más sutil que el aroma y que el sabor, y es más difícil de diferenciar para el bebedor corriente. El cuerpo corresponde a la persistencia que tiene la bebida en la boca y a la manera como se desplaza por la lengua hacia la garganta, que es un indicio inequívoco de su suavidad. El cuerpo de la bebida también se puede percibir en la lengua como una mayor o menor concentración. Una buena bebida de café presenta cuerpo completo, moderado o balanceado. Cuando el cuerpo es sobresaliente, la bebida tiende a perder balance y por lo tanto se afecta la percepción de otros atributos positivos, como por ejemplo la acidez. El cuerpo está asociado a cultivos en áreas de mayor temperatura y menor altitud.

Por su parte el amargo es una característica normal del café debida a su composición química. Es deseable en grado moderado.

La *acidez* del café se refiere a esa chispa ligeramente picante que se siente en la lengua y que hace que el bebedor se estremezca por un instante. La acidez puede ser uno de los atributos más deseados, y está correlacionada con la temperatura promedio a la que está expuesta el cultivo y, en consecuencia, con la altitud del mismo. Sin embargo, puede llegar a ser indeseable cuando se califica como agria, vinosa, picante, acre, astringente o ausente, derivada de malas prácticas de cosecha y del beneficio del café.

La *impresión global* se refiere a la calificación general de la bebida de café. Por medio de ésta, se acepta o rechaza la calidad del grano. Está relacionada con los aromas percibidos por el sentido del olfato; y el cuerpo, el amargo y la acidez, percibidos por el sentido del gusto. A juzgar por el juicio de los expertos, hay que concluir que un café de primera calidad debe tener una combinación consistente de aroma, sabor, cuerpo y acidez. Buena parte de estos atributos de calidad dependen de algunos factores inherentes a la planta y al entorno natural en que se cultiva, y de otros asociados con la manera como el caficultor adelanta el proceso productivo. Entre los elementos naturales que determinan los atributos de calidad del café sobresalen la especie y la variedad de la planta, la altitud y la

latitud en que se encuentra el cultivo, que determinan la temperatura promedio, así como las características de la tierra y del clima. Esos atributos pueden también ser modificados por los procesos de producción del café, que pueden potenciarlos o afectarlos negativamente. En suma, la calidad del café depende de muchísimos factores, que incluyen no sólo la especie y variedad cultivada sino el lugar del cultivo, el modo de recolección, los procesos de post cosecha, el tipo de comercialización y el empaque, hasta el transporte a su destino final y, por supuesto, la forma como se procesa y prepara el café para el consumo.

1.3 Definición de términos básicos

Cafeína: Es un alcaloide del grupo de las xantinas, sólido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, levemente disociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina (Franco y Lizarraga, 2011).

Cafeto: Se le conoce como cafeto o planta productora de café a un arbusto que se da en la región tropical de la tierra perteneciente a la familia de las rubiáceas. Abarca 500 géneros y 8000 especies. Uno de esos géneros es el *Coffea*, que lo constituyen árboles, arbustos, y bejucos, y comprende unas 10 especies civilizadas, es decir, cultivadas por el hombre y 50 especies silvestres (Franco y Lizarraga, 2011).

Nivel altitudinal: Es la distancia vertical de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar, llamada elevación sobre el nivel medio del mar, en contraste con la altura, que indica la distancia vertical existente entre dos puntos de la superficie terrestre.

Café pergamino: Cuando ya se tiene el café seco, se le denomina café pergamino, puesto que al grano lo cubre una capa amarilla opaca llamada pergamino. Una vez se terminan los procesos de beneficio, incluyendo el secado, el café se somete a un nuevo proceso denominado trilla de café, para obtener el café almendra o café verde (Infocafes, 2015).

Café tostado y molido: El tueste del café es el tratamiento térmico al que se somete la semilla del cafeto (café verde) para obtener un producto quebradizo, fácilmente molturable del que por infusión en agua se obtiene el café bebida. Durante la tostación se produce la

transformación de las propiedades sensoriales, químicas y físicas de los granos de café verde a productos de café tostado o torrefacto (Infocafes, 2015).

Análisis sensorial: Es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima (SCAA, 2005)

Catador: Es la persona, la cual es entrenada y seleccionada para evaluar las características organolépticas del café según modelos preestablecidos, además de contar con un extenso entendimiento acerca de los procesos productivos, beneficio húmedo y seco, almacenamiento, comercialización y control de la calidad ya que todo esto determina, de acuerdo al resultado de las características evaluadas, el precio que obtendrá una partida de café (SCAN, 2015).

Calidad en taza: La calidad en taza es el segundo componente de la presentación del producto exportado. Debe ser fiable y estable, apropiada para el origen. Esta se determina por las condiciones botánicas, geográficas, climáticas y edáficas, se ve influenciada además por el manejo del cultivo, el tipo de proceso, el almacenamiento, el transporte, el tipo de tueste y la preparación final al consumidor (SCAN, 2015).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Sistema de hipótesis

H₁: Existe diferencia significativa en el contenido de cafeína entre las variedades de café Catimor, Caturra y Pache provenientes de cafetos sembrados a diferentes niveles altitudinales en la Región San Martín.

H₀: No existe diferencia significativa en el contenido de cafeína entre las variedades de café Catimor, Caturra y Pache provenientes de cafetos sembrados a diferentes niveles altitudinales en la Región San Martín.

H₂: La cantidad de cafeína influye significativamente en la calidad sensorial del café.

H₀: La cantidad de cafeína no influye significativamente en la calidad sensorial del café.

2.2 Sistema de variables

La variable I: Las variedades de café y las zonas altitudinales de procedencia.

La variable II: Cantidad de cafeína y calidad sensorial.

2.3 Tipo de investigación

Básica, según Valderrama (2016) este tipo de investigación es conocida también como investigación teórica, aporta cuerpos organizados, preocupándose por recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico científico. En ese sentido para el desarrollo de la investigación se buscó analizar y cuantificar el contenido de cafeína en tres variedades de café: Catimor, Caturra y Pache cultivados en diferentes zonas altitudinales en la Región San Martín.

2.4 Nivel de investigación

Correlacional, Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o el grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular; así, se estudió la relación que existe entre el contenido de cafeína y la calidad sensorial del café tostado molido.

2.5 Diseño de investigación

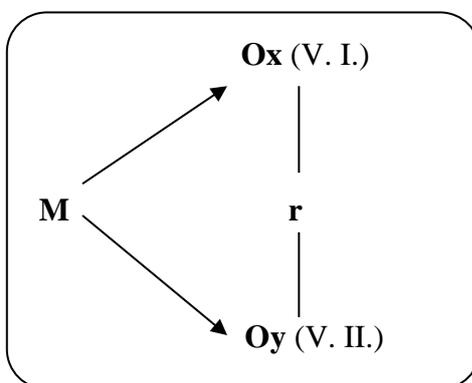
El diseño que se empleó fue no experimental, correlacional y transversal.

No experimental, ya que el estudio se realizó sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observaron los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Correlacional, porque se describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado, ya sea en términos correlacionales, o en función de la relación causa-efecto (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

De corte transversal, porque la recolección de los datos se realizó en un solo momento, en un tiempo único.

El diseño de la presente investigación muestra el siguiente esquema:



Denotación:

- M = Muestra de investigación
- Ox = Variable I: Las variedades de café y las zonas altitudinales de procedencia.
- Oy = Variable II: Cantidad de cafeína y calidad sensorial.
- r = Relación entre variables

Figura 1. Diseño de investigación

2.6 Población y muestra

Para el presente trabajo de investigación se tomaron muestras de café pergamino seco en las zonas de Moyobamba, Rioja, Lamas y Tocache, diferenciándolos por variedad y nivel altitudinal (m.s.n.m.) de procedencia.

Cada muestra fue de 1000 g, para luego ser tostadas y molidas, posteriormente se efectuaron los análisis sensoriales para determinar su calidad. Estas muestras fueron recolectadas durante cuatro (04) meses. Las cantidades de muestras por niveles altitudinales y zonas geográficas analizadas, se presentan a continuación en la tabla 1:

Tabla 1

Zonas de toma de muestras y cantidades que fueron analizadas

Altitud (m.s.n.m.)	Zonas cafetaleras	Variedades	Nº de muestras
500 - 800	Tocache Lamas	Catimor	05
		Caturra	05
		Pache	05
800 - 1000	Moyobamba Rioja Lamas	Catimor	05
		Caturra	05
		Pache	05
1000 - 1200	Moyobamba Rioja	Catimor	05
		Caturra	05
		Pache	05
TOTAL			45

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las muestras de café pergamino seco fueron recolectadas de los mismos productores, para luego ser transportadas en bolsas con cierre ziploc al laboratorio de control de calidad de la Cooperativa Agraria Cafetalera Oro Verde Ltda. para su tostado, molienda y luego realizar el análisis sensorial y determinar la calidad de cada muestra. Cada una de las muestras fueron codificadas para sus análisis y además fueron enviadas al laboratorio de

ensayo acreditado Sociedad de Asesoramiento Técnico SAC en Lima para la determinación de la cantidad de cafeína.

