

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN DE VARIEDADES DE
CAFÉ, PROCEDENTES DE PARCELAS AGROFORESTALES DE
JAÉN Y SAN IGNACIO.**

Presentada por:

JORVIN JAIR MENDOZA GUARNIZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Jaén, Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 002-2018-SUNEDU/CD
COORDINACIÓN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las catorce horas con tres minutos, del día veintiocho de Febrero del dos mil diecinueve, reunidos en la sala de profesores de la Universidad Nacional de Jaén, los Miembros del Jurado, designados mediante resolución N° 042 – 2019 - CO – UNJ del 15 de Febrero del 2019:

- Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula (Presidente)
- Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz (Secretario)
- Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga (Vocal)

Con la finalidad de llevar a cabo la Sustentación de Informe de Tesis Titulado: **"TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN DE VARIEDADES DE CAFÉ, PROCEDENTES DE PARCELAS AGROFORESTALES DE JAÉN Y SAN IGNACIO"** presentado por el tesista: **Mendoza Guarniz Jorvin Jair** en presencia de su asesor Ph. D. Omar Justo Zeballos Cáceres.

Los Miembros del Jurado, presencian la sustentación del Informe de Tesis denominado: **"TIEMPO ÓPTIMO DE FERMENTACIÓN DE VARIEDADES DE CAFÉ, PROCEDENTES DE PARCELAS AGROFORESTALES DE JAÉN Y SAN IGNACIO"**, luego se procede a realizar las preguntas correspondientes para ser contestadas por el tesista, los Miembros del Jurado de Tesis luego de escuchar la defensa del tesista, deliberan y deciden aprobar la sustentación, siendo el calificativo final: **CATORCE (14) BUENA**

Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Sobresaliente
0 - 10	11-12	13-14-15	16-17-18	19-20

Siendo las quince horas con siete minutos del mismo día, se procede a firmar la presente en señal de conformidad y elevar a las autoridades competentes para el trámite correspondiente.

Presidente

Nombre: Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula

Firma

Secretario

Nombre: Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz

Firma

Vocal

Nombre: Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga

Firma

DEDICATORIA

Mis padres

Juan Manuel Mendoza Rosario y Mariselda Guarniz Jaramillo, quienes siempre han estado ahí apoyándome para ser cada día una persona de bien, siendo ellos la base de lo que soy ahora.

Mi hermano

Jebb Anderson Mendoza Guarniz, por estar siempre para mí apoyándome en lo que necesite y por el tiempo brindado durante el desarrollo de este estudio.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, salud, entendimiento, fortaleza y perseverancia. A mis padres Juan M. Mendoza y Mariselda Guarniz, quienes me apoyaron y siempre me apoyan para ser cada día mejor persona.

Agradezco a mi amigo el Bach. David Coronel Bustamante, mi asesor Ph.D. Omar Zeballos Cáceres, mi co-asesor Ing. M.Sc. Francisco Fernando Aguirre de los Ríos y mi co-asesor Ph.D. Manuel Antonio Canto Sáenz, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo de investigación.

Agradecimiento sincero al Ing. Gerardo Alarcón Cubas, Gerente General de la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café LTDA, que apoyó con parte del financiamiento del proyecto y a la Ingeniera María Liliana Cabrera Tirabanti por su colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación.

Agradecimiento sincero al conjunto de catadores que laboran en el laboratorio de calidad sensorial en la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café LTDA, al mando del Ing. Elías Coronel Alarcón.

Sin más agradezco infinitamente a amigos y compañeros quienes me acompañaron en las diferentes etapas de este estudio; Franklin Hitler Fernández, Luci M. Barturén y Leydi Montenegro.

Agradecer a los señores agricultores por su colaboración y acompañamiento en campo para la toma de datos, la hospitalidad y cariño brindado al llegar a sus hogares.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCION	14
II. REVISION DE LITERATURA	17
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2. BASES TEÓRICAS CONCEPTUALES	20
2.2.1.EL GÉNERO COFFEA	20
2.2.2.INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES EDAFOCLIMATOLÓGICAS EN EL CULTIVO DEL CAFÉ	21
2.2.3.ROCESO DE BENEFICIO DE CAFÉ	25
2.3. PLANTACIONES AGROFORESTALES	28
2.3.1.IMPORTANCIA Y BONDADES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN CAFÉ	29
2.3.2.FINALIDAD DE LAS PLANTACIONES AGROFORESTALES.....	30
2.3.3.CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	31
2.4. FACTORES, SISTEMAS, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DE CAFÉ DE CALIDAD	32
2.4.1.ACTORES DE LA FERMENTACIÓN DE CAFÉ	32
2.4.2.SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ.....	33
2.4.3.TIPOS DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ.....	34
2.4.4.TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ.....	35
2.4.5.TIEMPO DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ	36
2.4.6.MICROBIOLOGÍA DE LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ	36
2.4.7.BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ	37
2.4.8.COMPUESTOS BIOQUÍMICOS ASOCIADOS A LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ.....	37
2.4.9.CAFÉ ESPECIAL	39
III. MATERIALES Y METODO.....	40
3.1. MATERIALES USADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.1.MATERIAL BIOLÓGICO	40
3.1.2.MATERIAL DE CAMPO	40
3.1.3.MATERIAL DE GABINETE.....	40

3.1.4.EQUIPOS.....	40
3.2. LUGAR DE EJECUCION	40
3.2.1.UBICACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO	40
3.2.2.DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	41
3.3. METODOS.....	43
3.3.1.OBTENCIÓN DE MUESTRA DE CAFÉ.....	43
3.3.2.TRILLADO, TOSTADO Y MOLIDO DE MUESTRAS CAFÉ.....	44
3.3.3.CATACIÓN DE MUESTRAS DE CAFÉ	45
3.3.4.VARIABLES EVALUADAS.....	45
3.3.5.PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1.RESULTADOS DE CATACION ALTITUD 1500	50
4.2.RESULTADOS ALTITUD 1800	56
4.3.RESULTADOS ALTITUD 2100	63
4.4.ANALISIS COMBINADO.....	68
V. CONCLUSIONES	70
VI. RECOMENDACIONES	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	72
VIII. ANEXOS	80

INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Ubicación de parcelas de donde se tomaron las muestras y se realizó el proceso de fermentación de muestras de café.....	41
Tabla 2. Análisis de varianza.....	48
Tabla 3. Análisis combinado	48
Tabla 4. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 1500.....	50
Tabla 5. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 1500	53
Tabla 6. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V1	54
Tabla 7. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 1500	54
Tabla 8. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo en V2.....	55
Tabla 9. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 1800.....	56
Tabla 10. Efectos simples para el factor variedad dentro del factor frecuencia a altitud 1800	57
Tabla 11. Efectos simples para el factor frecuencia dentro del factor variedad a altitud 1800.....	57
Tabla 12. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 1800	59
Tabla 13. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V1 a una altitud de 1800.....	60
Tabla 14. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 1800	60
Tabla 15. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V2 a una altitud de 1800.....	61
Tabla 16. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 2100	63
Tabla 17. Efectos simples para el factor variedad dentro del factor frecuencia a altitud 2100	63
Tabla 18. Efectos simples para el factor frecuencia dentro del factor variedad a altitud 2100.....	64

Tabla 19. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 2100	65
Tabla 20. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V1 a una altitud de 2100	65
Tabla 21. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 2100	66
Tabla 22. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V2 a una altitud de 2100.....	66
Tabla 23. Duncan para altitudes	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parcelas agroforestales de donde se obtuvieron las muestras.....	42
Figura 2. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 1500 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación	51
Figura 3. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1500 Para V1 .	54
Figura 4. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1500 Para V2 .	55
Figura 5. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 1800 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación	58
Figura 6. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1800 Para V1 .	60
Figura 7. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1800 Para V2 .	61
Figura 8. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 2100 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación	64
Figura 9. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 2100 Para V1 .	66
Figura 10. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 2100 Para V2	67

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 1500.....	80
Anexo 2. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 1800.....	81
Anexo 3. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 2100.....	82
Anexo 4. Análisis de varianza de altitud 1500 msnm.....	82
Anexo 5. Función polinómica altitud 1500.....	82
Anexo 6. ANVA Regresión Función Lineal altitud 1500.....	83
Anexo 7. ANVA Regresión Función Cuadrática altitud 1500.....	83
Anexo 8. ANVA para altitud 1800.....	83
Anexo 9. Función polinómica altitud 1800.....	83
Anexo 10. Regresión Función Lineal a altitud 1800.....	84
Anexo 11. ANVA Regresión Función Cuadrática a altitud 1800.....	84
Anexo 12. ANVA para altitud 2100.....	84
Anexo 13. Función polinómica altitud 2100.....	84
Anexo 14. Regresión Función Lineal a altitud 2100.....	85
Anexo 15. ANVA Regresión Función Cuadrática altitud 2100.....	85
Anexo 16. Análisis combinado para comparación de medias.....	85
Anexo 17. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1500 msnm.....	86
Anexo 18. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1500 msnm.....	86
Anexo 19. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1500 msnm.....	87
Anexo 20. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1500 msnm.....	88
Anexo 21. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1800 msnm.....	88
Anexo 22. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1800 msnm.....	89

Anexo 23. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V 1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1800 msnm.....	89
Anexo 24. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V 2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1800 msnm.....	89
Anexo 25. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 2100 msnm.....	91
Anexo 26. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 2100 msnm.	91
Anexo 27. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 2100 msnm.....	92
Anexo 28. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 2100 msnm.....	93
Anexo 29. Panel fotográfico.....	94
Anexo 30. Formato usado por los catadores para dar puntaje a las muestras	100

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el tiempo óptimo de fermentación de café de parcelas agroforestales, para diferentes pisos altitudinales y tres diferentes variedades de café. Se trabajó con tiempos de fermentación de 12, 24, 36 y 48 horas, los pisos altitudinales fueron 1500 msnm pertenecientes al caserío El Progreso del distrito Huarango, dentro de la Provincia de San Ignacio, 1800 msnm localizados en el Caserío Chimburique perteneciente al Distrito de la Coipa en la Provincia de San Ignacio y 2100 msnm en el Caserío Laurel perteneciente a la Provincia de Jaén, las variedades de café con las que se realizó el estudio fueron Catimor y Caturra amarillo y pache. Las parcelas agroforestales estaban debidamente certificadas y los cafetaleros eran socios de la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café LTDA. La determinación del tiempo óptimo de fermentación se realizó mediante la catación de las muestras obtenidas en campo, teniendo como variables los tiempos de fermentación, las variedades de café y los diferentes pisos altitudinales, para el análisis estadísticos se utilizó, análisis de varianza y pruebas Duncan. Se determinó que el tiempo óptimo de fermentación para cada piso altitudinal no es el mismo.

Palabras Claves

Plantaciones agroforestales, calidad sensorial, fermentación, café

SUMMARY

The objective of this research was to determine the optimal time of fermentation of coffee from agroforestry farms, with different altitudinal levels and three different varieties of coffee. It was worked with fermentation times of 12, 24, 36 and 48 hours. The altitudinal levels were 1500 masl in the El Progreso village, Huarango district, Province of San Ignacio, 1800 masl in the Chimburique village, District of the Coipa in the Province of San Ignacio and 2100 masl in the El Laurel village, Province of Jaén. The coffee varieties with which the research was carried out were Catimor, Caturra Amarillo and Pache. The agroforestry farms were duly certified and the coffee farmers were members of the Cooperativa de Servicios Múltiples Sol & Café LTDA. The determination of the optimal fermentation time was carried out by the process of cupping of the samples obtained in the farms, taking as variables the fermentation time, the coffee varieties and the different altitudinal levels, for the statistical analysis, analysis of variance and Duncan tests were used. It was determined that the optimal fermentation time for each altitudinal level is not the same.

Keywords

Agroforestry plantations, sensory quality, fermentation, coffee

I. INTRODUCCION

El principal producto de agroexportación del Perú es el café (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2014), con un valor FOB de exportación que supera los US\$ 1 500 millones en el año 2011 (MINAGRI, 2014). Tiene gran importancia económica y social debido a que su cultivo sirve de sustento a más de 223 mil familias de pequeños productores, distribuidas en 338 distritos rurales, 68 provincias y 17 regiones, generando más de 54 millones de jornales directos y 5 millones indirectos en la cadena productiva (MINAGRI, 2014). En Perú el 30 por ciento familias se encuentran organizadas y comercializan café certificado con sellos de comercio justo y orgánico, por el cual reciben diferencial de 30 a 70 dólares por quintal de café oro exportable, a ello se suma el hecho de café catado con 80 puntos a más recibe de 20 a 100 dólares por saco exportado. (Junta Nacional del café [JNC], 2015)

Además de los problemas económicos, los problemas ambientales plantean retos adicionales para los pequeños productores de café, tales como la disminución de los recursos naturales, un aumento en la frecuencia de las sequías y otros desastres como resultado del cambio climático, una mayor incidencia de plagas y enfermedades, y las fluctuaciones estacionales en la producción de alimentos (Caswell, Méndez y Bacon, 2012). Por otro lado, el aumento de cultivos de café también están contribuyendo a la pérdida de masa forestal tropical y a la pérdida del medio ambiente, lo que genera una degradación de la biodiversidad y pérdida de los servicios ambientales que estos ofrecen. (Philpott *et al.*, 2008)

El café es tolerante a la sombra y tradicionalmente ha sido cultivado bajo la sombra de los árboles en sistemas agroforestales complejos, proporcionando así un refugio para la biodiversidad y manteniendo otros servicios del ecosistema. La importancia ecológica y económica del café a nivel mundial presenta una buena oportunidad para desarrollar programas de desarrollo sostenible que combinen la conservación y los objetivos económicos. Por consiguiente, el café de sombra orgánico está siendo promovido cada vez

más como un enfoque prometedor para abordar el doble desafío de la conservación de la biodiversidad y del desarrollo local. “Los beneficios de la biodiversidad relacionados con las prácticas de café bajo sombra están bien investigadas y es claro que estos sistemas tienen un potencial considerable para conservar la biodiversidad” (Bhagwat *et al.*, 2008, p.265). Desafortunadamente, a pesar de la creciente atención, el modelo de negocio de los sistemas de sombra para los pequeños agricultores no es tan claro ya que la eficacia y las lecciones aprendidas de la creación de plantaciones de café respetuosas con la biodiversidad no han sido bien documentadas.

Hay gran deseo de saber los beneficios al ambiente que un sistema agroforestal con café genera, ya que ofrece una potencial alternativa de producción sostenible y es factible aprovecharlo para generar servicios ambientales en especial, fijación de carbono (Pesantes, 2014).

Una alternativa sostenible, de producción sostenible, es saber a ciencia cierta el tiempo óptimo de fermentación de variedades de café para una mejor calidad en taza, teniendo en cuenta diferentes zonas de producción y variedades de café, procedentes de parcelas agroforestales de Jaén y San Ignacio. La información que se generará a través del desarrollo de esta investigación servirá como insumo para los profesionales, técnicos y caficultores, como bases científicas para la toma de decisiones, en los procesos culturales del café.

La problemática descrita, se convierte en una base y razón fundamental que justifica y motiva la realización de esta investigación, que tiene como finalidad determinar con certeza científica el tiempo óptimo de fermentado de café para una mejor calidad en taza de café, con esto se podrá establecer con mayor base técnica, diversos programas de incremento de la productividad; por lo que es de mucha necesidad y prioridad saber cuál es el tiempo óptimo de fermentación de café; con la finalidad de contar con una información científica válida y no se sigan generando confusiones en los caficultores de los diferentes distritos y sectores al momento de realizar el manejo cultural del cultivo.

Al generarse este tipo de información con base científica, se pueden hacer muchos más estudios relacionados al tema, o que sirva como base para otros. Con esta información se quiere dar realce a la calidad de café de parcelas agroforestales, cultivos que son sostenibles, que buscan una relación amigable entre el ámbito ambiental, social y

económico, una relación donde todos salgan beneficiados para tener una buena producción cuidando la naturaleza.

Además, esta investigación permitirá demostrar que un sistema agroforestal funciona, si se trata y maneja adecuadamente, puesto que de si ya el café es de buena calidad, este estudio busca maximizar la calidad de café de estas zonas, café cultivado bajo sistema agroforestal.

El conocimiento obtenido también podrá ser utilizado para intensificar la producción de café en calidad más no en cantidad, lo que generará un aumento económico, mejorando la calidad de vida de las personas. Al lograrse una mejor calidad de vida con la producción de café de calidad, tomando prioridad calidad y no cantidad, se protegerán las áreas naturales, puesto que el cultivo migratorio reducirá de grandes áreas de cultivos a pocas áreas de cultivo, con el objetivo de generar un café bien cuidado, con tratamientos adecuados que ayuden a mejorar la calidad en taza, y protegiendo el medio ambiente.