2.8 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo bifactorial de 3x3, donde el primer factor es la variedad (Caturra, Pache y Catimor) y el segundo factor es la altitud (500 a 800; 800 a 1000 y 1000 a 1200 msnm), con cinco repeticiones y con una unidad experimental de 1000 gramos de café tostado y molido.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizaron los paquetes estadísticos SAS versión 9.2 y Statistica Pro Ver. 13.5. Los datos fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y sometidos a la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$) para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Para la contrastación de las hipótesis se utilizó la correlación rho de Spearman. De esta manera existe mejor comprensión de los resultados obtenidos.

2.9 Materiales y métodos

2.9.1 Equipos y materiales

Los instrumentos, equipos y materiales que se utilizaron en el presente trabajo fueron los siguientes:

- Tostadora de tambor rotatorio (Marca MIKEL COFFEE).
- Molino (Marca KITCHEN AID) Modelo SM – 90.
- Jarra eléctrica hervidora de café (Marca ELECTROLUX, cap. 1,75 L).
- Balanza analítica Marca RADWAG, serie AS/X, rango 0,1 g
- Equipo purificador de agua
- Escupidoras de porcelana
- Cucharas metálicas de acero inoxidable
- Tazas de pirex
- Mesa de catación

- Fichas para certificar la calidad
- Papel filtro Whatman
- Filtro PTFE de 0,22 μm
- Cintas de embalaje, bolsas de polietileno con cierre ziploc.
- Materiales de vidrio: Vasos de precipitado, fioles, pipetas, probetas, etc.

2.9.2 Métodos

2.9.2.1 Preparación de las muestras para catación

Para poder determinar la calidad organoléptica del café mediante el análisis sensorial, el café oro es sometido, luego de ser seleccionado y clasificado, al proceso de tostado y molienda que detallamos a continuación:

Tostado

Los granos de café seleccionados para la evaluación sensorial fueron tostados un día antes de la catación, se utilizaron 200 gramos de café oro por muestra, sin defectos, se tostaron únicamente los granos retenidos en los tamices entre el N° 14 y 18. El tostado se inició a una temperatura de 185 °C llegando al final del tueste a 200 °C, y el tiempo fue aproximadamente entre 10 a 12 minutos.

Al finalizar el proceso de tostado, los granos son vertidos sobre una placa perforada para proceder al enfriado; los granos de café deben estar a temperatura ambiente para ingresar a la molienda.

Molienda

Los granos de café son sometidos al proceso de molienda. Se hizo este proceso para cada muestra de café, utilizando aproximadamente 150 g para cada caso, ya que se necesitaba 50 g (10 g por cada taza) de café tostado molido para la catación y el resto fue enviado al laboratorio para la cuantificación de cafeína. Debe indicarse que entre cada una de las muestras se limpiaba el molino para evitar contaminaciones cruzadas.

Preparación de la bebida

Se preparó 5 tazas de bebida por cada muestra, para ello se utilizaron 10 g de café tostado molido por 100 ml de agua hirviente.

2.9.2.2 Análisis sensorial del café

Se realizó por un panel de catadores de cinco miembros, entrenados en el laboratorio de Control de Calidad de la Cooperativa Agraria Cafetalera y de Servicios Oro Verde Ltda. en Lamas, el protocolo de catación que se aplicó fue una adaptación de la metodología desarrollada por la Asociación Americana de Café Especial (SCAA, 2005).

Se evaluaron 10 aspectos en un rango de 6 a 10 puntos que fueron: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzura e impresión general. La calificación de cada uno de los atributos se realizó de acuerdo a la puntuación de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2005) considerando como: bueno (6,00-6,75), muy bueno (7,00-7,75), excelente (8,00-8,75) y extraordinario (9,00-9,75). Sumando los puntajes individuales de cada uno de dichos atributos sensoriales se obtuvieron los puntajes globales de calidad en taza, en base a la calificación que se detalla en la tabla 2:

Tabla 2
Calificación global de las calidades de café en taza

Puntuación	Calificación	Condición
90 - 100	Sobresaliente	Especialidad
85 - 89,99	Excelente	
80 - 84,99	Muy bueno	
>80	Por debajo de la calidad de la especialidad	Sin especialidad

Fuente: Lingle Ted R. (2001)

Proceso de catación

En esta etapa de análisis sensorial a los catadores, se les presentaron únicamente las tazas con códigos, para no crear confusión en cuanto a la calificación dada a los atributos de cada muestra. La catación fue realizada para las 45 muestras de café tostado molido provenientes de las provincias de Lamas, Moyobamba, Rioja y Tocache, diferenciados por variedad y niveles de pisos altitudinales de siembra y cosecha, tal como se detalló en la tabla 1.

Este método de comparación permitió evaluar la consistencia o similitud entre las muestras. A cada una de las tazas se les agregó 10 gr de café tostado molido; en este momento se calificó la fragancia, posterior a ello se le agregó agua hervida a una temperatura aproximadamente de 94°C en forma rápida y en chorros permitiendo humedecer todos los granos molidos, se esperó por lapso de 4 a 5 minutos y se realizó lo que los catadores lo llaman limpieza de taza, que consiste en quitar con cucharas la espuma que se forma en la superficie de la bebida, en éste momento se determinó el aroma del café. A los atributos fragancia y aroma se les dio una sola calificación, y se determinó la presencia de los descriptores de ambos (chocolate, dulce, floral, frutas, cítrico, melocotón, suave, maderoso, herboso y neutro). Luego, se esperó por cinco minutos hasta estar a una temperatura aproximada de 70°C para que sedimentaran las partículas en suspensión y así calificar las siguientes características sensoriales (acidez, sabor, cuerpo, sabor residual, balance, uniformidad, taza limpia y dulzura).

2.9.2.3 Cuantificación de cafeína

Las determinaciones del contenido de cafeína en las 45 muestras de café tostado molido fueron realizadas en el laboratorio de ensayo acreditado Sociedad de Asesoramiento Técnico SAC (Lima); el cual utilizó la metodología de la AOAC 950.40 20th. Ed. (2016) – Caffeine in Roasted Coffee; conocido como Bailey – Andrew Method.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Cuantificación de cafeína en diferentes variedades de café según nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5%.

En la tabla 3 se reporta los valores de cantidad de cafeína encontrados en muestras de café tostado molido de las variedades: Catimor, Caturra y Pache provenientes de diferentes zonas de cultivos diferenciados por niveles altitudinales en la región San Martín.

Tabla 3

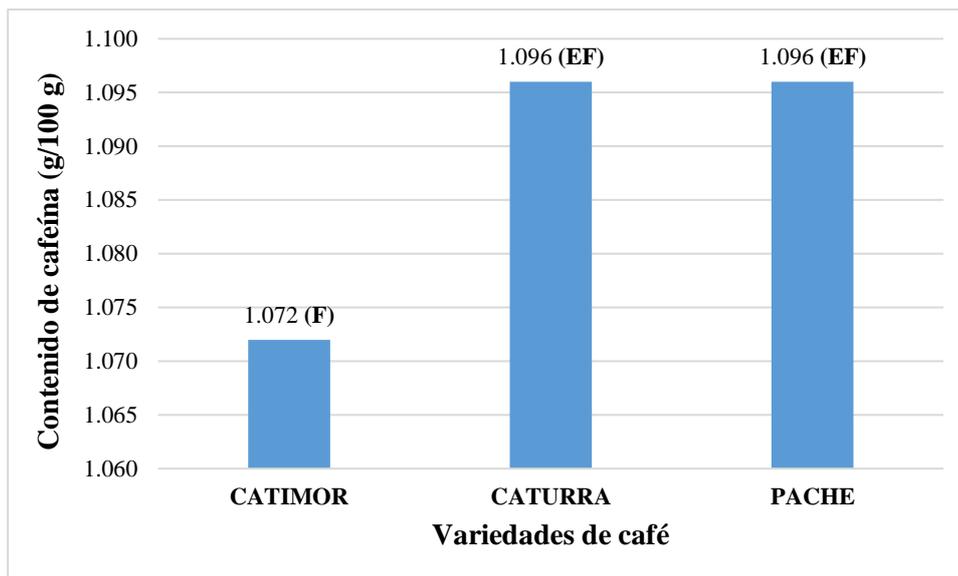
Cantidad de cafeína en tres variedades de café en la Región San Martín

Zonas cafetaleras	Altitud (m.s.n.m.)	Variedad	n	X	SD	Valor mínimo	Valor máximo
Tocahe Lamas	500 - 800	Catimor	05	1,072	0.019235	1,05	0,10
		Caturra	05	1,096	0.011402	1,08	1,11
		Pache	05	1,096	0.011402	1,08	1,11
Moyobamba Rioja Lamas	800 - 1000	Catimor	05	1,130	0.029154	1,09	1,17
		Caturra	05	1,196	0.015166	1,18	1,22
		Pache	05	1,174	0.023022	1,15	1,21
Moyobamba Rioja	1000 - 1200	Catimor	05	1,118	0.028636	1,54	2,87
		Caturra	05	1,214	0,273300	0,87	1,48
		Pache	05	1.164	0,322630	0,73	1,42

n: número de muestras; X: media; SD: desviación estándar

Los datos de la tabla 3 fueron sometidos a la comparación de medias (ANOVA) con la Prueba de Tukey al 5%, con la finalidad de establecer la existencia o no de diferencia significativa entre las mismas.

Las figuras 2; 3 y 4 representan las distribuciones de los valores medios (Tukey $P < 0.05$) del contenido de cafeína en muestras de café tostado molido por variedad de café diferenciándolo además por nivel altitudinal de procedencia, los cuales fueron sometidos a comparaciones estadísticas.

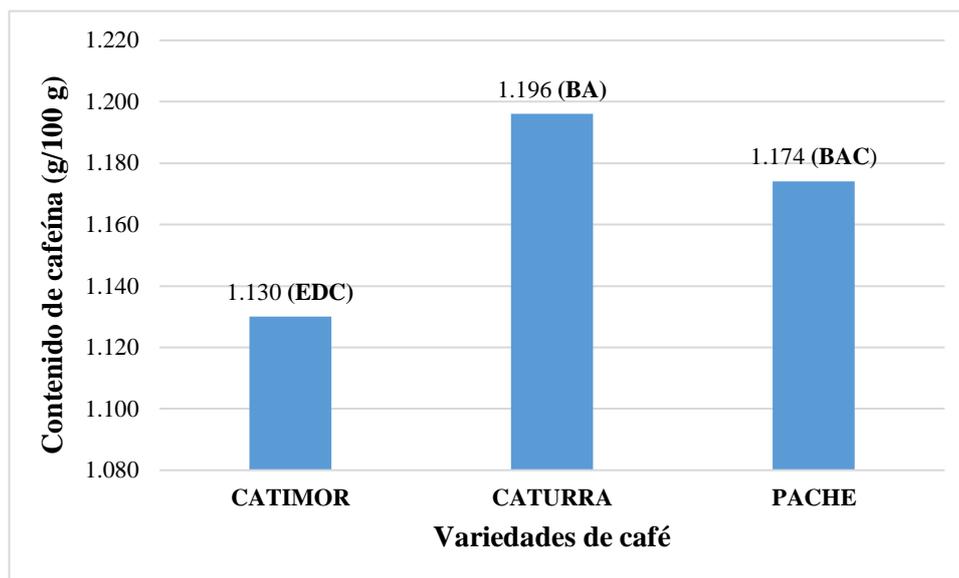


Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 2. Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 500 – 800 msnm.

En la figura 2 se presenta la distribución de los valores de cafeína promedio en las tres variedades de café tostado molido del estudio, cuyas muestras fueron obtenidas de cafetos sembrados entre los 500 y los 800 msnm en las zonas de Tocache y Lamas. El análisis de varianza indica que los valores del porcentaje de cafeína (1,096 g/100 g) en las muestras de café de las variedades Caturra y Pache son estadísticamente iguales, mientras que la variedad Catimor presenta diferencia significativa frente a las anteriores en cuanto al contenido de cafeína (1,072 g/100 g). Estos valores están en concordancia con lo señalado por Juárez (2009) el cual menciona que los contenidos de cafeína en las variedades arábicas están entre 0,8 y 1,5%.

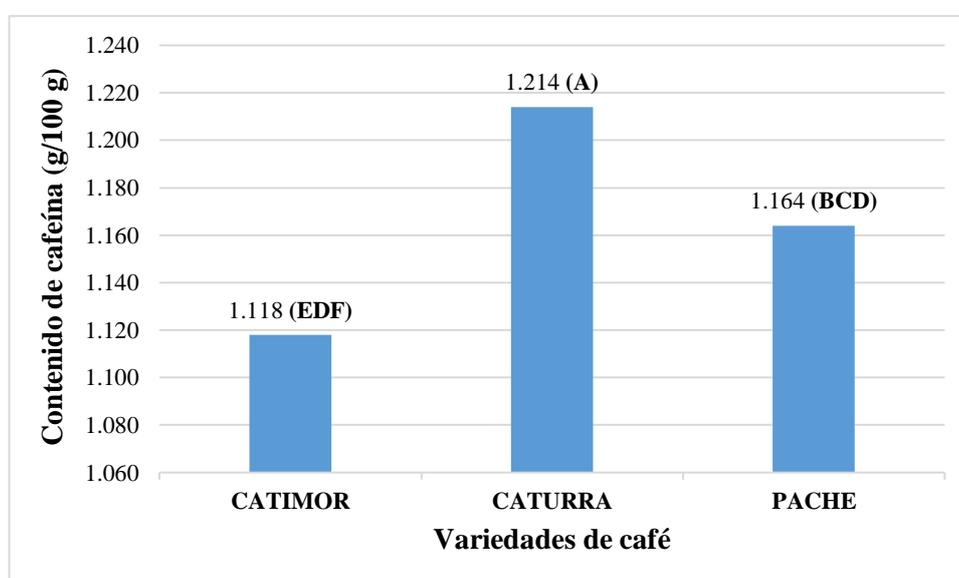
La figura 3 representa las cantidades de cafeína promedio en las tres variedades de café tostado molido (Catimor, Caturra y Pache) provenientes de las zonas de Moyobamba, Rioja y Lamas (800 – 1000 msnm), sometidas al análisis de varianza, nos indican que existe variación entre el contenido de cafeína entre las tres variedades de café analizados. Las variedades Caturra (1,196 g/100 g) y Pache (1,174 g/100 g) tienen diferencia significativa, mientras que las variedades Catimor (1,130 g/100 g) y Caturra poseen diferencia altamente significativa entre los contenidos medios de cafeína reportados.



Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 3. Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 800 – 1000 msnm.

En la figura 4 muestra el contenido de cafeína promedio por cada variedad de café tostado molido (Catimor Caturra y Pache) obtenidos de cafetos provenientes de las zonas de Moyobamba y Rioja a un nivel altitudinal entre 1000 y 1200 msnm. Se observa que la variedad Caturra es la que tienen mayor contenido de cafeína en promedio (1,214 g/100 g) frente a las otras variedades como Catimor y Pache, los cuales poseen cantidades de cafeína promedio de 1,118 g/100 g y 1,164 g/100 g respectivamente.

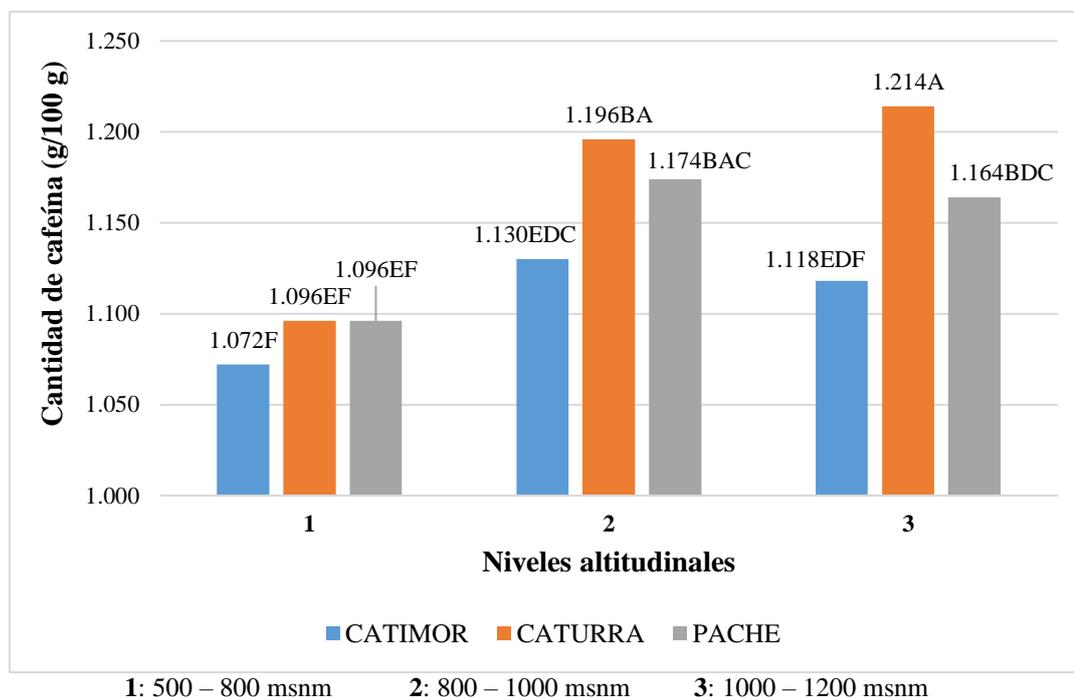


Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 4. Contenido de cafeína en tres variedades de café obtenidos entre 1000 – 1200 msnm.