Entre los objetivos de esta investigación tenemos:

Objetivo general

- Evaluar el tiempo óptimo de fermentación y la calidad de taza de dos variedades de café provenientes de parcelas agroforestales de Jaén y San Ignacio.

Objetivos específicos

- Determinar el mejor tiempo de fermentación para cada variedad de café procedente de parcelas agroforestales de Jaén y San Ignacio, sometidas a distintos tiempos de fermentación.
- Determinar la mejor variedad de café en relación a su calidad en taza.
- Determinar las diferencias entre los pisos altitudinales en relación al tiempo óptimo de fermentación y calidad en taza.
- Determinar la influencia de los pisos altitudinales en la temperatura de fermentación de pila
- Describir el sistema agroforestal de las zonas de estudio

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Peña, Barrera y Gutierrez, (2013) en su artículo de revista denominada “Efectos del Tiempo de Fermentación Sobre la Calidad en Taza del Café (*Coffea arabica*), quienes enfocaron su investigación en el efecto del tiempo de fermentación sobre los atributos de calidad física y sensorial en muestras de café arábica evaluando parámetros físicos como, merma por pasilla, merma por mucilago y rendimiento de trilla, los atributos sensoriales evaluados fueron fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, dulzor, limpidez de la taza, balance e impresión global de acuerdo a la metodología de la SCAA (Asociación de Cafés Especiales de Estados Unidos); La investigación fue de tipo aplicada y el diseño fue experimental, donde se tomaron 8 muestras de café en baba a una altitud de 1400 msnm, cada muestra de 3 Kg cada una, una de las muestras fue definida como testigo sobre la cual se realizó un beneficio con 14 horas de fermentación, de acuerdo al procesamiento tradicional realizado por el caficultor, para las otras muestras se tomaron tiempos de 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 horas, los autores concluyen lo siguiente:

- Tras la evaluación sensorial realizada en las muestras se puede establecer que a tiempos de fermentación de 5, 10, 20, 25 y 30 horas, las puntuaciones totales resultaron del mismo orden que la muestra testigo, indicando en principio que el tiempo de fermentación no influye de manera significativa en los atributos de calidad expresada en taza.
- Se pudo establecer que a tiempos muy altos de fermentación se puede afectar al atributo limpidez de la taza, en este caso la muestra fermentada hasta las 30 horas, obtuvo ocho puntos, dos puntos por debajo del resto de muestras incluyendo la muestra testigo, que obtuvieron puntuación perfecta.

Delgado y Jibaja (2017) en su Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo denominada “Efecto del tiempo del fermentado, tipo de secado y dos tipos de riego en la calidad de café (*Coffea arabica* L.) VAR. Catimor, en nivel altitudinal bajo, en el Centro Poblado Las Naranjas, Provincia de Jaén, Región Cajamarca, de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Escuela Profesional de Agronomía, enfocaron su investigación en determinar el tiempo óptimo de fermentación bajo condiciones ambientales de la zona en estudio, determinar el mejor tipo de secado y determinar el efecto del riego tecnificado. La investigación fue de tipo aplicada y el diseño fue experimental, con 24 tratamientos y 3 repeticiones, siendo los factores los tipos de riego, los tiempos de fermentado y los tipos de secado a los que estuvieron sometidas las muestras; quienes concluyeron en lo siguiente:

- Las características organolépticas del café (*Coffea arabica* L.) var. Catimor no fueron afectadas por las variables estudiadas (tipos de riego, horas de fermentación y tipos de secado), deduciendo que el resultado en taza fue afectado por factores externos como: en toda el área se empleó la misma dosis de fertilización, estuvieron al mismo nivel altitudinal, fue estudiada una sola variedad (Catimor).
- Las características físicas del café (*Coffea arabica* L.) var. Catimor fueron afectadas por el tipo de riego, horas de fermentación y tipos de secado.
- El riego por aspersión obtuvo un mejor porcentaje con 77.30 % de rendimiento físico diferenciándose del riego por secano que obtuvo 75.94 %, sin embargo ambos tratamientos no tuvieron efectos significativos sobre la calidad organoléptica, por lo tanto las características físicas (%exportable) no son determinantes para calificar la calidad organoléptica del café, pero sí para evaluar rendimiento.
- Se obtuvo un mejor rendimiento físico en fermentación a 12 horas (77.22 %) y 10 horas (76.89%), sin embargo en calidad organoléptica no hubo diferencias significativas presentándose todos los tratamientos iguales estadísticamente, esto da a entender que la calidad en taza está garantizada en el lapso de 10 a 16 horas de fermentación para el nivel altitudinal (1000 m.s.n.m.) en estudio.
- Los secados realizados en carpa sobre loza (76.99%) y secador solar (76.83%) fueron superiores en calidad física (%exportable), esto es porque en pergamino

y grano verde oro ambos presentaron una mejor apariencia en color. sin embargo los tipos de secado no tuvieron influencia significativa a nivel de calidad en taza, mostrándose todos iguales estadísticamente, lo que asevera que el buen manejo del secado no aporta efectos negativos (defectos en taza como el sabor a moho y otros) al momento de evaluar la calidad organoléptica del café.

- De manera general a nivel de tratamientos el que mejor rendimiento físico alcanzo fue el riego por aspersión, fermentación a 10 horas y secado en carpa solar (ASP F1 S2) con 78.40 % y el tratamiento con riego por secano, fermentado a 14 horas y con secado industrial (SEC F3S3) tuvo 74.60 % de rendimiento, siendo el más bajo de todos. Por otra parte, el tratamiento que mejor calidad en taza alcanzo fue el riego por aspersión, fermentación a 10 horas y secado en carpa sobre loza (ASP F1 S1) con 83.08 puntos y el tratamiento con riego por secano, fermentado a 16 horas y con secado industrial (SEC F4 S3) tuvo 80.92 puntos, siendo el tratamiento con el menor puntaje de todos.

Natividad (2011) en su Tesis de Pregrado denominada “Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán - Leoncio Prado”, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María, enfoco su investigación Determinar las características organolépticas y físicas de los granos de café producidos en diferentes niveles de altitud del distrito de Hermilio Valdizán, Determinar el tiempo óptimo de fermentación de los granos de café mediante la evaluación sensorial y Determinar el mejor perfil organoléptico de los cafés en taza. La investigación fue de tipo aplicada y el diseño fue experimental. Para el proceso de fermentación, la masa de granos despulpados se ubicaron en el tanque de fermentación hasta una altura de masa de 50 a 60cm, cubriéndose con costales de yute limpios para mantener la temperatura de fermentación, la extracción de muestras para determinar el tiempo óptimo de fermentación se inició a las 13 horas retirándose 4 kg de muestra cada hora hasta las 24 horas de fermentación por altitud. Las altitudes fueron, 1010, 1279 y 1596 msnm, y la cosecha por nivel altitudinal se realizó cada 15 días y la variedad fue caturra amarillo y rojo. El autor llego a concluir que:

- Se obtuvo 27, 78, 19,44 y 11,11% de color manchado en las altitudes baja, media y alta debido a la fermentación prolongada; 16,67, 13,89 y 11,11% en olor a fermento en altitud baja, media y alta; la humedad en pergamino no superan a 10,82% para los tres niveles de altitud, fueron retenidos 95% de los granos de café verde oro, malla 15 arriba, los defectos no sobre pasan el 2,52% y presenta rendimientos de 74,42 a 74,73%. En la evaluación organoléptica obtuvieron 90, 72, 90,17 y 90,67 puntos respectivamente.
- Para los cafés producidos a 1010 msnm, 1279 y 1596 msnm el tiempo de fermentación óptimo fue de 15, 18 y 20 horas respectivamente.
- El café en taza en altitud alta mostró mejores atributos de aroma y sabor a chocolate y durazno expresivo, con toques a miel delicado con $7,15 \pm 0,02$ puntos, taza limpia, dulzura de $7,14 \pm 0,03$ y post gusto persistente. El de altitud media presentó aroma y sabor a chocolate expresivo y durazno leve, balance intermedio de $7,12 \pm 0,08$ y para altitud baja aroma y sabor a cítrico limón y floral expresivo con toques a chocolate ligero y vainilla. El puntaje sensorial promedio de los tiempos óptimos de fermentación alcanzó 90,5 considerado como café gourmet.

2.2. BASES TEÓRICAS CONCEPTUALES

2.2.1. EL GÉNERO COFFEA

El lugar de origen del café es Etiopía, país donde se inició su cultivo en el siglo VIII (Anthony *et al.*, 1999). La primera introducción de café en Europa se dio en 1706, a partir de esa fecha se originaron la mayoría de las variedades cultivadas actualmente en el mundo (Chevalier y Dagon, 1928; Carvalho, 1946 citados por Anthony, Astorrga y Berthaud, 1999).

Las primeras introducciones de café al continente americano se dieron a inicios del siglo XVIII, por otro lado, los ingleses introdujeron plantas de café a Jamaica en 1730 y hacia finales del siglo XVIII (Anthony, Astorrga y Berthaud, 1999) e inicios del siglo XIX el cultivo se extendió por todo América tropical (León, 2000).

El café es una planta que pertenece a la familia Rubiaceae, género Coffea, el café es una planta provista de un eje central que presenta en su extremo una parte meristemática en crecimiento activo permanente, que da lugar a la formación de nudos y entrenudos. Las ramas plagiotrópicas se alargan en forma permanente y las ramas ortotrópicas permiten el crecimiento vertical de la planta. ¿Por su parte, (Corral y Duicela, 2004), indican que las hojas son elípticas, oblongas o lanceoladas según las especies y variedades; Las flores son hermafroditas y el fruto es una drupa elipsoidal (Sotomayor y Duicela, 1993).

2.2.2. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES EDAFOCLIMATOLÓGICAS EN EL CULTIVO DEL CAFÉ

a) Clima

Ramírez (2010) trata de decir que el clima tropical, donde el café es cultivado no es homogéneo en sus características ambientales y que dependen de factores como, altitud, nubosidad, precipitación, radiación solar, etc. De los cuales los factores que as influyen para una buena producción de café son la temperatura y la precipitación. CATIE (2001), señala que muchas veces la falta de la definición exacta de estos umbrales climáticos e influencia de determinado factor o factores del clima en las diferentes etapas del desarrollo dificultan la modelización precisa de las interacciones cultivo-clima, necesarias en la evaluación de potencialidades agroclimáticas.

b) Temperatura

La zona óptima para el cultivo del café arabico se encuentra entre 19 y 21.5 grados centígrados (Arias, 2012).

En climas fríos, donde la temperatura media es menor de 19 grados centígrados, las variedades de café se desarrollan menos, su producción es menor y la cosecha se distribuye a lo largo del año (Arias, 2012).

En climas calientes, donde la temperatura media es mayor de 21.5 grados centígrados, la vida productiva del cafeto es más corta, la cosecha

más temprana y más concentrada. El ataque de la roya es más severo y se incrementan plagas como la broca y el minador. (Arias, 2012)

c) Humedad relativa

Rojas (1987) anota que la humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua existente en la atmosfera e influye significativamente en el cafeto, ya que gran parte de su transpiración está en función de este factor y de las radiaciones solares recibidas y absorbidas, las cuales determinan las aperturas y cierres de las estomas.

Se ha determinado que la humedad del aire no es un factor determinante en el cultivo del café. No obstante, se señala que un promedio de humedad relativa, de 70 a 95 %, es recomendable para *Coffea arabica* (Delgado y Jibaja, 2015).

d) Precipitación

Es un factor climático muy importante que tiene un efecto significativo en la floración y, por lo tanto, en la producción y en su época de maduración.

Entre los 1300 y 1500 m de altitud ocurren las máximas precipitaciones. Por encima de 1500 m la precipitación tiende a disminuir y por debajo de los 1300 m, la precipitación tiende a aumentar (Jaramillo, 2005). La precipitación es un factor climático muy importante que tienen un efecto significativo en la floración, producción y en la época de maduración del grano (Alvarado y Rojas, 1998).

El exceso de lluvia también atenúa el crecimiento y provoca la caída de frutos cuando estos están formados, debido principalmente a la pobre aireación que presentan las raíces en el suelo (Rojas, 1987).

AGROBANCO (2012) menciona que en la mayor zona cafetalera del país, la lluvia precipitada por año es superior a los 2000 mm; ocurriendo la mayor precipitación a partir de octubre, alcanzando su punto culminante de enero y febrero. Durante todos los meses del

año, las zonas cafeteras cuentan con precipitaciones mensuales que exceden los 100 mm, y es precisamente este valor el que determina el potencial de evapotranspiración para el café.

La precipitación requerida fluctúa entre 1500 a 2500 mm, pero requiere de un abastecimiento constante para un correcto crecimiento del cafeto, por lo que se requieren por lo menos 120 milímetro al mes (AGROBANCO, 2012).

Si por algún motivo no se cumpliera con el régimen de precipitaciones que es 100 mm al mes, se puede recurrir a cubrir esta necesidad agregando la práctica de riego como actividad conveniente según este caso.

e) Luz solar

La calidad de la luz también es importante. Esta tiene que ver con la eficiencia de la fotosíntesis en las hojas. Mucha luz brillante puede saturar y detener los procesos de fotosíntesis, demasiada sombra reduce la calidad de la luz y también la fotosíntesis es escasa. (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2000)

Cuando aumentamos la cantidad de plantas por hectárea, con más tallos por planta, y cultivamos variedades más pequeñas con follaje más denso, el cultivo produce una autosombra que regula su propia luz. Esta mayor cantidad de plantas cubre mejor el suelo con sus ramas evitando que el suelo se caliente, con la luz directa del sol y lo protege del salpique de la lluvia. (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2000)

f) Suelo

El suelo se debe seleccionar en base a su drenaje y permeabilidad, así como su potencial nutricional, desde este punto de vista se debe tener en cuenta los suelos de ladera que normalmente son pobres nutricionalmente (Delgado y Jibaja, 2015).

El café crece mejor y da más rendimiento en suelos fértiles, profundos (más de 50 cm), bien drenados y con buena retención de humedad (50 % de poros) (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2000).

El suelo es el recurso más importante del café orgánico. A través del trabajo de producción y atención del café podemos causar la pérdida de los suelos, tenemos que entender cómo es que se pierde el suelo para hacer las labores adecuadas para que no suceda esto Organismo Internacional Regional de Sanidad Agro, 2000. (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2000)

Ramírez (2010) señala de manera general, los suelos de la Selva se caracterizan por presentar características físicas adecuadas para fomentar la agricultura tropical, éstas son: profundidad, textura, estructura. Es necesario resaltar, que las características químicas como el pH, Materia Orgánica (MO) y los elementos minerales como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc., son los que en el tiempo han sufrido cambios en su contenido, lo cual viene afectando el desarrollo de diversas plantaciones.

g) Altitud

Ramírez (2010) nos dice enfocándose al relieve fisiografía, los cultivos de café mayormente se desarrollan en pendientes entre 30% a 80%, con altitudes que varían de 500 a 2600 msnm, representando los climas con las mejores condiciones para un café de calidad las alturas mayores a 1200 msnm.

Instituto del Café de Costa Rica (2011) Desde su punto de vista nos dice que la altitud afecta directamente sobre factores como temperatura y precipitación, señala que la altitud con las condiciones ambientales más adecuadas para el cultivo de café varían desde 500 a 1700 msnm, siendo las alturas por debajo y encima de ese rango desfavorables para el cultivo de café.

2.2.3. PROCESO DE BENEFICIO DE CAFÉ

El beneficio es la etapa del proceso a través de una serie de procedimientos se convierte el café cereza obtenido en la recolección en café pergamino. Existen dos tipos de beneficio los cuales se diferencian en las técnicas de aplicación y los procedimientos que lleva cada uno. (Díaz y Pardo, 2014)

a) **Beneficio seco del café**

El beneficio por vía seca consiste en dejar el café en cerezo madurar en la planta, para luego hacer una deshidratación del fruto durante aproximadamente de 15 a 20 días, este puede ser natural (bajo el sol) o por medio mecánico con el fin de desprender la cáscara del grano y así poder realizar la remoción de la piel seca y el mucílago, obteniendo así el café pergamino. Para este tipo de beneficio es importante hacer una adecuada selección del fruto. (Duicela, 2010)

b) **Beneficio húmedo de café**

El beneficio por vía húmeda es el que más se acostumbra a realizarse en Colombia y en los tipos de café de procedencia arábica.