Al aplicar el análisis de varianza con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), ésta indica que existe diferencia altamente significativa entre la variedad Caturra frente a las variedades Catimor y Pache; mientras que entre las variedades Catimor versus Pache existe diferencia significativa en lo referente a la cantidad de cafeína que poseen.

En la figura 5 se presenta el consolidado de las cantidades de cafeínas promedios de las tres variedades por niveles altitudinales de siembra de cafetos.



Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 5. Contenido de cafeína en tres variedades de café a diferentes niveles altitudinales.

Los valores del contenido promedio de cafeína de la figura 5, sometidas al análisis de varianza, obtuvieron un coeficiente de determinación (R^2) de 84,31% y un coeficiente de variación de 1,965817. La prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas en el contenido promedio de cafeína entre las muestras de café tostado molido de la variedad Catimor en los tres niveles altitudinales. También la variedad Caturra muestra diferencia significativa entre las muestras de los diferentes niveles altitudinales, así como el mismo análisis se realiza para la variedad Pache. Se puede observar además que la variedad Caturra posee los niveles mayores en cuanto al contenido de cafeína, seguido de la variedad Pache, siendo la variedad Catimor la que contienen menor valor de cafeína en todos los niveles altitudinales estudiados. Esto podemos corroborar con lo expuesto por

Pérez (2013) quien sostiene que el nivel de cafeína varía de acuerdo con la especie. Por ejemplo, el café Robusta presenta un contenido promedio de cafeína en grano seco de 2,20%, el café Arábica 1,20 %, la variedad Catimor 1,05 %, el Caturra 1,15% y el Pache 1,12 %.

Podemos afirmar además que en el caso de la variedad Caturra, ésta aumenta el contenido de cafeína con el nivel altitudinal de siembra de los cafetos. Esta relación también se aprecia, pero en menor proporción en las variedades Catimor y Pache.

3.2 Evaluación sensorial de diferentes variedades de café según nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5%.

En la tabla 4 se detalla los resultados promedios de la evaluación sensorial de las muestras de café en taza en las tres variedades del estudio, diferenciándolos por nivel altitudinal de procedencia. La evaluación sensorial nos permite encontrar y valorar todas las características que definen la calidad del café, esta bebida es el resultado de una serie de procesos por los que pasa el grano, y tiene ciertas características derivadas de un complejo número de componentes químicos.

Se observa que el único atributo sensorial similar en todas las variedades estudiadas (Catimor, Caturra y Pache) y en todos los niveles altitudinales es la taza limpia (no se presentaron diferencias estadísticas significativas). En este atributo solo la variedad Caturra de 800 – 1000 msnm presentó 9,8 de puntuación, las demás muestras obtuvieron 10 puntos, es decir mostraron transparencia de taza como ausencia de defectos y contaminaciones, o presencia de sabores o aromas ajenos la que llevan una descalificación en una taza.

Las características sensoriales que presentaron diferencia estadísticamente significativa al menos en uno de los niveles altitudinales de procedencia, luego de aplicar el análisis de varianza con la prueba de Tukey fueron:

- **Aroma**

Los valores promedios de aroma obtuvieron un coeficiente de determinación de (R^2) de 74,76% y un coeficiente de variación de 3,170882. De acuerdo a la prueba de Tukey la variedad Caturra procedente del nivel altitudinal entre 1000 – 1200 msnm presenta diferencia significativa con respecto a las muestras restantes, obteniendo el mayor valor

Tabla 4

Valores promedios de los atributos sensoriales en tres variedades de café por niveles altitudinales.

Altitud (m.s.n.m.)	Variedad de café	Características sensoriales										Puntaje total
		Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Balance	Uniformidad	Taza limpia	Dulzura	Impresión general	
500 - 800	Catimor	7,20 B	7,30 CD	7,40 BA	7,15 CD	7,25 B	7,60 A	9,80 A	10,0 A	9,80 A	7,30 DC	80,80 D
	Caturra	7,40 B	7,40 CB	7,55 BA	7,35 CB	7,50 BA	7,60 A	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,35 BDC	82,15 CB
	Pache	7,10 B	7,10 D	7,35 B	7,05 D	7,25 B	7,40 BA	9,20 B	10,0 A	9,0 B	7,15 D	78,6 E
800 - 1000	Catimor	7,35 B	7,50 CB	7,50 BA	7,40 CB	7,45 BA	7,35 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,50 BAC	82,05 CB
	Caturra	7,45 B	7,60 B	7,60 BA	7,55 B	7,60 A	7,50 A	10,0 A	9,8 A	10,0 A	7,60 BA	82,7 B
	Pache	7,20 B	7,30 CD	7,40 BA	7,20 CD	7,25 B	7,35 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,35 BDC	81,05 CD
1000 - 1200	Catimor	7,50 B	7,45 CB	7,50 BA	7,55 B	7,40 BA	7,45 A	10,0 A	10,0 A	9,80 A	7,35 BDC	82,0 CB
	Caturra	8,40 A	7,90 A	7,70 A	8,00 A	7,60 A	7,40 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,65 A	84,65 A
	Pache	7,30 B	7,30 CD	7,40 BA	7,40 CB	7,45 BA	7,10 B	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,30 DC	81,25 CD

Medias con la misma letra comparadas verticalmente no presentan diferencia significativa ($P \geq 0.05$)

(8,40). Este valor concuerda con lo indicado por Duicela y Sotomayor (2013) quienes sostienen que el aroma del café varía según el nivel de altitud de la zona de cultivo y parece que el contenido de magnesio en el suelo favorece las características de aroma y sabor del café. Las variedades Catimor y Pache presentaron menores calificaciones en aroma, característica que se corrobora de acuerdo a lo expuesto por Fischersworing y Rosskamp (2001), quienes indican que la variedad Catimor presenta genes con alta resistencia a la Roya (*Hemileia vastatrix*), pero deficientes características sensoriales, sin embargo de acuerdo a la escala SCAA (2005), se encuentra dentro del rango de 7,00 – 7,75 que son considerados como muy bueno y son clasificados como comerciales, con grado para intercambiar en el mercado internacional, taza limpia y calidad media.

El aroma del café consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través de los centros sensores retro nasales del olfato (SCAN, 2015).

- **Sabor**

En la variable sabor todas las variedades y en todos los niveles altitudinales presentan diferencia significativa y en algunos casos altamente significativos. Se resalta la variedad Caturra que en todos los niveles altitudinales tiene la mayor puntuación frente a las otras variedades. La variedad Pache obtuvo la menor puntuación en sabor en todos los niveles altitudinales. Los valores promedios de sabor obtuvieron un coeficiente de determinación de (R^2) de 80,60% y un coeficiente de variación de 1,586627.

SCAN (2015) sostiene que la propiedad de sabor en el café es muy compleja, ya que combina tres elementos: olor, aroma, y gusto; por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

- **Sabor residual**

En el sabor residual las variedades Catimor, Caturra y Pache no obtuvieron diferencia significativa en nuestras obtenidas de altitudes entre 800 – 1000 msnm; sin embargo, en las muestras de café de los otros niveles altitudinales presentaron diferencia significativa entre las variedades Pache versus Catimor y Caturra (500 – 800 msnm) y Caturra versus Catimor y Pache (1000 – 1200 msnm); obteniendo el puntaje más alto (7,70) la variedad Caturra.

Los valores promedios de sabor residual sometidos al análisis de varianza obtuvieron un coeficiente de determinación de (R^2) de 37,93% y un coeficiente de variación de 2.051827.

El sabor residual es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca. Este puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero (SCAN, 2015).

- **Acidez**

En la variable acidez, todas las muestras obtuvieron una calificación promedio entre 7,05 – 8,0; todas las variedades presentan diferencias estadísticamente significativas entre la interacción de variedad, pero considerando por nivel altitudinal. Estos valores reportaron un coeficiente de determinación (R^2) de 83.49% y un coeficiente de variación de 1,79226. De acuerdo a la prueba de Tukey, la variedad Caturra (1000 – 1200 msnm) es la que tuvo mayor calificación (8,0) obteniendo una acidez agradable, y como baja calificación (7,05) fue la variedad Pache (500 – 800 msnm) presentando más ácido a diferencia de los demás. De acuerdo a lo indicado por Lingle (2001) sostiene que la acidez si es demasiado intensa o dominante puede tornarse desagradable, y el exceso de acidez puede no ser el adecuado para el perfil de sabor de la muestra.

Para la especie arábica la calidad total y muy especialmente la acidez, se desarrollan en función de la altitud. Algunos sugieren que las bajas temperaturas existentes a mayores altitudes ocasionan una acción más intensa de los rayos ultravioleta que también favorece la calidad. Los granos producidos a mayores altitudes son más duros, por tanto, más apreciados. Una maduración acelerada en un ambiente cálido y húmedo tiene un efecto negativo sobre el sabor del café, como ocurre con otras frutas (SCAN, 2015).

- **Cuerpo y balance**

Al analizar la textura y la armonía de las muestras de café tostado molido, todas las variedades poseen diferencia significativa contrastándolos entre los diferentes niveles altitudinales, en todos los casos la variedad Caturra obtuvo la mayor puntuación (7,60 y 7,50 respectivamente).

El cuerpo o textura es conocido como sensación bucal o sensación táctil y hace referencia a la viscosidad y contenido de grasa. El catador determina la textura examinando

la sensación de los componentes que se mantienen suspendidos en la bebida después de preparada la infusión (SCAN, 2015).

Mientras que el balance o equilibrio se refiere a la armonía de todos los aspectos de sabor, sabor residual, acidez y cuerpo de la muestra, trabajando juntos y complementándose o contrastándose uno al otro. Si la muestra no tiene ciertos atributos de aroma o sabor o si algunos atributos sobresalen o se disminuyen, la cuenta del balance se reduciría (Solá, 2014).

- **Uniformidad y dulzura**

El análisis de varianza realizado a las características sensoriales de uniformidad y dulzura a las muestras de café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache indica que todas las variedades son estadísticamente iguales en todos los niveles altitudinales del estudio, sin embargo, solo la variedad Pache obtenida en una zona agrícola con altitud entre 500 – 800 msnm tuvo diferencia significativa frente a todas las demás variedades. Las muestras analizadas en el atributo de uniformidad obtuvieron un coeficiente de determinación (R^2) de 64% y un coeficiente de variación de 2,131873, mientras que sometidas al análisis de varianza en dulzura, reportaron un coeficiente de determinación de 72,93% y un coeficiente de variación de 2,141497.

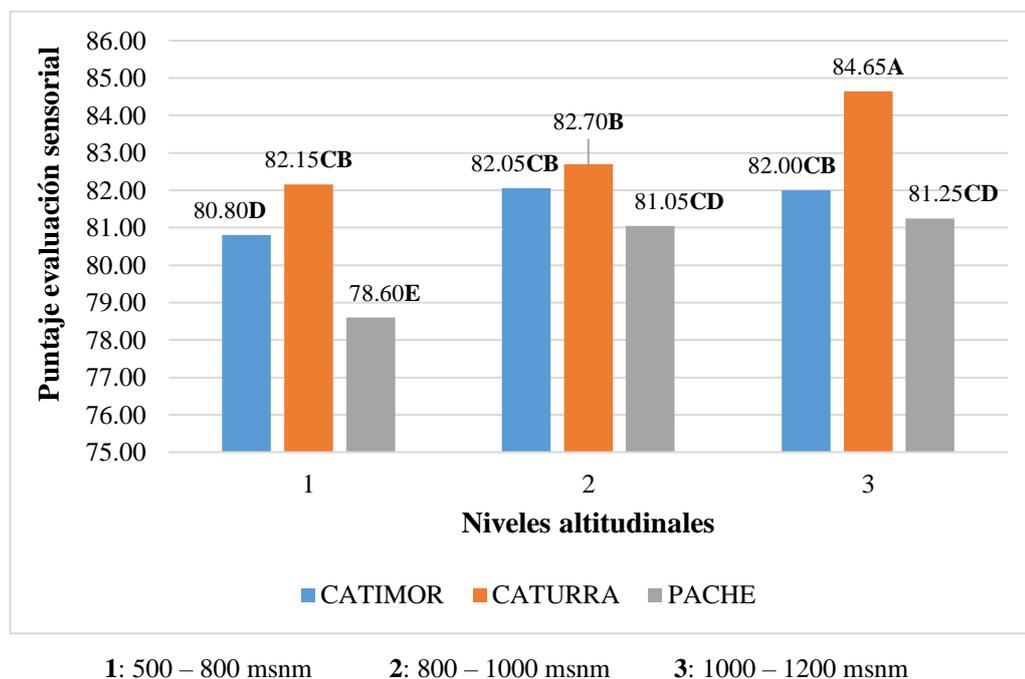
- **Impresión general**

El atributo de impresión general o puntaje del catador es el resumen de toda la evaluación, pero no la puntuación total. SCAN (2015) sostiene que un café que cumple con las expectativas en cuanto a su carácter y las calidades particulares del sabor de su origen recibirían un puntaje alto.

Las variedades del estudio, según el análisis de varianza y la prueba de Tukey, presentaron diferencia significativa entre todas ellas y en todos los niveles altitudinales de procedencia inclusive, resaltando que fue la variedad Caturra la que obtuvo la mayor puntuación (7,35; 7,60 y 7,65) en los tres niveles altitudinales y la variedad Pache fue la que obtuvo el menor puntaje (7,15; 7,35 y 7,30) también para los tres niveles altitudinales de procedencia del café. Para esta característica las muestras desarrollaron un coeficiente de determinación de 64,77% y un coeficiente de variación de 1,671570.

- **Puntaje total o final**

En la figura 6 y en la tabla 5 se presentan el consolidado de las puntuaciones totales promedios en las evaluaciones de las diez características sensoriales en las tres variedades de café (Catimor, Caturra y Pache) por niveles altitudinales de procedencia de las muestras, así como las calificaciones obtenidas según la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA).



Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 6. Puntuación total en calidad sensorial de tres variedades de café a diferentes niveles altitudinales.

Los valores promedios de las puntuaciones totales de la evaluación sensorial de la figura 6 y tabla 5, sometidas al análisis de varianza, obtuvieron un coeficiente de determinación (R^2) de 90,16% y un coeficiente de variación de 0,693342. La prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas y altamente significativas en la puntuación final entre las muestras de café tostado molido de las tres variedades en cada uno de los niveles altitudinales. En muestras procedentes del nivel altitudinal entre 500 – 800 msnm (Tocache y Lamas), las variedades Caturra y Catimor obtuvieron como calificativo de muy bueno con puntuaciones de 82,15 y 80,8 respectivamente, considerados como cafés de especialidad, mientras que la variedad Pache alcanzó la calificación por debajo de la calidad de la especialidad con un puntaje de 78,60.

Tabla 5
Calificación obtenida en la evaluación sensorial según la SCAA

Altitud (m.s.n.m.)	Variedad de café	Puntaje total	Calificación
500 - 800	Catimor	80,80	Muy bueno
	Caturra	82,15	Muy bueno
	Pache	78,60	Por debajo de la calidad
800 - 1000	Catimor	82,05	Muy bueno
	Caturra	82,70	Muy bueno
	Pache	81,05	Muy bueno
1000 - 1200	Catimor	82,00	Muy bueno
	Caturra	84,65	Muy bueno
	Pache	81,25	Muy bueno

En las puntuaciones promedios finales de cafés provenientes de zonas agrícolas entre 800 – 1000 msnm (Moyobamba, Rioja y Lamas) se determinaron diferencias significativas entre las variedades Catimor, Caturra y Pache con puntuaciones de 82,05; 82,70 y 81,05 respectivamente, logrando obtener calificación de muy bueno en la especialidad según la escala de la SCAA. Estos resultados son similares a los obtenidos por Estrella (2014) donde variedad Caturra es la que tuvo mayor puntuación seguida de la variedad Catimor en calidad en taza en muestras procedentes de niveles altitudinales entre 800 – 1000 msnm en la zona de Lamas.