“El tratamiento de las cerezas de café consiste en la eliminación mecánica del exocarpio en presencia de agua, eliminación de todo el mesocarpio por fermentación seguido por secado para la producción de un café pergamino.” Tomado de NTC 3314

Este proceso inicia cuando se realiza la recolección con la adecuada selección de café cereza y una limpieza inicial donde se quitan los desechos del fruto y de este punto se derivan una serie de etapas las cuales se muestran a continuación: (Duicela, 2010)

- **Despulpado:** El despulpado consiste en retirar la pulpa que está al rededor del fruto por medio de presión, este procedimiento se realiza con una despulpadora por la cual pasa el café cereza seleccionado y lavado previamente pasa a través de una tolva hacia un tambor el cual al rotar lleva el café hacia un punto donde la presión ejercida hace

salir de la pulpa el fruto. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

- **Remoción del mucílago:** Luego de hacer el despulpado del café cereza, se realiza una operación tecnológica destinada a digerir el mesocarpio mucílagos que se encuentra adherido al pergamino del café, este proceso se denomina como fermentación la cual puede ser natural, mecánica o con ayuda de encimas. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

- **Lavado:** El lavado se realiza con el fin de quitar en su totalidad el mucílago, este se puede hacer añadiendo agua limpia y filtrando en repetidas ocasiones al tanque de fermentación donde se utilizan aproximadamente por cada kilo de café unos 40-50 litros de agua, o utilizando un canal de correteo el cual es un canal ubicado al lado del tanque o máquina de fermentación por donde el café pasa de tanque al área de secado, mientras se le realiza el lavado mecánicamente. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

c) **Secado del café**

El secado es la etapa del beneficio del café, en donde luego del lavado se deja secar con el fin de reducir el contenido de humedad del café pergamino garantizando condiciones óptimas para el posterior proceso de trillado y almacenamiento según condiciones técnicas satisfactorias. (Díaz et al., 2014)

- **Secado al sol:** Este tipo de secado consiste en dejar café luego del lavado al sol durante un largo periodo de tiempo que es aproximado de 7 a 15 días según sean las condiciones climáticas, para secar al sol se utilizan diferentes metodologías (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004).

• **Secador mecánico:** El secado mecánico se realiza con la ayuda de máquinas, es mucho más rápido, pero se corre el riesgo de afectar la calidad del café, las máquinas utilizadas para el secado mecánico envían aire caliente a unos 50°C al fruto, algunas de las máquinas más utilizadas son secador estático sin cámara de presecado, silo-secador de CENICAFÉ y el secador de dos pisos entre otros. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

d) Trillado de café

El trillado es la parte final del proceso de beneficio donde a partir del café pergamino obtenido anteriormente se obtiene el café almendra o verde listo para exportación o tostión según sea el caso. Este proceso consiste en separar del grano el pergamino o cáscara alrededor de la semilla de café, esto se realiza con una máquina de trilla la cual por una acción combinada de fricción y presión por fuerza rotacional hace salir la semilla almendra que por corrientes de aire son evacuadas. (Duicela, 2010)

e) Tostión de café

La Tostión o Torrefacción es el último eslabón del proceso de producción del café se realiza exponiendo al café almendra a una alta temperatura un periodo de tiempo determinado, esta es una fase crítica de la producción ya que si se expone el café por mucho tiempo y a una temperatura mayor a la recomendada se pierden todas las propiedades organolépticas del producto, se realiza en hornos de torrefacción especiales donde sacando una pequeña muestra dado a los cambios físicos que tiene el café se puede por comparación establecer cuando el café ya está listo, los cambios que tiene son: pérdida de peso, color, aumento del volumen, descomposición de la sacarosa, almidones y dextrinas en azúcares, pérdidas de cafeína del grano, generación de dióxido. (Carmona, 2003)

Durante esta etapa existen tres fases claves las cuales son:

- **Fase de secado:** Durante esta fase se realizan diferentes procedimientos, el primero es la evaporación del agua existente en el café almendra el cual dura un 80 % del proceso, y es la pérdida del 3 % de la humedad inicial del fruto, luego el grano se torna amarillo o carmelita y cambia su aroma. (Carmona, 2003)

- **Fase de tosti3n:** Durante esta fase el caf3 se sufre cambios dentro de la c3lula que son una producci3n de membranas responsables del sabor y el aroma, por lo general eso ocurre entre 205 a 120 3C, en esta fase el caf3 presenta una expansi3n donde se torna de color azulado, luego gris3ceo y opaco. (Carmona, 2003)

- **Fase de enfriamiento:** Esta es la 3ltima fase donde una vez comprobado que la tosti3n termin3 se disminuye la temperatura, esto puede ser por inyecci3n de aire o de agua (Carmona, 2003).

f) **Molienda de caf3**

La molienda de caf3 es un proceso que se le realiza al caf3 tostado que se vender3 como caf3 instant3neo, este proceso se utiliza para la extracci3n de componentes solubles, entre m3s fina sea la molienda habr3 una mayor extracci3n de estos componentes, por lo general se realiza por medio de discos y de rodillos. (Duarte, 2002)

g) **Reparaci3n de caf3 instant3neo**

Para la producci3n de caf3 instant3neo se realiza este proceso con el fin de extraer los compuestos arom3ticos y se divide en tres fases: humectaci3n, extracci3n de solubles e hidr3lisis (Duarte, 2002).

2.3. **PLANTACIONES AGROFORESTALES**

Montagnini, Jordan y Matta, (1992) nos tratan de decir que las plantaciones agroforestales es una manera de c3mo se puede utilizar la tierra en donde los arboles interact3an con las especies vivas de un ambiente que es aprovechado

mediante cultivos o pastoreo, tratando de obtener una buena producción respetando el ecosistema biológico.

Consta en el uso de una serie de actividades que combinan la ciencia agronómica, la ciencia de la silvicultura y la zootecnia, buscando obtener un respectivo adecuado manejo del conjunto y las independencias de cada una de las ciencias y sus elementos. (Conafor, 2007)

2.3.1. IMPORTANCIA Y BONDADES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN CAFÉ

En Costa Rica los sistemas forestales son, una opción que es utilizada con el objetivo de minimizar algunas plagas, cuidar, proteger y conservar el suelo, buscando desarrollar actividades y practicas amigables con el ambiente, prácticas que han disminuido, pero que las antiguas poblaciones diseñaron y adoptaron como dogma, ya que encontraron una manera eficiente de explotar la tierra sin destruir el agro ecosistema natural que les ofrecía, la conservación de los controladores de plagas naturales, un aporte de materia orgánica constante y muchos otros beneficios. Una historia similar se da en Colombia (por la adopción de prácticas amigables), pero al ser este un país de tanta tradición cafetalera el objetivo principal de los sistemas agroforestales en café fue incorporar un sabor distinto a su taza de café, característica que ha disminuido, por el objetivo de muchos agricultores de aumentar su rendimiento, usando mayores densidades y cultivos a plena luz. (Fournier, 1981)

La incorporación de agroforestales confiere una serie de beneficios al cultivo, como el control del déficit hídrico muy común en los últimos años por el mencionado cambio climático, también los suelos con cobertura arbórea son menos susceptibles a la erosión aun en relieves quebrados, además un café con árboles permite la posibilidad de participar en mercados de café seleccionado como el orgánico, el forestal, entre otros, que ofrecen un mayor valor en el mercado. (Farfán, 2001)

El café agroforestal es un importante colaborador en la fijación de dióxido de carbono, algunos autores señalan que este tipo de sistemas son capaces

de fijar hasta 1,1 ton/ha de dióxido de carbono por año, cifra que disminuye conforme avanza la edad del árbol y la planta de café. (Ávila, Jiménez, Beer, Gómez y Ibrahim, 2001) (Magfor, Profor, Marena y BM, 2005) (De Melo, 2008)

Un aporte muy importante del sombrío al café es el que hace en su calidad, según lo mencionado por Lara (2005), la sombra tiene un importante aporte en la calidad física del café ya que existe mayor tamaño, peso y menor porcentaje de granos imperfectos, además influye en la composición bioquímica (sacarosa, cafeína y ácidos clorogénicos) disminuyendo el amargo de la bebida, también tiene influencia positiva en la calidad organoléptica de la bebida (cuerpo, acidez, sabor y preferencia).

Otros beneficios que ofrece el sombrío a esta agricultura son la regulación de la floración, maduración del fruto y por ende la cosecha, fomenta el desarrollo de las ramas primarias y secundarias ampliando en gran porcentaje la capacidad productora, aumenta el humus y la disponibilidad de nutrientes, ya que un árbol puede funcionar como una bomba succionando los nutrientes en las capas más internas del suelo y regresándolos en forma de hojas y ramas al suelo, aún más mejora las características físicas del suelo evitando la compactación, la radiación solar y muchos tipos de erosión, regula la humedad del suelo aumentando la capacidad de infiltración del agua y evita la evaporación de la misma. Prolonga la vida útil de los cafetales mitigando las situaciones de estrés y las alteraciones en la cosecha y como ya se ha destacado alteran las condiciones climáticas generando un microclima muy favorable para el café. (CATIE, 2001) (Pezzopane, Simoes y Martins de Souza, 2010)

2.3.2. FINALIDAD DE LAS PLANTACIONES AGROFORESTALES

Las plantaciones forestales se realizan con el objetivo de capitalizar un terreno, elevando la producción por unidad de área.

a) Fines de producción

Se realizan en combinación con otros cultivos agrícolas perennes y temporales con rotación, en linderos, laderos, al borde de los caminos, produciendo madera de calidad.

b) Fines de protección

Se realizan en suelos degradados por una hiper-explotación o sobre utilización, devolviendo la fertilidad natural al suelo, de esta manera se puede controlar o evitar deslizamientos; formando cortinas corta vientos en defensa de los cultivos.

c) Fines de servicio

Se cumple este fin cuando se hacen cultivos en asociación, brindando sombra a cultivos que lo necesitan, por ejemplo, Coffea arabica "Café" o Cacao y al mismo tiempo brinda en el futuro un ingreso para el agricultor (Yalta, 2003).

Las plantaciones forestales, con fines de servicio, pueden cumplir las siguientes funciones:

- Como cercos vivos y alimento para ganado en pastizales o potreros.
- Como cortinas corta vientos.
- Como leña.

2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

En cuanto a la estructura, los sistemas agroforestales pueden agruparse de la manera siguiente:

a) Agrosilvicultura

El uso de la tierra para la producción secuencial o concurrente de cultivos agrícolas y cultivos boscosos (Altieri, 1997) (Instituto Nacional de Desarrollo, 1985).

b) Sistemas silvopastoriles

Sistemas de manejo de la tierra en los que los bosques se manejan para la producción de madera, alimento y forraje, como también para la crianza de animales domésticos (Altieri, 1997; Soto, 2000).

c) Sistemas agrosilvopastoriles

Sistemas en los que la tierra se maneja para la producción concurrente de cultivos forestales y agrícolas y para la crianza de animales domésticos (Altieri, 1997; Soto, 2000).

d) Sistemas de producción forestal de multipropósitos

En los que las especies forestales se regeneran y manejan para producir no sólo madera, sino también hojas y/o frutos que sean apropiados para alimento y/o forraje. (Altieri, 1997)

2.4. FACTORES, SISTEMAS, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DE CAFÉ DE CALIDAD

2.4.1. FACTORES DE LA FERMENTACIÓN DE CAFÉ

Durante la fermentación natural del café ocurren diferentes procesos bioquímicos, en los cuales las enzimas producidas por las levaduras y bacterias presentes en el mismo mucílago fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos; y los convierten en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas. Estas sustancias formadas cambian las características de olor, color, pH y composición del sustrato (mucílago) y también de los granos de café. (Puerta, 2012)

La velocidad y la clase de productos generados en la fermentación del café dependen de factores que afectan el metabolismo mismo de los microorganismos como la temperatura externa, el tipo de sistema de fermentación, el tiempo de proceso, la calidad de café en baba, la acidez del sustrato, la disponibilidad de oxígeno y la higiene. (Puerta, 2012)

2.4.2. SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ.

a) Fermentaciones solidas

El café despulpado se deposita en el fermentador, no se adiciona agua. El desagüe del fermentador se mantiene cerrado (Puerta y Echeverry, 2015).

b) Fermentaciones sumergidas

El café en baba se deposita en el fermentador y luego se agrega agua, en cierta cantidad, con relación a la masa de café a fermentar, de esta forma cambian la composición química y microbiológica del sustrato. Los sistemas de fermentación sumergidos son más homogéneos que los de sustrato sólido. Para el café se recomiendan fermentaciones sumergidas al 30 %. Se tapona el desagüe del fermentador y se adiciona 30 litros, de agua limpia por cada 100 kg de café en baba. (Puerta, 2012)

c) Tipos de alimentación del sustrato

Las fermentaciones del café se hacen de forma discontinua, debido a los tiempos de recolección del café; Así, cada lote de café despulpado se fermenta y seguidamente se lava y se seca. En las fermentaciones continuas industriales se suministra nuevo sustrato después de determinado tiempo de proceso y también microorganismos fermentadores, además simultáneamente se van retirando los productos. (Puerta et al., 2015)

d) Abiertos o cerrados

En las fermentaciones de café abiertas ocurren natural y simultáneamente las fermentaciones lácticas por *Lactobacillus* spp. y *Streptococcus* spp., y la fermentación alcohólica por las levaduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*. Por el contrario, en los sistemas cerrados, los fermentadores se tapan, lo cual favorece también al desarrollo de fermentaciones mixtas, por las *Enterobacteriaceae*. (Puerta et al., 2015)

e) Aireación

Usualmente, en la fermentación discontinua no se agrega ni quita oxígeno y en los sistemas abiertos el dióxido de carbono sale naturalmente del sistema. En los procesos continuos se requiere suministro de oxígeno para mantener el crecimiento de las levaduras y bacterias fermentadoras. (Puerta et al., 2015)

f) Agitación

En la fermentación de los granos de café se recomienda una homogeneización al inicio de la fermentación, y al final, antes del lavado, para la medición de las características del sustrato fermentado y de los granos, pero no se recomienda una agitación continua del sistema durante la fermentación del café. Para producir etanol o ácido láctico en las fermentaciones industriales de los residuos se requiere agitación constante del sistema, con el fin de mejorar la homogeneización y los rendimientos. (Puerta et al., 2015)

2.4.3. TIPOS DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ

a) Fermentación natural

La fermentación natural consiste en dejar al fruto en un tanque de fermentación donde cae luego del despulpado, con poca agua durante un periodo de 12 a 18 horas donde se homogeniza lentamente, el mucílago se desprende naturalmente del grano. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

b) Fermentación mecánica

Funciona por medio de máquinas que retiran rápidamente el mucílago del grano. Existen máquinas de fermentación que funcionan agitando el grano rápidamente con el fin de que la capa caiga, algunas de estas máquinas son de flujo ascendente las cuales consisten en: desmucilaginadora tipo ELMU y desmucilaginadora de cepillo entre otras. (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2014)

c) Fermentación de enzimas

Este proceso, con el fin de acelerar la fermentación se emplea enzimas y químicos, algunas de las enzimas más utilizadas son Ultrazym-100, Irgazim-100, Benefax y Cofepec entre otros (ANACAFE, 2014).

d) Fermentación en seco

En este caso se deja el café pergamino despulpado, en seco en el tanque o pila hasta que dé punto de fermento (o punto de lavado), a su vez existen máquinas que permiten realizar este tipo de fermentación. Generalmente, la miel degradada se deja escapar continuamente por una pichacha de tamaño adecuado. El proceso resulta más rápido que en los otros sistemas. (ANACAFE, 2014).

2.4.4. TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ

Puerta y Ríos (2011) demostraron que la temperatura tiene efecto en la velocidad de las degradaciones del mucílago del café. Mediante la refrigeración entre 4 y 8 °C se retrasó la velocidad de las fermentaciones alcohólicas y lácticas; Así, en refrigeración a las 31 horas se degradó el 20 % de los azúcares reductores en comparación con el 30 % a temperatura de 23 °C; Por otro lado, a las 20 horas de fermentación del mucílago el café presento una acidez de 3.5 veces mayor que la inicial, mientras que en el mucilago refrigerado por el mismo tiempo esta misma acidez solo aumentó un 20 % con respecto al mucilago fresco.