En lo referente a las muestras de café provenientes de las zonas de 1000 – 1200 msnm (Moyobamba y Rioja), al someter al análisis de varianza y la prueba de Tukey, las variedades Catimor y Pache presentaron diferencias significativas en cuanto a la puntuación final, mientras que la variedad Caturra versus las otras dos variedades presentó diferencia altamente significativa con una puntuación promedio mayor de 84,65. En todos los casos la calificación fue de muy bueno en la especialidad de acuerdo a la escala de la SCAA.

Vaast, Perriot y Cilas (2003) mencionaron que el café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, tales como acidez y aroma, definiendo así un mejor sabor y calidad de bebida.

La altitud influye poderosamente en la calidad del fruto, haciéndolo más fino conforme es más alto sobre el nivel del mar. El grano de altura, o como lo llaman los

compradores estrictamente duro, es de sabor más agradable, más parejo en conformación con un porcentaje mayor de cafés de primeras y al tostarse pierde menos peso (Duicela y Sotomayor, 2013).

3.3 Correlación entre la cantidad de cafeína y la calidad sensorial del café mediante Spearman

En la tabla 6 se presentan las correlaciones entre la cantidad de cafeína promedio presentes en las variedades Catimor, Caturra y Pache y los atributos sensoriales en la calidad del café en taza, se observa que los coeficientes rho (R) de Spearman varían desde menores a -0,3 hasta mayores a +0,8 y algunos entre estos valores, lo que indica que las correlaciones tuvieron significancia estadística entre inversas bajas y directas fuertes.

Tabla 6

Correlaciones de Spearman entre cantidad de cafeína y las variables sensoriales

Variables	Cafeína	Impresión general	Puntaje total
	Coeficientes rho (R)		
Cafeína	1,000000	0,537171	0,488448
Aroma	0,456053	0,520416	0,799406
Sabor	0,607024	0,694574	0,868004
Sabor residual	0,325486	0,518275	0,672974
Acidez	0,559269	0,598420	0,802715
Cuerpo	0,377393	0,557951	0,757235
Balance	-0,330873	0,052122	0,125226
Uniformidad	0,384787	0,440698	0,546612
Taza limpia	-0,192001	-0,107199	-0,110711
Dulzura	0,345484	0,489850	0,587726
Impresión general	0,537171	1,000000	0,785331
Puntaje total	0,488448	0,785331	1,000000

Al analizar los valores de R de Spearman en cuanto a los atributos de aroma, sabor, acidez y cuerpo, éstas ejercen una correlación positiva (directa) fuerte sobre el puntaje total

y una correlación positiva (directa) moderada sobre la impresión general, sin embargo, la impresión general tiene una relación directa fuerte con el puntaje final en la catación de cafés en taza.

El atributo taza limpia con valores de rho $-0,107199$ y $-0,110711$ frente a impresión general y puntaje total respectivamente, adquiere una correlación moderadamente débil inversa. Ahora si analizamos la impresión general frente al puntaje total, estos tienen un R de $0,785531$, lo cual indica que existe una relación positiva (directa) fuerte entre estos parámetros, es decir, el puntaje total incrementa proporcionalmente al mejorar la impresión general del café en taza.

El contenido de cafeína frente a los atributos de aroma, sabor, acidez, impresión general y además puntaje final tuvieron valores de R entre $0,4$ y $0,6$, demostrando la existencia de una relación directa (positiva) moderada, es decir que, a mayor contenido de cafeína presente en las muestras de café tostado molido, se mejoraba moderadamente estos atributos señalados y por ende el puntaje total se incrementaba.

En otro análisis se observa también que el contenido de cafeína frente a los atributos sensoriales de sabor residual, cuerpo, uniformidad y dulzura, presentan valores de R entre $0,32$ y $0,38$, lo cual establece una relación positiva (directa) baja o moderada, es decir que la cantidad de cafeína presentes en las muestras de café en taza tuvieron poca influencia o incidencia en la valoración positiva en estas características sensoriales mencionadas.

CONCLUSIONES

- Se determinaron la cantidad de cafeína en café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la región San Martín, siendo la variedad Catimor la que obtuvo la mayor cantidad promedio de este alcaloide (1,214 g/100 g) proveniente del nivel altitudinal de entre 1000 – 1200 msnm, mientras que las variedades Catimor y Pache reportaron valores promedios menores de cafeína (1,096 g/100 g) en muestras obtenidas entre 500 -800 msnm de nivel altitudinal de las zonas agrícolas.
- El nivel altitudinal de procedencia de cafés de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la región San Martín tiene influencia directa positiva en el contenido de cafeína en las mismas, lo cual indica que a mayor altitud se obtuvieron muestras con mayor contenido de cafeína en todas las variedades estudiadas con existencia de diferencias significativas entre los valores promedios encontrados.
- Los resultados del coeficiente de correlación r de Spearman con p -valor $< 0,05$ entre el contenido promedio de cafeína y la calidad sensorial del café en taza de las variedades Catimor, Caturra y Pache, resultaron ser positivas del tipo media o moderada (0,488), es decir que la cantidad de cafeína tiene efecto directo sobre los atributos sensoriales durante la catación del café en taza.
- La variedad Caturra obtenida de zonas agrícolas entre 1000 – 1200 msnm, fue la que presentó mejores atributos sensoriales con puntuación promedio de 84,65; mientras que la variedad Pache obtenida en zonas agrícolas entre 500 - 800 msnm calificó con la menor puntuación promedio de 78,60 en calidad de café en taza.
- Todas las variedades de café (Catimor, Caturra y Pache) en general procedentes de los tres niveles altitudinales fueron calificados como muy buenos según la escala de la SCAA y son clasificados como comerciales, con grado para intercambiar en el mercado internacional, taza limpia y calidad media.

RECOMENDACIONES

- Considerar en futuros trabajos de investigación la determinación y cuantificación de otros compuestos bioquímicos como trigonelina, ácidos clorogénicos y alifáticos sacarosa, polisacáridos, minerales, materia grasa, entre otros en diferentes variedades comerciales de café en nuestra región con la finalidad de conocer aún más la incidencia de estos compuestos en la calidad en grano y taza.
- Se recomienda mantener y mejorar el control de calidad en todo el proceso, desde la cosecha hasta el tueste y envasado para obtener calificaciones en catación por cada atributo como muy bueno hasta extraordinario, que se encuentran dentro del rango establecido por la SCAA.
- Incrementar las áreas de cultivos de cafetos en zonas agrícolas superiores a los 800 msnm, ya que está comprobado que a mayor altitud (sin superar los 2000 msnm) tiene un efecto directo en la calidad sensorial y cantidad de cafeína necesaria para desarrollar cafés con calificación muy bueno y de aceptación en mercado nacional e internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC International - Association of Official Analytical Chemist (2016). AOAC-950.40 20th. Ed. (2016) – Caffeine in Roasted Coffee, Bailey – Andrew Method.
- Asociación de Cafés Especiales de América - SCAA. (2005). *Protocolo para Catar*, Santa Ana, California. USA.
- Café la Nacional. (2011). *Tipos de café*. Revista en línea. Nuevo León. México. Recuperado de: <http://www.cafelanacional.com/nosotros/tipos-de-cafe/>.
- Duicela, I. y Sotomayor, I. (2013). *La Calidad del Café. Manual del Cultivo del Café*. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. Quevedo, Ecuador. PP: 212-219.
- Estrella, L. (2014). Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arábica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix*), en relación a dos pisos ecológicos de las provincias de Lamas y Rioja. Trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Perú.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia-FNCC. (2010). *Café de Colombia*. Bogotá. Recuperado de: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/clasificaciones_de_calidad/.
- Fischersworing, B; Roskamp R. (2001). *Guía para la caficultura ecológica*. (3ra. Edición). Lima, Perú. 153 p.
- Franco, R. y Lizarraga, M^a A. (2011). *Los componentes del café*. España. Recuperado de: http://www.infoalimentacion.com/documentos/los_componentes_del_cafe.asp.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta. Edición). México D.F.: Mc Graw Hill – Interamericana Editores S.A.
- Infocafés. (2015). Ficha técnica y comercial del café. Perú. Recuperado de: <http://infocafes.com/descargas/biblioteca/264.pdf>.

- Juárez, D. (2009). *Cuantificación y comparación del contenido de cafeína en diez marcas de café comercializadas en Saltillo*. Trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Lingle, T. R. (2001). *The Coffee Cuppers Handbook*. SCAA. California. USA
- Organización Internacional del café - ICO. (2015). *Total production of exporting countries crop years commencing*. Londres.
- Pérez, L. (2013). *Determinación de la calidad de tres variedades de café (Caturra, Bourbon y Typica o Criollo) de la especie C. arabica L. del Municipio de Jitotol, Chiapas*. Trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- ProAmazonia. (2003). *Caracterización de las zonas cafetaleras en el Perú*. Informe Final. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú.
- León, J. (2000). *Café Robusta. Botánica de los cultivos tropicales*. (3ra. Edición). San José de Costa Rica. IICA: Agroamérica.
- Valderrama, S. (2016). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta* (2da. edición). Lima: San Marcos.
- Vega, A., Reyes, S., De León, J., Bonilla, A., & Franco, H. (2014). *Cuantificación de cafeína en cafés comerciales de Panamá*. Revista de Ciencia y Tecnología, 30(2). Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/20346/20495>
- Ted R. Lingle. (2001). *The Coffee Cuppers Handbook*. (4ta. Edición). Santa Ana. California, USA: SCAA.
- SCAN – Sustainable Commodity Assistance Network. (2015). Evaluación sensorial del café. Plataforma Nacional de Café Sostenible. Guatemala
- Solá, A. (2014). *Tostado y molido del café*. Lima, Perú: Infocafés. Recuperado de: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/18.pdf>.
- Vaast, P; Perriot, J; Cilas, C. (2003). *Mejoramiento y Fortalecimiento en los Procesos de Certificación de Calidades y Comercialización del Café*. Reporte. CIRADUNICAFE. 40 p.

ANEXO A

ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5%

Análisis de varianza

		b		c		a		c		b		d		i		p	
		l		f		r		i		a		u		m		p	
		r		e		o		e		c		l		p		r	
		a		i		r		d		u		z		r		e	
		b		n		m		e		p		a		n		s	
		o		a		o		z		o		a		z		t	
		a		a		a		o		e		a		r		a	
		s		q		t		r		e		i		a		n	
		s		q		t		r		e		i		a		n	
1	1	t1	a1	b1	1.05	7.00	7.25	7.25	7.00	7.25	7.50	10	10	10	7.25	80.50	
2	2	t1	a1	b1	1.08	7.00	7.25	7.50	7.25	7.25	7.50	10	10	10	7.50	81.25	
3	3	t1	a1	b1	1.07	7.25	7.25	7.50	7.25	7.25	7.75	9	10	9	7.25	79.50	
4	4	t1	a1	b1	1.10	7.50	7.50	7.50	7.00	7.25	7.75	10	10	10	7.25	81.75	
5	5	t1	a1	b1	1.06	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.50	10	10	10	7.25	81.00	
6	1	t2	a1	b2	1.12	7.25	7.50	7.50	7.25	7.25	7.50	10	10	10	7.50	81.75	
7	2	t2	a1	b2	1.09	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.25	
8	3	t2	a1	b2	1.17	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	7.25	10	10	10	7.50	82.00	
9	4	t2	a1	b2	1.14	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.25	10	10	10	7.50	82.25	
10	5	t2	a1	b2	1.13	7.50	7.50	7.50	7.25	7.50	7.25	10	10	10	7.50	82.00	
11	1	t3	a1	b3	1.10	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.25	10	10	10	7.25	82.00	
12	2	t3	a1	b3	1.15	7.50	7.50	7.50	7.75	7.25	7.50	10	10	9	7.25	81.25	
13	3	t3	a1	b3	1.14	7.50	7.50	7.50	7.75	7.25	7.50	10	10	10	7.25	82.25	
14	4	t3	a1	b3	1.08	7.50	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.25	
15	5	t3	a1	b3	1.12	7.50	7.50	7.50	7.25	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.25	
16	1	t4	a2	b1	1.08	7.50	7.50	7.75	7.50	7.50	7.75	10	10	10	7.25	82.75	
17	2	t4	a2	b1	1.09	7.50	7.25	7.25	7.25	7.50	7.75	10	10	10	7.25	81.75	
18	3	t4	a2	b1	1.10	7.25	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.00	
19	4	t4	a2	b1	1.10	7.25	7.50	7.50	7.25	7.50	7.50	10	10	10	7.25	81.75	
20	5	t4	a2	b1	1.11	7.50	7.50	7.75	7.25	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.50	
21	1	t5	a2	b2	1.18	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	10	10	10	7.50	82.50	
22	2	t5	a2	b2	1.20	7.50	7.75	7.50	7.50	8.00	7.50	10	9	10	7.50	82.25	
23	3	t5	a2	b2	1.19	7.25	7.50	7.50	7.50	7.25	7.50	10	10	10	7.50	82.00	
24	4	t5	a2	b2	1.19	7.75	7.50	7.75	7.50	7.50	7.25	10	10	10	7.75	83.00	
25	5	t5	a2	b2	1.22	7.25	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	10	10	10	7.75	83.75	
26	1	t6	a2	b3	1.24	8.00	8.00	7.50	8.00	7.50	7.50	10	10	10	7.75	84.25	
27	2	t6	a2	b3	1.21	8.00	8.00	8.00	8.00	7.75	7.25	10	10	10	7.50	84.50	
28	3	t6	a2	b3	1.19	8.00	7.75	8.00	8.00	7.75	7.75	10	10	10	7.75	85.00	
29	4	t6	a2	b3	1.25	9.00	8.00	7.50	8.00	7.50	7.25	10	10	10	7.50	84.75	
30	5	t6	a2	b3	1.18	9.00	7.75	7.50	8.00	7.50	7.25	10	10	10	7.75	84.75	
31	1	t7	a3	b1	1.10	7.00	7.00	7.50	7.00	7.25	7.50	9	10	9	7.00	78.25	
32	2	t7	a3	b1	1.09	7.00	7.00	7.25	7.00	7.25	7.50	9	10	9	7.00	78.00	
33	3	t7	a3	b1	1.08	7.00	7.00	7.25	7.00	7.25	7.25	9	10	9	7.25	78.00	
34	4	t7	a3	b1	1.11	7.25	7.25	7.50	7.25	7.25	7.25	10	10	9	7.25	80.00	
35	5	t7	a3	b1	1.10	7.25	7.25	7.25	7.00	7.25	7.50	9	10	9	7.25	78.75	
36	1	t8	a3	b2	1.15	7.00	7.25	7.50	7.25	7.25	7.50	10	10	10	7.50	81.25	
37	2	t8	a3	b2	1.17	7.00	7.25	7.50	7.25	7.25	7.25	10	10	10	7.25	80.75	
38	3	t8	a3	b2	1.18	7.25	7.25	7.50	7.25	7.25	7.25	10	10	10	7.25	81.00	
39	4	t8	a3	b2	1.16	7.25	7.25	7.25	7.00	7.25	7.25	10	10	10	7.25	80.50	
40	5	t8	a3	b2	1.21	7.50	7.50	7.25	7.25	7.25	7.50	10	10	10	7.50	81.75	
41	1	t9	a3	b3	1.15	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	10	10	10	7.25	80.75	
42	2	t9	a3	b3	1.16	7.25	7.25	7.25	7.50	7.50	7.25	10	10	10	7.25	81.25	
43	3	t9	a3	b3	1.17	7.25	7.25	7.50	7.25	7.50	7.00	10	10	10	7.25	81.00	
44	4	t9	a3	b3	1.14	7.25	7.25	7.50	7.50	7.50	7.00	10	10	10	7.25	81.25	
45	5	t9	a3	b3	1.20	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.00	10	10	10	7.50	82.00	

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
bloq	5	1 2 3 4 5
trat	9	t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9

Número de observaciones 45

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **cafeína**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	0.09712000	0.01214000	24.17	<.0001
Error	36	0.01808000	0.00050222		
Total correcto	44	0.11520000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	cafeina Media
0.843056	1.965817	0.022410	1.140000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	0.09712000	0.01214000	24.17	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **aroma**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	5.92500000	0.74062500	13.33	<.0001
Error	36	2.00000000	0.05555556		
Total correcto	44	7.92500000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	aroma Media
0.747634	3.170882	0.235702	7.433333

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	5.92500000	0.74062500	13.33	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **sabor**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2.07777778	0.25972222	18.70	<.0001
Error	36	0.50000000	0.01388889		
Total correcto	44	2.57777778			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	sabor Media
0.806034	1.586627	0.117851	7.427778

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	2.07777778	0.25972222	18.70	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **sabor residual**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	0.51944444	0.06493056	2.75	0.0177
Error	36	0.85000000	0.02361111		
Total correcto	44	1.36944444			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	sr Media
0.379310	2.051827	0.153659	7.488889

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	0.51944444	0.06493056	2.75	0.0177

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **acidez**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	3.16111111	0.39513889	22.76	<.0001
Error	36	0.62500000	0.01736111		
Total correcto	44	3.78611111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	acidez Media
0.834923	1.779226	0.131762	7.405556