La caficultura en Colombia está localizada en altitudes que varían entre 1000 y los 2000 m, en las cuales la temperatura mínima varía respectivamente entre los 12.2 y los 18.1 °C y la temperatura máxima entre 22.4 y 28.2 °C. (Jaramillo, 2005). Teniendo como referencia estos valores se investigó el efecto de la temperatura externa de fermentación en la calidad del café, en los compuestos químicos del mucílago y en los volátiles del café tostado. Con unidades de proceso de 3 a 2 Kg de café en baba a escala de laboratorio y de 200 Kg a escala piloto y finca, se realizaron fermentaciones sólidas y sumergidas de café a temperaturas constantes de

15 ± 1 y 20 ± 1 °C, y a temperaturas entre la noche y el día de 18 a 26 °C (Promedio 23 °C) en sistemas abiertos y cerrados. (Puerta et al., 2015)

Se encontró que la temperatura del ambiente donde se desarrolla la fermentación controlada del café, diferencia la proporción y tipo de aromas y sabores de la bebida, así como, las cantidades de sustancias volátiles del café tostado y del mucílago fermentado. Las diferencias se atribuyen al efecto de la fermentación, debido a que todos los otros factores como origen geográfico del café, variedad, madurez, agua de proceso, secado y métodos de análisis, se mantuvieron constantes. (Puerta et al., 2015)

2.4.5. TIEMPO DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ

En las fermentaciones controladas de café, a medida que pasa el tiempo de fermentación, dentro de un rango límite, se favorece que los granos de café inmersos en el sustrato sólido o sumergido adsorban los compuestos resultantes de la fermentación del mucílago. De esta manera, según el tiempo, la temperatura y el sistema de fermentación se modifican las características, intensidades y frecuencias de los sabores especiales y de los compuestos químicos y volátiles presentes en el café (Puerta et al., 2015).

2.4.6. MICROBIOLOGÍA DE LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

Algunos investigadores nos dicen que “Los microorganismos del café en baba provienen de diferentes fuentes como suelo, aire, agua, vegetales, personas, animales, insectos, equipos, instalaciones y utensilios de beneficio. En el café despulpado se encuentran primordialmente levaduras y bacterias lácticas, otras bacterias y algunos hongos”. (Puerta, 2012, p.03)

Puerta (2012) indica que las “principales levaduras fermentadoras del mucílago son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. lipolytica*, *C. parasitopsis* y *C. pintolopesii*, que producen etanol y dióxido de carbono, y las no fermentadoras como *Cryptococcus terreus*, *Rhodotorula rubra* y *R. glutinis*” (p.03).

Puerta (2012) indica que “las bacterias lácticas del mucílago son *Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum* y *Streptococcus*

faecalis, entre otras, las cuales producen ácido láctico, alcohol, ácido acético, ácido fórmico y dióxido de carbono” (p.03).

2.4.7. BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

Saber las propiedades en el aspecto físico y en el aspecto químico de la baba o mucílago de café ayuda a comprender los fenómenos que pasan durante el proceso de fermentación de café, la baba de café contiene del 20 – 25 % de la semilla y es una película húmeda de 0.5 – 2.0 mm de grosor, desde el aspecto químico la baba de café contiene agua, azúcares, sustancias pécticas, holocelulosas, lípidos y proteínas. (Jespersen, 2006)

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

2.4.8. COMPUESTOS BIOQUÍMICOS ASOCIADOS A LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ

Los granos de café están compuestos por un gran número de metabolitos secundarios, que juegan un papel importante en la definición de las características organolépticas del café y por consiguiente de su calidad. Por ello, comprender la dinámica de dichos compuestos es uno de los principales retos para entender los procesos que dan origen a cafés de calidad. En este sentido, en la región se han realizado recientemente una serie de investigaciones con el fin de describir mejor relación entre compuestos bioquímicos presentes en el grano de café y la calidad de bebida que estos producen (Lara, 2005).

a) Cafeína

La cafeína es el compuesto característico del café. Es el alcaloide responsable de las propiedades estimulantes atribuidas al café

(Shankaranarayana y Abraham, 1986). La cafeína se ha asociado principalmente al amargo de la bebida (Clifford, 1985). Sin embargo, los resultados han sido diversos. El mismo Clifford (1985) menciona que no existe asociación real entre cafeína y amargo de bebida, ya que se ha encontrado persistencia en el amargo de la bebida en cafés descafeinados. Vaast, Cilas, Perriot, Davrieux, Guyot y Bolaños (2005) en un estudio realizado en Nicaragua no encontraron diferencias entre el contenido de cafeína de cafés de alta y baja calidad de taza.

b) Trigonelina

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

c) Ácidos cloro génicos

Los ácidos cloro génicos (AC, 5CQA) son una familia de esteres formados por ciertos ácidos trasdinámicos y el ácido quinico. Dentro de los AC más comunes se encuentran algunos monoesteres de ácido cafeoilquinico *caffeoylquinic acids* (CQA y FQA), diesteres (diCQA), triesteres (triCQA), entre otros. (Lara 2005)

d) Sacarosa

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

e) **Materia grasa**

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

2.4.9. CAFÉ ESPECIAL

Es muy complejo poder definir exactamente lo que son Cafés Especiales, ya que cada uno puede tener su propia percepción.

El término “café especial”, es atribuido a la noruega Erna Knutsen, experta tostadora de café, quien usó por primera vez este término en la conferencia internacional de café, celebrada en Montruil (Francia) en 1978 (Ponte. 2003, 2004). Este concepto hace alusión a la geografía y a los microclimas, que permiten la producción de granos de café con sabor único y de características particulares que preservan su identidad. En 1982, se creó la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), y ésta definió el término ‘café especial’ como “un café de buena preparación, de un origen único y sabor distintivo” (Cague, Hube y Gibson, 2002).

A partir de diferentes interpretaciones se logró llegar a la siguiente definición:

Son aquellos que conservan una consistencia en sus características físicas (forma, tamaño, humedad, apariencia y defectos), sensoriales (olfativas, visuales y gustativas), prácticas culturales (recolección, lavado, secado) y en sus procesos finales (tostión, molienda y preparación); características que los distinguen del común de los cafés y por las cuales los clientes están dispuestos a pagar un precio superior (Giovannucci y Koekoek, 2003). Los cafés especiales, debido a los argumentos anteriores, poseen un sabor en taza diferente que brinda al consumidor una experiencia muy especial para su paladar.

III. MATERIALES Y METODO

3.1. MATERIALES USADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO

Cerezo de café de las variedades caturra amarillo, catimor y pache.

3.1.2. MATERIAL DE CAMPO

Cuaderno de apuntes, lapicero, botas, poncho para agua, termómetros, canastos, sacos de polipropileno medianos, bandejas secadoras de café, nilón.

3.1.3. MATERIAL DE GABINETE

Información recopilada, material de escritorio

3.1.4. EQUIPOS

GPS, Laptop Hp, termohigrómetro, cámara fotográfica, motocicleta, impresora.

3.2. LUGAR DE EJECUCION

3.2.1. UBICACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO

Este estudio se realizó en el departamento de Cajamarca en parcelas agroforestales de cultivo de café asociadas a especies forestales, principalmente especies como Laurel, Pino cedro, las parcelas agroforestales pertenecen a socios de la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café LTDA, que se seleccionaron para la elaboración de este estudio, las parcelas seleccionadas fueron tres, ubicadas en diferentes pisos altitudinales y que estén debidamente certificadas, la primera parcela, fue la

parcela “EL Cedro” ubicada en el caserío El Progreso, perteneciente al distrito de Huarango en la provincia de San Ignacio, con una altura oscilante de 1500 msnm, perteneciente al señor Lizarda Alarcón Paredes; La segunda parcela agroforestal se ubicó en el caserío Chimburi que, perteneciente al distrito de la Coipa en la provincia de San Ignacio, la parcela fue “El Batán” con una altura de 1800 msnm, de propiedad del socio de la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café LTDA, Floiran Padilla Carrasco y la última parcela de donde se obtuvieron muestras de las variedades de café caturra amarillo y catimor para realizar este estudio fue la parcela “Casa Grande” ubicada en el caserío El Laurel con una altitud de 2100 msnm, perteneciente al distrito de Jaén, en la misma provincia de Jaén, se geo-referencio puntos de ubicación con la guía de navegador satelital GPS, utilizando coordenadas UTM en cada parcela en la que se desarrolló el proyecto. Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para esta selección, fue que las parcelas sean agroforestales, cuenten con las variedades que se requería trabajar, que las alturas de las parcelas seas las que se estipulo para este estudio y principalmente que pertenezcan como socios de la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&Café.

Tabla 1. Ubicación de parcelas de donde se tomaron las muestras y se realizó el proceso de fermentación de muestras de café

PARCELA AGROFORESTAL	CAJAMARCA			COORDENADAS		
	PROVINCIA	DISTRITO	CASERÍO	X	Y	Z
EL CEDRO	SAN IGNACIO	HUARANGO	CHIMBURIQUE	757323	9411270	1500
EL BATAN	SAN IGNACIO	LA COIPA	EL PROGRESO	720731	9409409	1800
CASA GRANDE	JAEN	JAEN	EL LAUREL	728696	9358473	2100

Fuente. Elaboración propia

3.2.2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las parcelas de los beneficiarios va desde los 1500 msnm hasta los 2100 msnm de los cuales, de acuerdo a la división de las ocho regiones naturales

del Perú, presentada por la tesis del Geógrafo (Pulgar, 1941), nos encontramos en la región Yunga siendo tierras de clima cálido de los valles y quebradas que suben los andes, de acuerdo a la clasificación de (Koppen, 1948) estos climas son de carácter templado con lluvias templadas y clima tropical permanentemente húmedo, la temperatura en las zonas más bajas oscila los 24 °C y en las zonas más elevadas en invierno va desde los 10 a 18 °C con una precipitación anual mayor a 750 mm (Fernández, 2018).

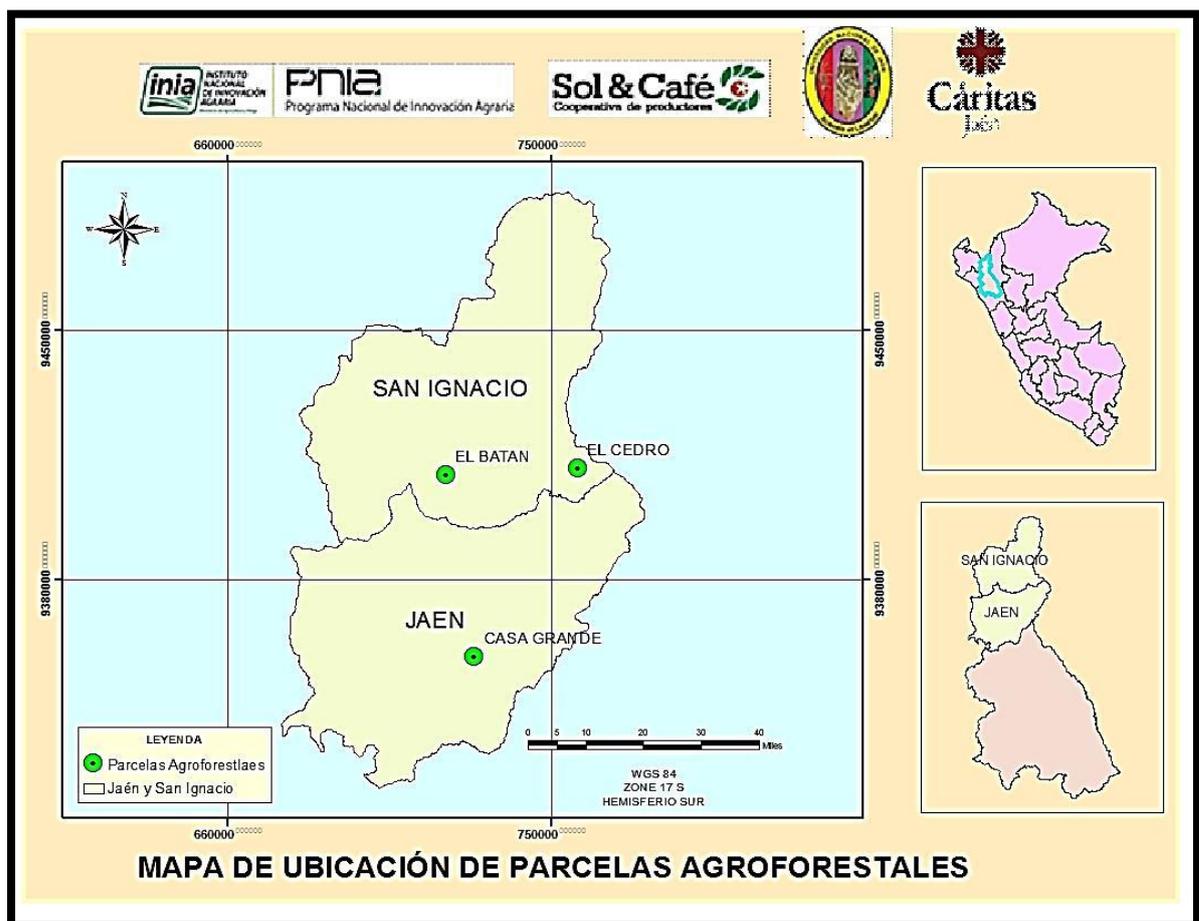


Figura 1. Parcelas agroforestales de donde se obtuvieron las muestras

3.3. METODOS

3.3.1. OBTENCIÓN DE MUESTRA DE CAFÉ

a) Colección de muestras de café

Se colecto las muestras de café de las parcelas seleccionadas, se tomó en cuenta las variedades de café preseleccionadas para la realización de este estudio, según el registro de trazabilidad de la Cooperativa Sol&Café. Se colecto cuatro canastos de muestras de café en cerezo maduro de estas dos variedades de café, las cuales se utilizaron para sacar todos los tratamientos requeridos (tiempos de fermentación).

b) Despulpado de muestras de café

Las muestras de café debidamente colectadas y codificadas fueron despulpadas, el volumen total de café a despulpado por variedad fue de 20 latas que incluyen las muestras a evaluar, este procedimiento se realizara con una despulpadora, por la cual pasa el café cerezo seleccionado previamente pasa a través de una tolva hacia un tambor el cual al rotar lleva el café hacia un punto donde la presión ejercida hace salir de la pulpa el fruto. (Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café, 2004)

c) Fermentación de las muestras de café

Una vez despulpado las muestras el café de cada variedad se colocó a un tanque tina diferente para cada variedad, con el volumen cosechado; Donde se dejó fermentar el café por cuatro tiempos diferentes, se dejó fermentar 12, 24, 36 y 48 horas respectivamente cada muestra de las diferentes variedades de café.

El sistema de fermentación de café fue sólido, donde no se le adiciono agua, una fermentación de café abierta donde mayormente ocurrirán

natural y simultáneamente las fermentaciones lácticas por *Lactobacillus spp.* y *Streptococcus spp.*, y la fermentación alcohólica por las levaduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*; La aireación no es tan importante en este caso puesto que la fermentación discontinua no se agrega ni quita oxígeno y en los sistemas abiertos el Dióxido de Carbono sale naturalmente del sistema y la agitación de café se recomienda una homogeneización al inicio de la fermentación, y al final, antes del lavado, para la medición de las características del sustrato fermentado y de los granos. (Puerta y Echeverry, 2015)

d) Lavado y secado de muestras de café despulpado

Se realizó para cada tiempo de fermentación estipulado, se sacó una muestra de café del proceso de fermentación de cada variedad, obteniendo por cada piso altitudinal al completarse las 48 horas, ocho muestras de café pertenecientes a 12, 24, 36 y 48 horas de fermentado respectivamente y debidamente codificadas. El lavado de café ya fermentado se realizó con la finalidad de quitar en su totalidad el mucílago añadiendo agua limpia; El secado de café se realizó en bandejas secadoras de café expuesto al sol y se secó a una humedad del 10 al 12 % respectivamente.

3.3.2. TRILLADO, TOSTADO Y MOLIDO DE MUESTRAS CAFÉ

Se pesó 400 gramos de café pergamino seco de cada muestra para ser trillada, utilizando una máquina piladora (trilladora). Este servicio se realizó en el laboratorio de catación de café de la cooperativa Sol&Café.

Las muestras de café fueron molidas lo más próximo en tiempo a su catación. El nivel de tueste de las muestras fue de ligero a medio (58 en la gama de colores de escala agron para café en grano y 63 en café molido). Este nivel de tueste fue logrado entre 8 y 12 minutos.

Antes de tostar las muestras se procedió a precalentar el tostador a gas tipo cilindro, hasta que este alcance una temperatura de 200 °C. Se utilizará 120

gramos de muestra de café trillado, la flama se ajustó de tal manera que a los siete minutos se escuche el primer tronido. Cuando todo el café ya había tronado y el café este con un color uniforme, se depositó la muestra tostada en el cilindro hacia la charola de enfriamiento.

El desarrollo de tueste se realizó libre de aromas a quemado y esencias a pasto o hierva lo cual indica temperatura muy baja.

3.3.3. CATACIÓN DE MUESTRAS DE CAFÉ

El proceso de catación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de catación de la Cooperativa Sol&Café, los catadores fueron cinco, calificados y certificados quienes se encargaron de tostar, moler y preparar las muestras de café para la catación; Así como fueron ellos mismos quienes dictaminaron y dieron el puntaje de calidad de estas muestras de café, puntaje que sirvió para el análisis estadístico de las muestras evaluadas.

3.3.4. VARIABLES EVALUADAS

a) Tiempos de fermentación del café en los pisos altitudinales de las parcelas agroforestales.

Se controló el tiempo requerido para la fermentación óptima de las muestras de café para cada parcela agroforestal ubicada a una altitud diferente cada una, parcela agroforestal beneficiadas por los métodos de la vía húmeda.

b) Temperatura ambiental, humedad relativa de cada piso altitudinales de las parcelas agroforestales y temperatura de las pilas de fermentación de muestras de café.

Las temperaturas, en este caso la temperatura ambiental y la temperatura de la pila de fermentación se la registraron en grados centígrados; Pero para la humedad relativa se utilizó el porcentaje como unidad de medida, unidad de medida que otorga el termohigrómetro, por lo que

para temperatura ambiental y temperatura de pila de compostaje se utilizó termómetros ambientales.

c) Análisis de los puntajes de catación de las muestras de café de este estudio

La calidad o puntaje de las muestras de café, se calculó mediante la transformación del café pergamino seco o cereza seca a café oro trillado empleando una trilladora o descascaradora. Para lo cual se pesa 400 gramos de café pergamino seco, luego se procede al trillado (eliminación del pergamino o cáscara seca). Se pesa lo obtenido de café oro y se realiza el cálculo respectivo. En laboratorio de catación.

d) Incidencia de la altura con las características organolépticas de las muestras de café

Para determinar esta variable se utilizara los puntajes otorgados por los 5 catadores que laboran el laboratorio de la cooperativa Sol&Café, puntajes que serán evaluados estadísticamente para determinar la altitud más oportuna para la calidad de café en taza.

e) Incidencia de las variedades de café con las características organolépticas de las muestras de café

Para determinar esta variable se utilizara los puntajes otorgados por los 5 catadores que laboran en el laboratorio de la Cooperativa Sol&Café, puntajes que serán evaluados estadísticamente para determinar la altitud más oportuna para la calidad de café en taza.

3.3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2A 4B con 5 bloques, para cada piso altitudinal de las parcelas agroforestales, posteriormente se realizó un análisis combinado donde se incluyó el factor altitud.

Factores:

- **Variedad de café – V**

Se analizó 2 variedades de café, las que más se presentan en la Cooperativa Sol&Café.

- ❖ V1: Caturra amarillo

- ❖ V2: Catimor

La variedad Pache se tenía previsto realzarla como una tercera variable, se le evaluó las variables planteadas igual que a las demás variedades, pero solo se encontró la variedad pache en los dos primeros pisos altitudinales, por ello se describe en el anexo 1 y 2 sus puntuaciones en taza. La variedad Pache por no encontrarse en los tres pisos altitudinales, requerido, no se la tomo en cuenta en los análisis estadísticos. Realizados en este estudio, pero por respeto a los socios agricultores con los que se trabajó, se menciona esta variedad y se manifiesta sus puntuaciones obtenidas en taza en los anexos antes mencionados.

- **Tiempo de fermentado – F**

Se analizarán 4 tiempos de fermentado

- ❖ F1: 12 horas de fermentado

- ❖ F2: 24 horas de fermentado

- ❖ F3: 36 horas de fermentado

- ❖ F4: 48 horas de fermetado

- **Altitudes**

Se analizarán dichos ensayos en 3 altitudes:

- ❖ Altitud 1: 1500 msnm

- ❖ Altitud 2: 1800 msnm

- ❖ Altitud 3: 2100 msnm

Fuentes de Variación y Grados de libertad

- Factorial

Tabla 2. Análisis de varianza

ANVA	
F.V	G.L
Bloque	4
Tratamiento	7
V	1
T	3
T*V	3
Error experimental	28
Total	39

Fuente. Elaboración propia

- Análisis combinado

Tabla 3. Análisis combinado

F.V	G.L
Localidad	2
Bloque (Localidad)	12
V	1
F	3
V*T	3
Localidad * V	1
Localidad * T	3
Localidad *V*T	3
Error experimental	81
Total	119

Fuente. Elaboración propia

Las pruebas estadísticas que se realizó para este estudio fueron: Prueba de F para los diferentes CM, Se realizó la prueba de Duncan al 0.05 para

comparar las diferencias entre los efectos principales los efectos simples y los diferentes pisos altitudinales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE CATAACION ALTITUD 1500

En el anexo 4, se observa en su fuente de variación bloque e interacción que no existe diferencia estadística significativa mientras que para variedad y frecuencia sí. Asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 0.86%.

Tabla 4. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 1500

	F1	F2	F3	F4	V
V1	81.95	81.6	82.7	82.85	82.28 b
V2	83.9	81.75	83.9	83.9	83.31 a
F	82.93 a	81.68 b	83.20 a	83.38 a	

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4, se observa que existe diferencia estadística significativa entre las variedades en estudio. Para las frecuencias se observa que la F1, F3 y F4 son estadísticamente iguales entre sí pero estadísticamente diferentes de la F2, esta diferencia para el caso de calidad en taza no es buena, es más la F2 es diferente de la F1, F3 y F4 porque su calidad en taza es menor a las otras frecuencias que vienen a ser los tiempos de fermentación, lo que significa que en F2 que es 24 horas de fermentación la calidad de café ha disminuido, pero a partir de las 24 horas conforme va avanzando el tiempo de fermentación las muestras van ganando calidad esto se ve claramente en la F3 y la F4.

En los anexos 6 y 7, correspondiente a los ANVA de regresión lineal y cuadrática, se observa que solo existe diferencia estadística significativa para la función cuadrática, lo cual nos indica en la figura 2, que la curva tiene una tendencia de bajada y subida de igual extensión, observándose una buena calidad de taza al inicio con un tiempo de fermentación de 12 sin embargo esta disminuye

hasta la frecuencia de 36 para luego expresar su mejor calidad de taza con tiempos de fermentación de alrededor de 48 horas.

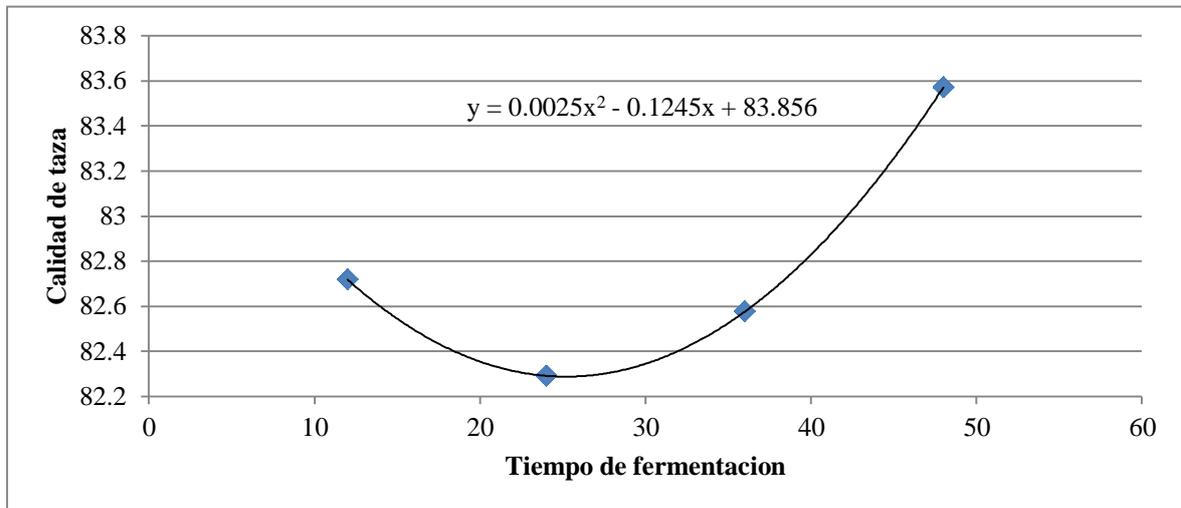


Figura 2. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 1500 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación

Para explicar el comportamiento de la calidad de café en taza del frente al tiempo de fermentación que el gráfico 2, muestra tenemos que ver la tabla 5 y 7, así como los anexos 17, 19 y 20, donde nos detallan las temperaturas ambientales suscitadas en el momento de fermentación de las muestras, nos dan a ver que en las primeras 24 horas de fermentación, el porcentaje de humedad relativa de los días correspondientes eran altos y las temperaturas oscilaban entre los 17 °C y 20°C grados, inhibiendo la actividad de microorganismos responsables directos de la fermentación, al llegar las 24 horas se ve que la temperatura ambiental sube a 24 °C grados, y se nota que a partir de esa temperatura la pila de fermentación incrementa su temperatura, lo que significa que en la pila de fermentación hay actividad microbiana y se está realizando una fermentación propiamente dicha. Por eso se ve en la figura 2, que después de pasadas las 24 horas la calidad empieza a subir hasta llegar a un promedio de calidad de 83.8 para ambas variedades de café estudiadas, esto a 48 horas de fermentación y a una temperatura en pila de fermentación de 35 °C.

Natividad (2011) en su Tesis de Pregrado denominada “Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito

de Hermilio Valdizán - Leoncio Prado”, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María, quien enfocó su investigación Determinar las características organolépticas y físicas de los granos de café producidos en diferentes niveles de altitud del distrito de Hermilio Valdizán; Para determinar el tiempo óptimo de fermentación se inició a las 13 horas retirándose 4 kg de muestra cada hora hasta las 24 horas de fermentación por altitud. Las altitudes fueron, 1010, 1279 y 1596 msnm, la variedad fue caturra amarillo y rojo. El autor llegó a concluir que para los cafés producidos a 1010 msnm, 1279 y 1596 msnm el tiempo de fermentación óptimo fue de 15, 18 y 20 horas respectivamente, lo que en cierto punto corrobora nuestros resultados puesto que en las primeras 24 horas a un pico alto de calidad de café, pero como el citado autor no realizó más pruebas con más tiempos de fermentación no se pueden ver resultados que en este estudio se ha obtenido, además nos dice que el tiempo es importantísimo para encontrar el punto óptimo de fermentación en café, lo que indica que el tiempo de fermentación está en función de la altitud donde se fermentan los granos; es decir, si queremos obtener un café con las características organolépticas deseadas, se debe encontrar el tiempo óptimo de fermentación de tal manera que el producto responda a las exigencias de calidad internacional.

Gamonal (2016) En su trabajo de investigación titulado "Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L) tolerantes a Roya (*Hemileia vastatrix*), en relación a dos pisos ecológicos de las provincias de Lamas y Rioja", quien trabajó con dos pisos ecológicos: 800-1000 msnm y 1000-1200 msnm, obtuvo como resultados que la variedad caturra sobresalió en los dos primeros atributos con una calificación de (7.55 y 7.35); presentando descriptores sensoriales en Fragancia/aroma a chocolates, cítricos, frutal, mango, plátano maduro, melón y sabor a frutas, ligero a mandarina, a melón, plátano seda, ciruelas; también sobresalió la variedad caturra de calidad en taza con una calificación (82.10); sin embargo catimor obtuvo la más baja calificación en fragancia/aroma (7.10) presentando descriptores sensoriales a hierbas, a granos como a nueces y otras especias; también presentó baja calificación de calidad en taza (80.23). En los demás atributos como: sabor residual, cuerpo, uniformidad, dulzor, taza limpia y puntaje del catador; presentaron calificaciones prácticamente similares entre

variedades. En característica sensorial, la altitud mejoró la fragancia/aroma en la variedad caturra obteniendo una mayor calificación de calidad en taza (82.65), la de mayor altitud (1000-1200) msnm.

Gamonal (2016) nos dice que la variedad caturra respondió con un buen puntaje en taza para una altitud (1000-1200) msnm, por encima de la variedad catimor, que el caturra va mejorando su calidad conforme el piso altitudinal sea mayor, estos resultados en gran parte corroboran nuestros resultados porque la calidad de nuestras estas dentro de un café especial, esto para ambas variedades, solamente que a esta altura la variedad que mejor puntaje en taza fue el catimor según el anexo 1, la variedad catimor alcanzo una puntuación promedio de 83.9375, mientras que el caturra amarillo una puntuación de 83.3125, diferencia que no es mucha, esta puntuación se dio a las 4 horas de fermentado cuando la pila de fermentación alcanzo una temperatura de 35 °C, esto según el anexo 19 y 20.

Quispe (2011) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial denominada “Determinación comparativa de perfiles de taza en tres pisos altitudinales de café arábigo (*Coffea arábigo*) en la cuenca del rio Tambopata-Sandia”, donde se trabajó tres pisos altitudinales (800-1200; 1200-1500; 1500-1800) msnm, llego a concluir que, en la determinación comparativa de perfiles de los tres pisos, presentó el mejor en sabor a de 1500-1800 m.s.n.m. con un puntaje total de 83.8 en la escala de calificación según formato SCAA, esto debido a condiciones climáticas apropiadas que promueven en la formación de grano, pero en aroma, acidez y cuerpo no presentan significativas. Dandonos a entender que nuestros resultados, son reales.

Tabla 5. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 1500

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T° Pila	22	23	23	23	22	23	24	23	24	25	26	26	28	30	31.5	34	35

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V1

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	229.5	229.5	66.5406481	4.54	*
Residual	15	51.7352941	3.44901961			
Total	16	281.235294				

R2 0.81604267

Fuente. Elaboración propia

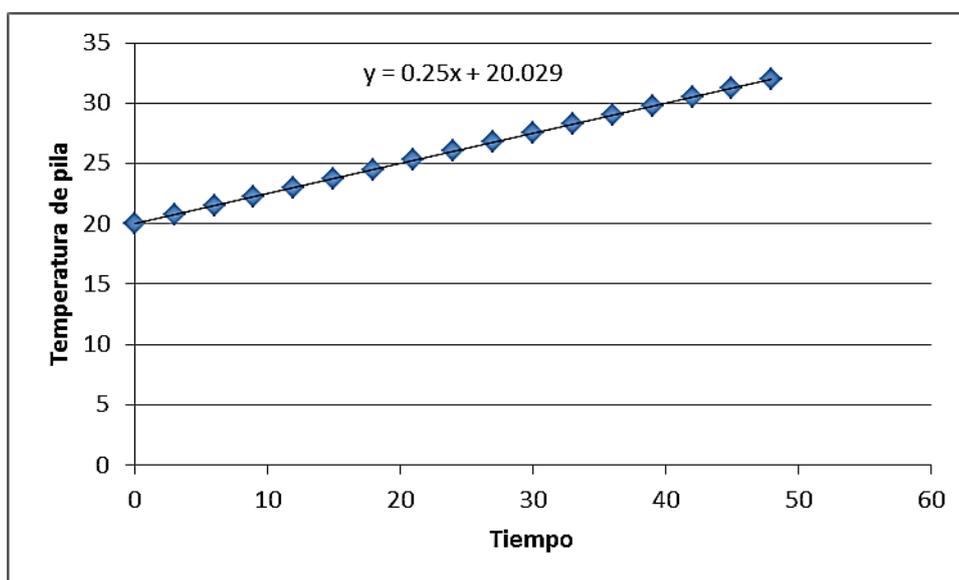


Figura 3. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1500 Para V1

En la figura 3, la variedad 1 a los 1500 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.25 unidades en la temperatura.