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	3.16111111	0.39513889	22.76	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **cuerpo**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	0.80000000	0.10000000	6.26	<.0001
Error	36	0.57500000	0.01597222		
Total correcto	44	1.37500000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	cuerpo Media
0.581818	1.704017	0.126381	7.416667

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	0.80000000	0.10000000	6.26	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **balance**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	0.92500000	0.11562500	5.05	0.0003
Error	36	0.82500000	0.02291667		
Total correcto	44	1.75000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	balance Media
0.528571	2.041113	0.151383	7.416667

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	0.92500000	0.11562500	5.05	0.0003

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **uniformidad**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2.84444444	0.35555556	8.00	<.0001
Error	36	1.60000000	0.04444444		
Total correcto	44	4.44444444			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	uni Media
0.640000	2.131873	0.210819	9.888889

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	2.84444444	0.35555556	8.00	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **taza limpia**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	0.17777778	0.02222222	1.00	0.4529
Error	36	0.80000000	0.02222222		
Total correcto	44	0.97777778			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	taza Media
0.181818	1.494032	0.149071	9.977778

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	0.17777778	0.02222222	1.00	0.4529

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **dulzura**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	4.31111111	0.53888889	12.13	<.0001
Error	36	1.60000000	0.04444444		
Total correcto	44	5.91111111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	dulzura Media
0.729323	2.141497	0.210819	9.844444

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	4.31111111	0.53888889	12.13	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **impresión general**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	1.01111111	0.12638889	8.27	<.0001
Error	36	0.55000000	0.01527778		
Total correcto	44	1.56111111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	impresion Media
0.647687	1.671570	0.123603	7.394444

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	1.01111111	0.12638889	8.27	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: **puntaje total**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	105.81111111	13.2263889	41.23	<.0001
Error	36	11.55000000	0.3208333		
Total correcto	44	117.36111111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	puntaje Media
0.901586	0.693342	0.566422	81.69444

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	8	105.81111111	13.2263889	41.23	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **cafeina**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.000502
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.0467

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	1.21400	5	t6
A			
B A	1.19600	5	t5
B A			
B A C	1.17400	5	t8
B C			
B D C	1.16400	5	t9
D C			
E D C	1.13000	5	t2
E D			
E D F	1.11800	5	t3
E F			
E F	1.09600	5	t7
E F			
E F	1.09600	5	t4
F			
F	1.07200	5	t1

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **aroma**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.055556
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.4915

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	8.4000	5	t6
B	7.5000	5	t3
B			
B	7.4500	5	t5
B			
B	7.4000	5	t4
B			
B	7.3500	5	t2
B			
B	7.3000	5	t9
B			
B	7.2000	5	t1
B			
B	7.2000	5	t8
B			
B	7.1000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **sabor**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.013889
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.2458

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.90000	5	t6
B	7.60000	5	t5
B			
C B	7.50000	5	t2
C B			
C B	7.45000	5	t3
C B			
C B	7.40000	5	t4
C			
C D	7.30000	5	t1
C D			
C D	7.30000	5	t9
C D			
C D	7.30000	5	t8
D			
D	7.10000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **sabor residual**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.023611
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.3204

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.70000	5	t6
A			
B A	7.60000	5	t5
B A			
B A	7.55000	5	t4
B A			
B A	7.50000	5	t3
B A			
B A	7.50000	5	t2
B A			
B A	7.40000	5	t1
B A			
B A	7.40000	5	t9
B A			
B A	7.40000	5	t8
B			
B	7.35000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **acidez**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.017361
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.2748

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	8.00000	5	t6
B	7.55000	5	t5
B	7.55000	5	t3
B	7.40000	5	t2
C	7.40000	5	t9
C	7.35000	5	t4
C	7.20000	5	t8
C	7.15000	5	t1
D	7.05000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **cuerpo**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.015972
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.2635

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.60000	5	t5
A	7.60000	5	t6
B	7.50000	5	t4
B	7.45000	5	t9
B	7.45000	5	t2
B	7.40000	5	t3
B	7.25000	5	t7
B	7.25000	5	t8
B	7.25000	5	t1

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **balance**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.022917
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.3157

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.60000	5	t1
A			
A	7.60000	5	t4
A			
A	7.50000	5	t5
A			
A	7.45000	5	t3
A			
B A	7.40000	5	t6
B A			
B A	7.40000	5	t7
B A			
B A	7.35000	5	t2
B A			
B A	7.35000	5	t8
B			
B	7.10000	5	t9

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **uniformidad**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.044444
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.4396

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	10.0000	5	t9
A			
A	10.0000	5	t2
A			
A	10.0000	5	t3
A			
A	10.0000	5	t4
A			
A	10.0000	5	t5
A			
A	10.0000	5	t6
A			
A	10.0000	5	t8
A			
A	9.8000	5	t1
B	9.2000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **taza limpia**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.022222
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.3109

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	10.00000	5	t1
A			
A	10.00000	5	t2
A			
A	10.00000	5	t3
A			
A	10.00000	5	t4
A			
A	10.00000	5	t9
A			
A	10.00000	5	t6
A			
A	10.00000	5	t7
A			
A	10.00000	5	t8
A			
A	9.80000	5	t5

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **dulzura**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.044444
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.4396

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	10.0000	5	t9
A			
A	10.0000	5	t2
A			
A	10.0000	5	t5
A			
A	10.0000	5	t4
A			
A	10.0000	5	t6
A			
A	10.0000	5	t8
A			
A	9.8000	5	t3
A			
A	9.8000	5	t1
B	9.0000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **impresión general**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.015278
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	0.2577

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.65000	5	t6
A			
B A	7.60000	5	t5
B A			
B A C	7.50000	5	t2
B C			
B D C	7.35000	5	t3
B D C			
B D C	7.35000	5	t4
B D C			
B D C	7.35000	5	t8
D C			
D C	7.30000	5	t1
D C			
D C	7.30000	5	t9
D			
D	7.15000	5	t7

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **puntaje total**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	36
Error de cuadrado medio	0.320833
Valor crítico del rango estudentizado	4.66280
Diferencia significativa mínima	1.1811

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	84.6500	5	t6
B	82.7000	5	t5
B			
C B	82.1500	5	t4
C B			
C B	82.0500	5	t2
C B			
C B	82.0000	5	t3
C			
C D	81.2500	5	t9
C D			
C D	81.0500	5	t8
D			
D	80.8000	5	t1
E	78.6000	5	t7

ANEXO B

CORRELACIONES DE SPEARMAN

Spearman Rank Order Correlations
 MD pairwise deleted
 Marked correlations are significant at $p < .05000$

Variable	Cafeína	Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Balance	Uniformidad	Taza limpia	Dulzura	Impresión general	Puntaje total
Cafeína	1.000000	0.456054	0.607025	0.325486	0.559270	0.377393	-0.330874	0.384787	-0.192001	0.345484	0.537171	0.488448
Aroma	0.456054	1.000000	0.775919	0.431510	0.651096	0.581022	0.014790	0.406278	-0.109799	0.342365	0.520416	0.799407
Sabor	0.607025	0.775919	1.000000	0.587628	0.720085	0.606298	0.102893	0.492999	-0.216398	0.450116	0.694574	0.868005
Sabor residual	0.325486	0.431510	0.587628	1.000000	0.559593	0.541834	0.110743	0.311000	-0.027342	0.247430	0.518275	0.672975
Acidez	0.559270	0.651096	0.720085	0.559593	1.000000	0.645535	-0.069692	0.473993	-0.090769	0.369166	0.598420	0.802715
Cuerpo	0.377393	0.581022	0.606298	0.541834	0.645535	1.000000	-0.061808	0.377944	-0.283635	0.458807	0.557951	0.757236
Balance	-0.330874	0.014790	0.102893	0.110743	-	-0.061808	1.000000	-0.149793	-0.075143	-	0.052123	0.125226
Uniformidad	0.384787	0.406278	0.492999	0.311000	0.473993	0.377944	-0.149793	1.000000	-0.053300	0.823754	0.440699	0.546612
Taza limpia	-0.192001	-	-	-0.027342	-	-0.283635	-0.075143	-0.053300	1.000000	-	-0.107200	-
Dulzura	0.345484	0.342365	0.450116	0.247430	0.369166	0.458807	-0.099325	0.823754	-0.064704	1.000000	0.489850	0.587726
Impresión general	0.537171	0.520416	0.694574	0.518275	0.598420	0.557951	0.052123	0.440699	-0.107200	0.489850	1.000000	0.785331
Puntaje total	0.488448	0.799407	0.868005	0.672975	0.802715	0.757236	0.125226	0.546612	-0.110711	0.587726	0.785331	1.000000