Tabla 7. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 1500

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T° Pila	24	21	22	22	22	24	23	24	25	25	26	27	28	29	32	33	35

Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frente al tiempo en V2

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	231.002451	231.002451	77.0050112	4.54	*
Residual	15	44.997549	2.9998366			
Total	16	276				

R2 0.8369654

Fuente. Elaboración propia

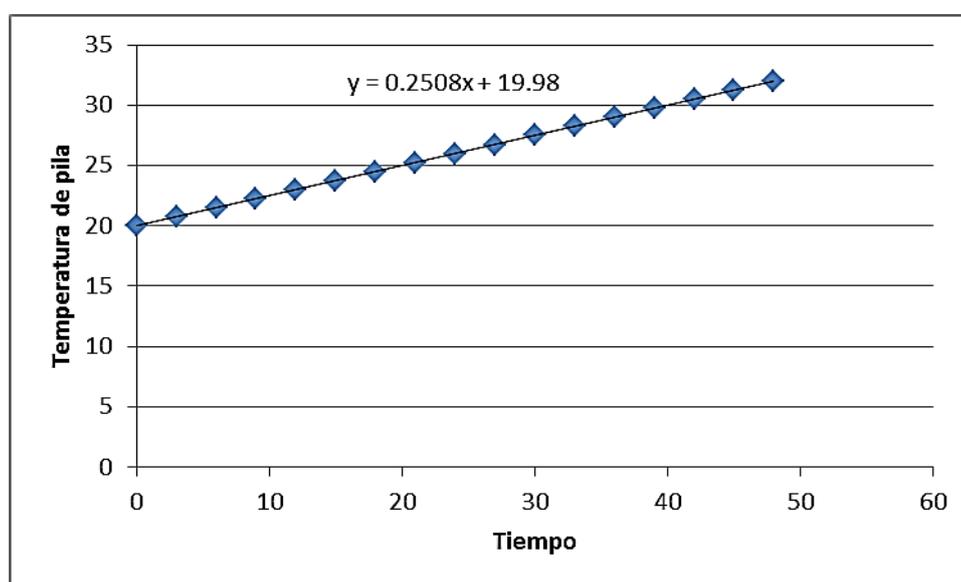


Figura 4. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1500 Para V2

En la figura 4, la variedad 2 a los 1500 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.2508 unidades en la temperatura.

Las figuras 3 y 4 nos muestran la variación de temperatura de la pila de fermentación frente a las horas de fermentación, donde para ambas variedades (V1 Y V2) las temperaturas han iniciado en 20 °C terminado en 35 °C teniendo una variación en la temperatura de 15 °C.

Puerta y Ríos (2011) demostraron que la temperatura tiene efecto en la velocidad de las degradaciones del mucílago del café, mientras que (Puerta *et al.*, 2015) se encontró que la temperatura del ambiente donde se desarrolla la fermentación controlada del café, diferencia la proporción y tipo de aromas y sabores de la bebida, así como, las cantidades de sustancias volátiles del café tostado y del mucílago fermentado. Las diferencias se atribuyen al efecto de la fermentación, debido a que todos los otros factores como origen geográfico del café, variedad, madurez, agua de proceso, secado y métodos de análisis, se mantuvieron constantes, aportes que justifican nuestros fundamentos de importancia de la temperatura en la fermentación de café, además nos afianzan en la explicación de porqué a alturas como la de 1500 msnm y 2100 msnm, se obtuvo esos resultados en los puntajes de catación.

4.2. RESULTADOS ALTITUD 1800

En el anexo 8, se observa en su fuente de variación bloque que no existe diferencia estadística significativa mientras que para variedad, frecuencia e interacción sí. Asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 0.93%.

Tabla 9. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 1800

	F1	F2	F3	F4	V
V1	82.7	83.7	85.55	81.9	83.46 a
V2	80.6	80.6	82.1	82.1	81.35 b
F	81.65 b	82.15 b	83.83 a	82 b	

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 9, se observa que existe diferencia estadística significativa entre las variedades en estudio, los resultados estadísticos nos dicen que a este nivel altitudinal V1 (caturra amarillo), es superior en calidad en todos los tiempos de fermentación a la calidad de V2 (catimor). Para las frecuencias se observa que la F1, F2 y F4 son estadísticamente iguales entre sí pero estadísticamente diferentes de la F3, aquí la diferencia en F3 (36 horas de fermentación) es positiva en calidad

en taza de café, y esto es tanto para V1 como para V2 lo que acá la variedad no influye, en la calidad si no el tiempo de fermentación de café.

Tabla 10. Efectos simples para el factor variedad dentro del factor frecuencia a altitud 1800

	F1	F2	F3
V1	82.70 a	83.70 a	85.55 a
V2	80.60 b	80.60 b	82.10 b

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 10, se observa que para todas las frecuencias o tiempos de fermentación existe diferencias estadísticas significativas entre las variedades, siendo la V1 (caturre amarillo) la que obtuvo el mejor puntaje de calidad de taza.

Tabla 11. Efectos simples para el factor frecuencia dentro del factor variedad a altitud 1800

	V1	V2
F3	85.55 a	82.10 a
F2	83.70 b	80.60 b
F1	82.70 c	80.60 b
F4	81.90 c	82.10 a

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 11, se observa que para la V1 (caturre amarillo) la mejor frecuencia o tiempo de fermentación fue F3 y este mostro ser estadísticamente diferente del resto de frecuencias. Para la V2 los mejores tiempos de fermentación fueron F3 y F4 siendo estadísticamente iguales entre sí pero estadísticamente diferentes del resto de frecuencias.

En los anexos 10 y 11, correspondiente a los ANVA de regresión lineal y cuadrática, se observa que solo existe diferencia estadista significativa para la función cuadrática, lo cual nos indica en la gráfica 4 que la curva tiene una tendencia de bajada y subida de igual extensión, observándose una buena calidad de taza va aumentando conforme aumenta el tiempo de fermentación hasta 36 horas para luego disminuir dicha calidad de taza.

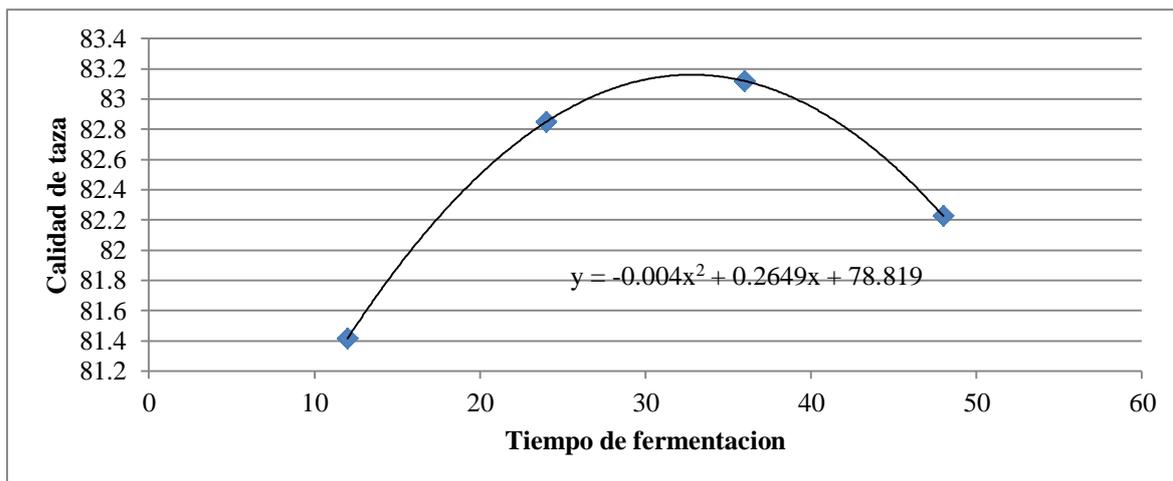


Figura 5. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 1800 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación

La figura 5, nos dice que a medida que aumenta el tiempo de fermentación, la calidad en taza de café también aumenta, pero aumenta hasta llegar las 36 horas de fermentación, donde la temperatura de fermentación es de 35 °C ver anexo 21, 23 y 24, luego empieza a disminuir la calidad, esto porque la temperatura de fermentación es demasiada, y la fermentación se empieza a alcoholizar crear hongos sobre la pila de compostaje.

Peña, Barrera y Gutierrez (2013) en su artículo de revista denominada “Efectos del Tiempo de Fermentación Sobre la Calidad en Taza del Café (*Coffea arabica*), quienes enfocaron su investigación en el efecto del tiempo de fermentación sobre los atributos de calidad física y sensorial en muestras de café arábica, de acuerdo a la metodología de la SCAA (Asociación de Cafés Especiales de Estados Unidos); donde se tomaron 8 muestras de café en baba a una altitud de 1400 msnm, en donde una de las muestras fue definida como testigo sobre la cual se realizó un beneficio con 14 horas de fermentación, de acuerdo al procesamiento tradicional realizado por el caficultor, para las otras muestras se tomaron tiempos de 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 horas el secado fue directo al sol, los autores de este artículo concluyeron que a tiempos muy altos de fermentación se puede afectar al atributo limpieza de la taza, en este caso la muestra fermentada hasta las 30 horas, obtuvo ocho puntos, dos puntos por debajo del resto de muestras incluyendo la muestra testigo, que obtuvieron puntuación perfecta, en otras palabras si se deja fermentar por mucho

tiempo el café, sus características organolépticas perderán su calidad y la calidad en taza será baja, lo que corrobora lo que el figura 5 nos dice.

Estos resultados obtenidos por Gamonal (2016) en su trabajo de investigación, afianzan más nuestros resultados a este nivel altitudinal, puesto que a este piso altitudinal, que es mayor que el piso altitudinal estudiado por el citado autor, la variedad caturra amarillo ha sobresalido en calidad organoléptica o calidad en taza por encima de la variedad catimor, esto se puede ver en las tablas 9, 10 y 11, además el anexo 2, 23 y 24, nos muestra que la variedad caturra amarillo a 36 horas de fermentación a una temperatura de pila de fermentación de 35 °C alcanzo un promedio en puntuación de taza de 85.55, para la variedad catimor, el tiempo de fermentación de 36 horas también fue la más favorable pero solo llego a alcanzar un promedio de puntuación de 82.1.

Quispe (2011) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial denominada “Determinación comparativa de perfiles de taza en tres pisos altitudinales de café arábigo (*Coffea arábigo*) en la cuenca del rio Tambopata-Sandia”, donde se trabajó con tres pisos altitudinales (800-1200; 1200-1500; 1500-1800) msnm, llego a concluir que, en la determinación comparativa de perfiles de los tres pisos, presentó el mejor en sabor a de 1500-1800 m.s.n.m. con un puntaje total de 83.8 en la escala de calificación según formato SCAA, esto debido a condiciones climáticas apropiadas que promueven en la formación de grano, pero en aroma, acidez y cuerpo no presentan significativas lo que afirma que nuestros estudios tienen mucho que ver con sus resultados, puesto que individualmente para cada variedad este piso altitudinal logro una mayor puntuación en taza.

Tabla 12. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 1800

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T°Pila	23	25	25	26.5	28	28	30	34	34	34	34.2	35	35	42	44	43	43

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V1 a una altitud de 1800

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	701.269632	701.269632	250.503874	4.54	*
Residual	15	41.9915441	2.79943627			
Total	16	743.261176				

R2 0.94350365

Fuente. Elaboración propia

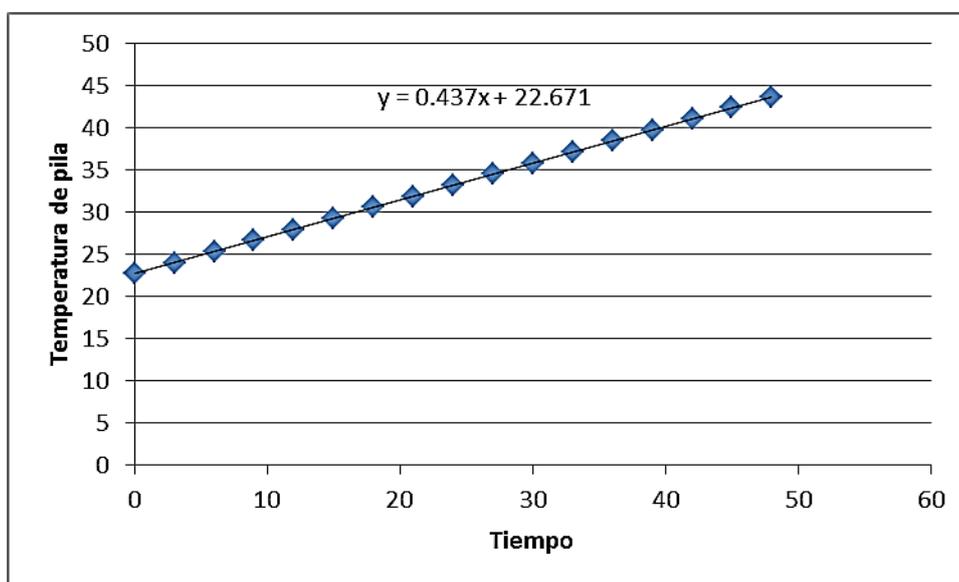


Figura 6. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1800 Para V1

En la figura 6, la variedad 1 a los 1800 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.437 unidades en la temperatura.

Tabla 14. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 1800

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T° Pila	24	24	25	26	28	27	29	33	34	33	34	34	35	40	44	43	43

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frete al tiempo V2 a una altitud de 1800

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	683.294118	683.294118	231.702128	4.54	*
Residual	15	44.2352941	2.94901961			
Total	16	727.529412				

R2 0.93919793

Fuente. Elaboración propia

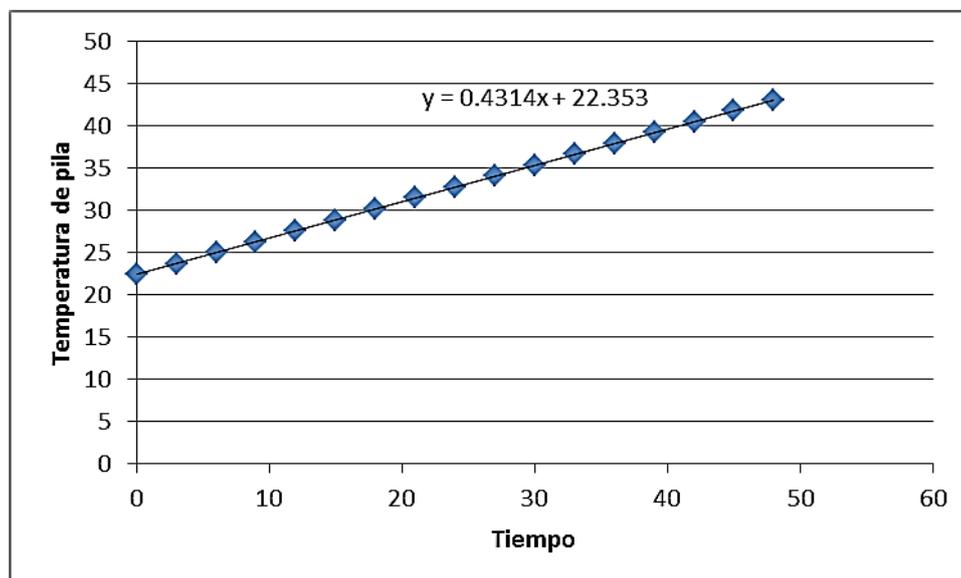


Figura 7. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 1800 Para V2

En la figura 7, la variedad 2 a los 1800 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.4314 unidades en la temperatura.

En las figuras 6 y 7, nos narra el incremento de temperatura en la pila de fermentación de V1 y V2 donde V1 inicia su temperatura de fermentación con 23 °C V2 inicia con 24 °C, para llegar al final del proceso de fermentación que son las 48 horas, con una temperatura de 43 °C, teniendo una variación de 20 °C para V1 y de 19 °C para V2, siendo las variaciones más altas de temperatura si se compara

con las muestras de la altitud de 1500 msnm, lo que significa que el proceso de fermentación ha sido bueno.

Sigo citando a Puerta y Ríos (2011) quienes demostraron que la temperatura tiene efecto en la velocidad de las degradaciones del mucílago del café, mientras que (Puerta et al., 2015) se encontró que la temperatura del ambiente donde se desarrolla la fermentación controlada del café, diferencia la proporción y tipo de aromas y sabores de la bebida, así como, las cantidades de sustancias volátiles del café tostado y del mucílago fermentado. Las diferencias se atribuyen al efecto de la fermentación, debido a que todos los otros factores como origen geográfico del café, variedad, madurez, agua de proceso, secado y métodos de análisis, se mantuvieron constantes, en la figura 5, se aprecia claramente en concepto que Puerta y Ríos (2011) nos trata de decir, si la temperatura no es la correcta pues la velocidad de fermentación de café será lenta lo que pasa en la altitud 1500 msnm, si se observa la figura 2 que nos detalla la distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 1500 msnm, conforme avanza el tiempo de fermentación, vamos a ver que esta empieza con un puntaje en taza adecuado, pero luego baja, esto sucede por incidencia de la temperatura del ambiente de fermentación. La tabla 5 y la tabla 7, así como los anexos 17, 19 y 20, donde nos detallan las temperaturas ambientales suscitadas en el momento de fermentación de las muestras a 1500 msnm, nos dan a ver que en las primeras 24 horas de fermentación, el porcentaje de humedad relativa de los días correspondientes eran altos y las temperaturas oscilaban entre los 17 °C y 20°C grados, inhibiendo la actividad de microorganismos responsables directos de la fermentación causando el retraso de fermentación pero, al llegar las 24 horas se ve que la temperatura ambiental sube a 24 °C grados, y se nota que a partir de esa temperatura la pila de fermentación incrementa su temperatura para lograr en este estudio sus máximos niveles de puntuación en taza a las 48 horas de fermentación con una temperatura de 35 °C en pila de fermentación.

A 1800 msnm las temperaturas ambientales son favorables para una buena y más rápida fermentación, que claramente se nota en el figura 5, puesto que para las 3 horas ya alcanzo el nivel máximo de puntuación en taza a una temperatura de 35 grados también según el anexo 21, 23 y 24.

4.3. RESULTADOS ALTITUD 2100

En el anexo 12, se observa en su fuente de variación bloque que no existe diferencia estadística significativa mientras que para variedad, frecuencia e interacción sí. Asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 0.75%.

Tabla 16. Efectos principales para las variables de estudio a altitud 2100

	F1	F2	F3	F4	V
V1	84.35	83.25	82.85	83.25	83.43 a
V2	81.95	81.6	80.3	82.4	81.56 b
F	83.15 a	82.43 b	81.58 c	82.83 ab	

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 16, se observa que existe diferencia estadística significativa entre las variedades en estudio, predominando la V1 (caturre amarillo) sobre la V2 (catimor). Para las frecuencias se observa que la F1 (12 horas de fermentación) y F4 (48 horas de fermentación) son estadísticamente iguales entre sí pero estadísticamente diferentes de la F3, la F2 y F3 son estadísticamente diferente entre si y del resto de frecuencias, la F4 es estadísticamente igual la F2.

Tabla 17. Efectos simples para el factor variedad dentro del factor frecuencia altitud 2100

	F1	F2	F3	F4
V1	84.35 a	83.25 a	82.85 a	83.25 a
V2	81.95 b	81.60 b	80.30 b	82.40 b

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 17, se observa que para todas las frecuencias o tiempos de fermentación existe diferencias estadísticas significativas entre las variedades, siendo la V1 (caturre amarillo) la que obtuvo el mejor puntaje de calidad de taza.

Tabla 18. Efectos simples para el factor frecuencia dentro del factor variedad a altitud 2100

	V1	V2
F1	84.35 a	81.95 a
F2	83.25 b	81.60 a
F4	83.25 b	82.40 a
F3	82.85 b	80.30 b

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 18, se observa que para la V1 la mejor frecuencia o tiempo de fermentación fue F1 y este mostro ser estadísticamente diferente del resto de frecuencias. Para la V2 los mejores tiempos de fermentación fueron F1, F2 y F4 siendo estadísticamente iguales entre sí pero estadísticamente diferentes a F3.

En los anexos 14 y 15, correspondiente a los ANVA de regresión lineal y cuadrática, se observa que solo existe diferencia estadista significativa para la función cuadrática, lo cual nos indica en la figura 8, que la curva tiene una tendencia de bajada y subida de igual extensión, observándose una buena calidad de taza disminuye conforme aumenta el tiempo de fermentación hasta 36 horas para luego experimentar un aumento en su calidad con la frecuencia de 48.

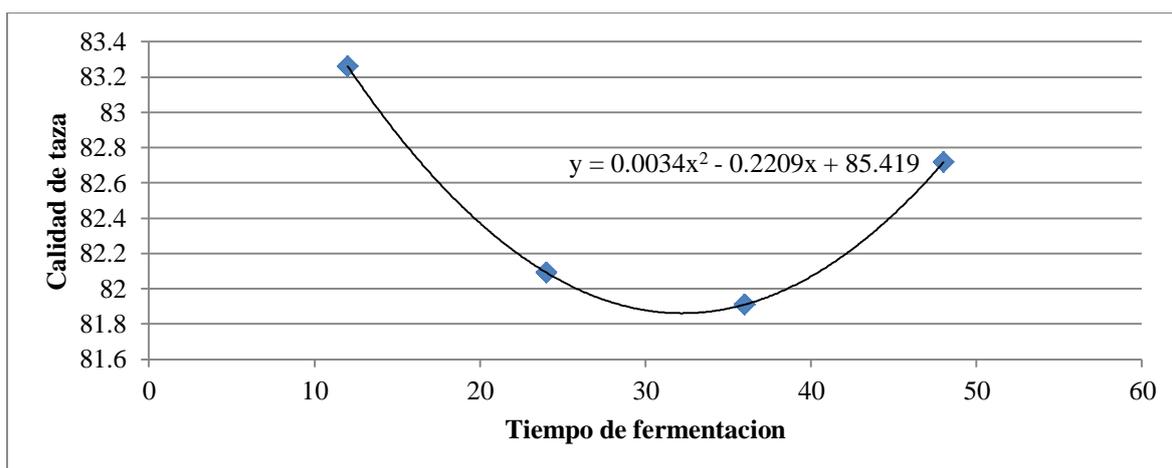


Figura 8. Distribución de la calidad sensorial de café a una altura de 2100 msnm conforme avanza el tiempo de fermentación

En la figura 8, nos detalla el comportamiento promedio de la calidad sensorial u calidad en taza de las muestras de café evaluadas por catadores de la cooperativa Sol&Café, donde nos describe que a un tiempo de fermentación F1 (12 horas de fermentación) la calidad en taza ha sido un promedio de 82.24, para luego disminuir hacia la F2 (24 horas de fermentación) y F3 (36 horas de fermentación), siendo la F3 el nivel más bajo con 81.9 de puntaje en catación, para luego subir para la F4 (48 horas de fermentación) a un puntaje de 82.74 en taza.

Los resultados obtenidos en esta altitud nos lo sigue corroborando Gamonal (2016), puesto que la variedad caturra amarillo a esta altitud sigue mostrando una mejor calidad en taza que la variedad catimor, a pesar que el proceso de fermentación no haya sido el óptimo, por condiciones ambientales.

Puerta y Ríos (2011) demostraron que la temperatura tiene efecto en la velocidad de las degradaciones del mucílago del café, este fundamento de Puerta y Ríos (2011) realza nuestros resultados puesto que si observamos la tabla 19 y 21, las temperaturas en la pila de fermentación son bajas lo que indica interacción de la temperatura ambiental, generando que los tiempos de fermentado no influyan mucho en la calidad de café.

Tabla 19. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V1 (Caturra amarillo) a una altitud de 2100

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T° Pila	18	20	19	18	18.5	18	18	18	20	20	20	19	19	19	20	20	20

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frente al tiempo V1 a una altitud de 2100

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	3.53921569	3.53921569	6.18857143	4.54	*
Residual	15	8.57843137	0.57189542			
Total	16	12.1176471				

R2	0.2920712
-----------	-----------

Fuente. Elaboración propia

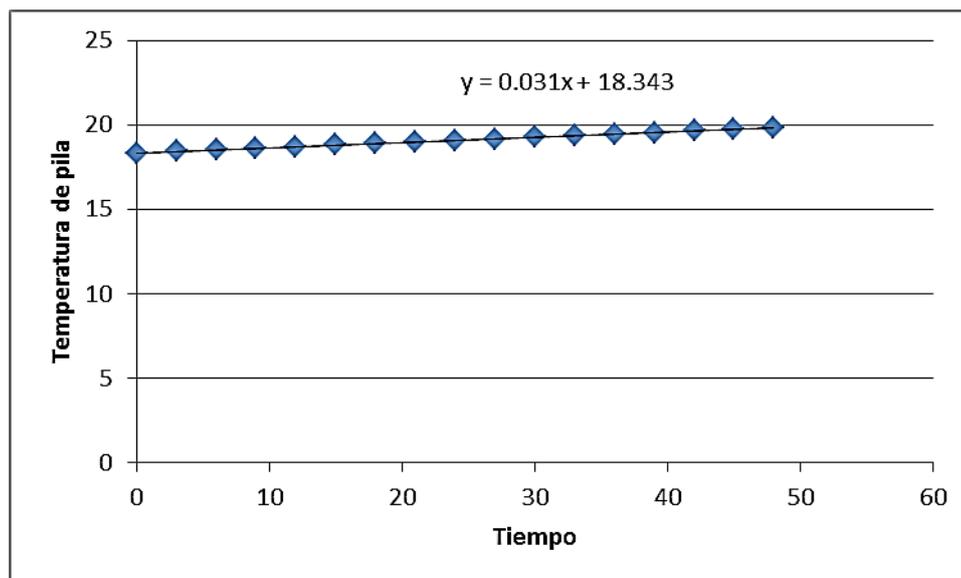


Figura 9. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 2100 Para V1

En la figura 9, la variedad 1 a los 2100 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.031 unidades en la temperatura.

Tabla 21. Variación de temperatura en pila de fermentación para la V2 (Catimor) a una altitud de 2100

Tiempo	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
T° Pila	17	19	18	18	17	17	17	18	19	20	20	20	19	19	19	21	20

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. ANVA de regresión para evaluar comportamiento de temperatura de pila de fermentación frente al tiempo V2 a una altitud de 2100

	G.L	SC	CM	FC	FT	Sig.
Regresion	1	13.4215686	13.4215686	16.6275304	4.54	*
Residual	15	12.1078431	0.80718954			
Total	16	25.5294118				

R2	0.52572965
-----------	------------

Fuente. Elaboración propia

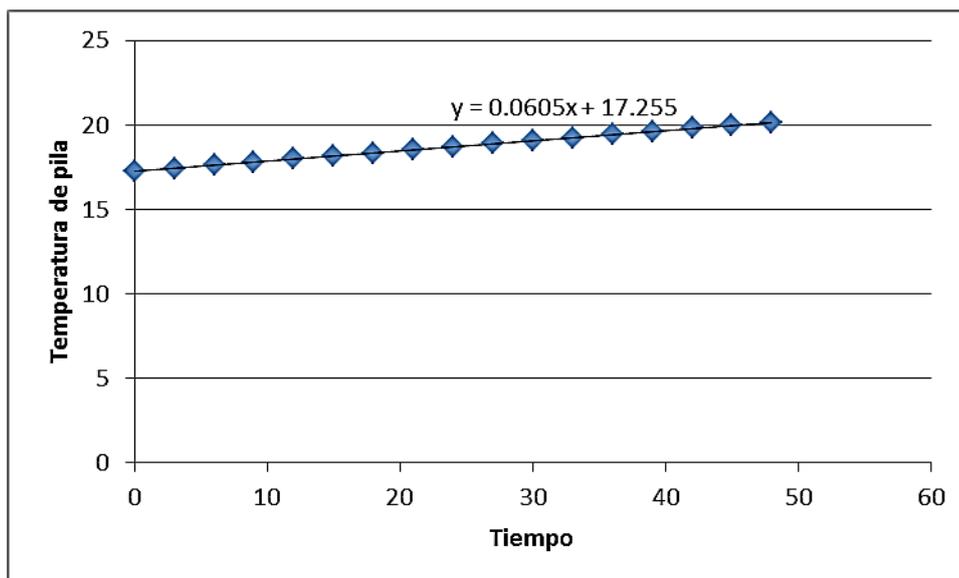


Figura 10. Variación de temperatura en la pila de fermentación a altitud de 2100 Para V2

En la figura 10, la variedad 2 a los 2100 msnm, se ha logrado determinar que por cada aumento de tiempo de fermentación en promedio de los datos analizados se producen un aumento de 0.0605 unidades en la temperatura.

En las figuras 9 y 10, nos narra el incremento en la pila de fermentación de V1 y V2 donde V1 inicia su temperatura de fermentación con 18 °C y V2 inicia con 17 °C, para llegar al final del proceso de fermentación que son las 48 horas, con una temperatura de 20 °C, teniendo una variación de 2 °C para V1 y de 3 °C para V2, siendo las variaciones más bajas de temperatura si se compara con las muestras de la altitud de 1500 msnm y 1800 msnm, lo que significa que el proceso de fermentación ha sido malo.

Puerta y Ríos (2011) siguen corroborando los resultados obtenidos ahora para este piso altitudinal, en la figura 9 y 10 se ve que la temperatura en la pila de fermentación de café de variedad V1 (catarra amarillo) y V2 (catarra), varía desde la hora 0 a la hora 48 en 3 °C, lo que produjo una fermentación demasiado lenta no adecuada. Para este piso altitudinal las condiciones de clima para el proceso de fermentación no son los adecuados puesto que como se ve en la tabla 19 y 21 en los anexos 25, 27 y 28, la humedad relativa llegó a un tope de 94 % las temperaturas ambientales oscilaron entre los 14 °C y los 18 °C incrementado la temperatura ambiental para la hora 45 a

23 °C generando que la pila de fermentación, para ambas variedades de café incremente de 17 °C a 20 °C y con esto incrementar la calidad puntaje en taza que había decaído.

Maldonado (2011) Analizando los tiempos de fermentación de los cafés y las temperaturas ambientales de los pisos altitudinales se determinó que a menor temperatura ambiental o entre más alto es el piso altitudinal de la finca cafetalera, el tiempo de fermentación del café despulpado va a ser mayor

4.4. ANALISIS COMBINADO

En el anexo 16, se presenta el ANVA para las tres altitudes evaluadas, en donde se observa que no existe diferencia estadística significativa entre las 3 altitudes evaluadas, Para las demás fuentes de variación si existe diferencia estadística significativa las cuales ya fueron discutidas previamente analizando individualmente para cada altura. El coeficiente de variabilidad fue de 0.85%.

Tabla 23. Duncan para altitudes

Localidad	Media	Sig
1500	82.79	a
2100	82.49	a
1800	82.41	a

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 23 se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan para las tres alturas evaluadas, donde se observa que no existe diferencia estadística significativa entre las alturas lo que nos indicaría que para cada altura existe una combinación óptima de tiempo de fermentación acorde a cada variedad.

Maldonado (2011) en su experiencia nos dice que, analizando los tiempos de fermentación de los cafés y las temperaturas ambientales de los pisos altitudinales se determinó que a menor temperatura ambiental o entre más alto es el piso altitudinal de la finca cafetalera, el tiempo de fermentación del café despulpado va a ser mayor, lo que recalca los resultados encontrados en estas pruebas Duncan, que nos dice que cada piso altitudinal estudiado tiene un determinado tiempo de fermentación.

Según Vaast (2005) citado por Lázaro Córdova (2012) existen diferencias entre la composición bioquímica del café entre regiones, debido a la altitud y esto conlleva a que ciertas características organolépticas se manifiestan con mayor intensidad conforme aumenta la altitud de procedencia de la muestra, esta afirmación tiene en cierto lugar afirma, que para cada piso altitudinal hay un tiempo específico de fermentación, por las composición bioquímica del café entre regiones.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolló esta investigación se concluye lo siguiente:

- El mejor tiempo de fermentación es de 36 horas para ambas variedades.
- En relación a la calidad de taza la mejor variedad de café es caturra amarillo
- A medida que aumentan los pisos altitudinales el tiempo óptimo de fermentación disminuye, a 1500 msnm el tiempo óptimo de fermentación fue de 48 horas, para el piso altitudinal de 1800 msnm el tipo óptimo de fermentación fue de 36 horas y para 2100 msnm el mejor tiempo de fermentación fue de 12 horas.
- A medida que aumenta los pisos altitudinales hasta 1800 msnm, hay un aumento significativo de la temperatura de pila, sin embargo a un piso altitudinal mayor se evidencia una disminución significativa de la temperatura de pila.
- El sistema agroforestal de la zona de estudio se caracteriza por estar asociado con árboles en cultivos permanentes, cercas vivas, de sombra y árboles en linderos los cuales están dentro de un sistema agrosilvicultural.

VI. RECOMENDACIONES

- En la asociación de Café con las especies forestales, se debe tener en cuenta el distanciamiento entre las mismas para asegurar una buena asociatividad.
- Realizar investigaciones relacionadas con otros métodos de fermentación, como por ejemplo utilizando los microorganismos eficientes o de montaña.
- Realizar investigaciones en temperatura de pila de fermentación óptimas, para una buena calidad organoléptica de café.
- Capacitar al agricultor en nuevas tecnologías, en cuanto, al manejo de los tiempos de fermentación; ya que la calidad en taza está garantizada en un rango de 10 a 16 horas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcázar, A., Jurado, J., Martín, M., Pablos, F., y González, A. (2005). Enzymatic spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans. *Talanta* In press.p. 760-766
- Altieri, M. (1997). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. 2da. edición. Lima, Perú. p. 512.
- Agrobanco. (2007). *Area de desarrollo del cultivo del café*. Recuperado de www.pdfactory.com.
- Agrobanco, (2012). *Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de café*. Recuperado de: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-c-cafe.pdf>
- Alvarado, M., y Rojas, G. (1998). *El cultivo y beneficiado del café*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 184.
- Anthony, F., Astorrga, C., y Berthaud, J. (1999). los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la agricultura latinoamericana. In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. *desafíos de la caficultura en centroamérica*. San Jose, CR, IICA. p. 369-406.
- Arias N. (2012). *Clima y suelo para el café*. Obtenido de *El Café*. Recuperado de: <http://cafecooludec.blogspot.com/2012/10/clima-y-suelo-para-el-cafe.html>
- Asociación Nacional del Café. (2014). Recuperado de: [http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Beneficiado Humedo _ Mucilago](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Beneficiado_Humedo_Mucilago). (Citado el : 18 de 11 de 2014).

- Ávila; Jiménez; Beer; Gómez; y Ibrahim. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 8 (30): p. 32-35.
- Bhagwat, S., Willis, K., Birks, H. y Whittaker, R. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* 23, p. 261-7. doi:10.1016/j.tree.2008.01.005
- Cague, R., Hube, A., y Gibson, D. (2002). Beyond the bean: redefining coffee quality. Quick reference guide to standards for sustainable production systems. Environment and natural resource management and agrobusiness practice networks. Washington: Chemonics International. p. 33.
- Carmona, P. (2003). Mejoramiento de rendimiento en el proceso de extracción de café de la empresa DECAFÉ S.A., Manizales. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. p. 5-28
- Caswell, M., Méndez, V., y Bacon, C. (2012). Food Security and Smallholder Coffee Production : Current Issues and Future Directions.
- Catie. (2001). Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Jiménez F., Muschler R., Kopsell E. Editores. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Modulo No. 06. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba Costa Rica. p. 194.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2001). Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: estudio de interacciones entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. *Agroforestería en las Américas*. 8 (29): p. 49-51.
- Clifford, M. (1985). Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In Clifford, M; Willson, K. Eds. *Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Great Britain. Croom Helm. p. 305-374
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2007). Protección, restauración y conservación de

- suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Tercera Edición. Zapopan, Jalisco, México. p. 298.
- Corral, R., y Duicela, L. (2004). Caficultura organica: Alternativa de desarrollo sostenible. COFENACGTZPROMSA. Manta, EC. p. 11.
- Córdova, N., y Guerrero, J. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño''. Pasto: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. p. 75-83
- De Melo. (2005). Evaluación de los sistemas agroforestales con café en fincas vinculadas al consorcio de cooperativas de caficultores de Guanacaste y Montes de Oro-COOCAFE: un aporte a la construcción de la sostenibilidad. CATIE. Costa Rica. p. 124.
- Delgado, P., y Jibaja, J. (2015). Efecto del tiempo del fermentado, tipo de secado y dos tipos de riego en la calidad de cafe (*Coffea arabica* L.) VAR. Catimor, en nivel altitudinal bajo, en el Centro Poblado Las Naranjas, Provincia de Jaén, Región Cajamarca . Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Escuela Profesional de Agronomía. p. 14-40
- Diaz, J., y Pardo, J. (2014). Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera. Escuela Colombiana de ingenieria Julio Garavito, p. 20-23.
- Duarte, Y. (2002). Caracterización física del café semitostado. Bogota D.C: . Fundación Universidad de América.
- Duicela, L. (2010). Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del cafe arábigo. Portoviejo. Consejo Cafetalero Nacional.
- Farfán, F. (2001). Producción de Café en Sistemas agroforestales (en línea). Colombia. Consultada 17 de agosto de 2013. Disponible: [http://www .cenicafe. org/ es/ documents/LibroSistemasProduccionCapitulo8.pdf](http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo8.pdf).
- Federación nacional de cafeteros y Centro nacional de investigaciones de café (2004). Cartilla 21 beneficio del café 2:secado. (En línea) disponible en:

http://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21._Secado_del_cafe.pdf. (Citado el: 4 de Mayo de 2014).

Fournier, L. (1981). Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 5(1/2): p. 141-147.

Gamonal L. (2016). Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (coffe arabica L.) Tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix*), En relación a dos pisos ecológicos de la provincias de lamas y rioja. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Martín, San Martin, Perú. p. 3

Giovanucci, D., y Koekoek F. (2003) 'The State of Sustainable Coffee: A Study of Twelve Major Markets,' London and Winnipeg: ICO and IISD.

Gomez, N., Barrera Bermeo, O., y Gutiérrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentacion sobre la calidad en taza del cafe (coffea arabica). *Revista Ingenieria y Región*, p. 111-116.

Gonzales, J., Sosa, W. (2015). "Efecto Del Tipo De Cosecha Y Tiempo De Fermentación, En La Calidad De Café En Taza, De 4 Variedades De Café (Coffea Arabica L.) En La Localidad De San Ignacio – Cajamarca". Tesis para Ing. Agrónomo. San Ignacio – Perú. p. 99

Guerra, L., Flores, F., Gonzales, O. (1996). Manejo de vivero y plantaciones forestales. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. p. 52.

Instituto Nacional de Desarrollo. (1985). *Sistemas agroforestales en la Amazonia Peruana*. Agosto D. T. N° 5. Lima, Perú. p. 212.

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) (2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café* 1a ed. Heredia Costa Rica. 2011: ICAFFE-CICAFFE. p. 72.

Jaramillo R. (2005). *Clima andino y café en Colombia*. Chinchiná, Cenicafé, 2005. p.196.

- Jespersen, L. y Masoud, W. (2006). Pectin degrading enzymes in yeasts involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa. *International Journal of Microbiology*. p. 291-296.
- Junta Nacional Del Café. (2015). Boletín técnico de la caficultura peruana. P. 20. Disponible en [HYPERLINK "http://www.juntadelcafe.org.pe"](http://www.juntadelcafe.org.pe) www.juntadelcafe.org.pe .
- Lara, L. (2005). Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arábica* L.) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera nor-central de Nicaragua. Turrialba – Costa Rica.
- Lázaro R. (2012). Caracterización organoléptica en taza del café orgánico (*Coffea arabica*) variedad caturra según altitud en Satipo. Tesis para optar el título profesional de ingeniero en ciencias agrarias. Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Perú.
- Instituto Del Café De Costa Rica (ICAFFE), (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café 1a ed. Heredia Costa Rica. 2011: ICAFFE-CICAFFE. p. 72.
- Leon, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. (3 ed.). San Jose, CR, IICA.
- Lingle R. (1985). *El manual de la preparación del café*, 1era Edición., SpecialtyCofee Association of America. p. 4.
- Maldonado B. (2011). Determinación del tiempo de fermentación del café pergamino, en tres diferentes pisos altitudinales y su influencia en la calidad de la taza, en el cantón Olmedo. Tesis para optar por título de Ingeniero en administración Producción Agraria. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. p. 3-30
- Ministerio de agricultura y riego. (2014). (En Línea) Revisado el 07 de Julio del 2017, Recuperado de: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2014/diciembre/lineamientos_politica_agraria-rm0709-2014-

minagri_opt.pdf.

Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR). (2005). Proyecto Forestal de Nicaragua (PROFOR); Banco Mundial (BM); y Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA). (2005). Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono. p.178.

Montagnini, F., Jordan, C. y Matta, R. (1992). Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José. Costa Rica. p. 622.

Natividad K. (2011). Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito Hermilio Valdizán-Leoncio Prado. Tesis para optar el título de Industrias Alimentarias. Universidad Agraria de la selva, Tingo María, Perú. p. 3-27

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2000). Manual técnico. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional-VIFINEX, con financiamiento de la república de china, Costa Rica.

Pesantes, J. (2014). Captura de carbono en sistemas agroforestales de fincas cafetaleras en el caserío Miraflores, San José de Lourdes, Perú. Lima, Perú: Universidad Alas Peruanas (UAP). p. 7-45.

Pezzopane, J; Simões, M; Martins de Souza, J; y Pezzopane, J. (2010). Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. *Ciencia Rural*, Santa Maria, 40 (6): p. 1257-1263

Philpott, S., Arendt, W., Armbrecht, I., Bichier, P., Diestch, T., Gordon, C., Greenberg, R., Perfecto, I., Reynoso, R., Soto, L., Tejeda, C., Williams, G., Valenzuela, J., y Zolotoff, J.. (2008). Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conserv. Biol.* 22, p. 1093–1105. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x

- Ponte, S. (2003) “Estándares, Comercio y Equidad,” Ensayos de Economía Cafetera, No.19, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia: Bogotá, Colombia.
- Ponte, S. (2004) “Standards and Sustainability in the Coffee Sector: A Global Value Chain Approach,” International Institute for Sustainable Development (IISD) and UNCTAD: Winnipeg and Geneva.
- Peña, N., Barrera, O., Gutiérrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café (coffea arabica). Colombia. p. 111-116
- Puerta Q. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café Chinchina: Cenicafe. p. 12.
- Puerta Q. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación de café. Chinchina: Cenicafe. p. 12.
- Puerta, G. I., y Echeverry, J. G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad . Cenicafé. p. 12.
- Quispe M. (2011). Determinación comparativa de perfiles de taza en tres pisos altitudinales de café arábigo (Coffea arábigo) en la cuenca del río Tambopata-Sandia. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. P . 3-45
- Ramirez, L. (2010). Separatas de Cultivos Tropicales. Edición Facultad de Agronomía, UNPRG, Lambayeque-Perú. p. 70.
- Rojas O. (1987). Zonificación agroecológica para el cultivo de café en Costa Rica. San José, Costa Rica. IICA 1987. p.83.
- SAS. Institute. (1985). SAS USER'S GUIDE: Statistics. 5th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Shankaranarayana, M., y Abraham, K. (1986). Evaluation of Coffee Quality Using Chemical and Instrumental Methods. Journal of Coffee Research. p. 14-22.

- Sotomayor, I., y Duicela, L. (1993). Botánica. In. Manual del cultivo del café. Quevedo, EC.: INIAP, Fundagro y GTZ.
- Soto, P. (2000). Evaluación técnica-económica de los sistemas agroforestales en el distrito de José Crespo y Castillo (Periodo 1990 - 1996). Tesis Lic. Economía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo, Perú. p.125.
- SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Cupping Protocols [online]. (2015). Disponible: <http://www.scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols> [citado 2 de octubre de 2015].
- Taguchi, H., Sakaguchi, M. & Shimabayashi, Y. (1985). Trigonelline content in coffee beans and thermal conversion of trigonelline into nicotinic acid during the roasting of coffee beans. *Agricultural and Biological Chemistry*. p. 3467-3471.
- Vaast, P., Cilas, C., Perriot, J., Davrieux, J., Guyot, B. & Bolaños, M. (2005). Mapping of Coffee Quality in Nicaragua According to Regions. Ecological Conditions and Farm Management. In ASIC Conference. Bangalore, India.
- Vilca O. (2014). Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (*Coffea arábica* L.) DEL VALLE DE INAMBARI – SANDIA. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. p. 3-40
- Yalta, H. (2003). Identificación y rentabilidad de sistemas agroforestales asociados a cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva, TINGO MARÍA, Perú. p. 3-40
- Zamora, L. (1998). Manual de recomendaciones para el cultivo de café. San José: CR. ICAFE. p. 194.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 1500

Muestra	VARIEDAD Y TIEMPO FERMENTACION	catador 1	catador 2	catador 3	catador 4	catador 5	PROMEDIO
1	Catimor 12 hrs	84	83.75	83.5	83.75	84.5	83.75
2	Caturra amarillo 12 hrs	81	82	82.5	82.75	81.5	82.06
3	Pache 12 hrs	82	81.5	81.5	80.75	83	81.75
4	Catimor 24 hrs	81	83	81.5	81.25	82	81.69
5	Caturra amarillo 24 hrs	81.5	81.5	81.5	82.25	81.25	81.69
6	Pache 24 hrs	81	82.5	80	81.5	82.25	81.45
7	Catimor 36 hrs	83.5	84.25	84	83.75	83	83.88
8	Caturra amarillo 36 hrs	82.5	82.25	83	82.25	83.5	82.50
9	Pache 36 hrs	82	81.5	82.25	81	81.5	81.65
10	Catimor 48 hrs	82.5	84.25	84.5	84.5	83.75	83.94
11	Caturra amarillo 48 hrs	81.5	83.75	84	84	81	83.31
12	Pache 48 hrs	82.5	82.75	83.5	83	82.75	82.90

Fuente. Elaboración propia

Anexo 2. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 1800

Muestra	VARIEDAD Y TIEMPO FERMENTACION	Catador 1	Catador 2	Catador 3	Catador 4	Catador 5	PROMED IO
1	Catimor 12 hrs	80	80.75	80.75	81.5	80	80.6
2	Caturra amarillo 12 hrs	82.25	83.25	83	83.5	81.5	82.7
3	Pache 12 hrs	81.5	81.5	82	80.25	82.75	81.6
4	Catimor 24 hrs	80.75	80.25	80.5	80.5	81	80.6
5	Caturra amarillo 24 hrs	83.25	83.5	84.75	84.5	82.5	83.7
6	Pache 24 hrs	82	81	80.75	83	82.25	81.8
7	Catimor 36 hrs	83	80.75	82	82.25	82.5	82.1
8	Caturra amarillo 36 hrs	84.75	84.25	86.75	87	85	85.55
9	Pache 36 hrs	83	82	82.5	81	81	82
10	Catimor 48 hrs	83	81.25	81.75	82	82.5	82.1
11	Caturra amarillo 48 hrs	82.5	81.25	81.5	81.5	82.75	81.9
12	Pache 48 hrs	82	81	81.25	82	81	81.45

Fuente. Elaboración propia

Anexo 3. Resultados de catación de muestras de café del piso altitudinal 2100

Muestra	Variedad y tiempo de fermentación	catador 1	catador 2	catador 3	catador 4	catador 5	PROMEDIO
1	Catimor 12 hrs	81.75	82	81.5	82.5	82	81.95
2	Catimor 24 hrs	82.25	81.75	81	81.5	81.5	81.60
3	Catimor 36 hrs	80.25	80.5	80	80.25	80.5	80.30
4	Catimor 48 hrs	82.25	82.25	82.5	82.75	82.25	82.40
5	Caturra amarillo 12 hrs	84	83.5	85	84.75	84.5	84.35
6	Caturra amarillo 24 hrs	84.5	82.75	82.75	83	83.25	83.25
7	Caturra amarillo 36 hrs	82	82.25	83	83	83	82.65
8	Caturra amarillo 48 hrs	82.5	82	84.75	83.5	83.5	83.25

Fuente. Elaboración propia

Anexo 4. Análisis de varianza de altitud 1500 msnm

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig	Pr > F
Bloque	4.00	5.24	1.31	2.61	2.71	N.S	0.0571
V	1.00	10.76	10.76	21.40	4.20	*	<.0001
F	3.00	17.72	5.91	11.74	2.95	*	<.0001
V*F	3.00	4.05	1.35	2.69	2.95	N.S	0.0656
Error exp.	28.00	14.08	0.50				
Total	39.00	51.86					

CV	0.85653287
-----------	------------

Fuente. Elaboración propia

Anexo 5. Función polinómica altitud 1500

Contraste	G.L	S.C	C.M	F.C	P.Value	F.T	Sig
Lineal	1.00	4.14	4.14	8.23	0.0078	4.20	N.S
Cuadrática	1.00	5.08	5.08	10.10	0.0036	4.20	*
Cúbica	1.00	8.51	8.51	16.92	0.0003	4.20	*
Error Exp.	28	14.08	0.50				

Fuente. Elaboración propia

Anexo 6. ANVA Regresión Función Lineal altitud 1500

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	1	4.13	4.13	3.28807878	0.0776		N.S
Residual	38	47.73	1.25605263				
Total	39	51.86					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 7. ANVA Regresión Función Cuadrática altitud 1500

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	2	9.21	4.605	3.99495897	0.0269		*
Residual	37	42.65	1.1527027				
Total	39	51.86					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 8. ANVA para altitud 1800

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig	Pr > F
Bloque	4.00	4.20	1.05	1.79	2.71	N.S	0.1591
V	1.00	44.63	44.63	75.97	4.20	*	<.0001
F	3.00	28.15	9.38	15.98	2.95	*	<.0001
V*F	3.00	20.28	6.76	11.51	2.95	*	<.0001
Error exp.	28.00	16.45	0.59				
Total	39.00	113.71					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 9. Función polinómica altitud 1800

Contraste	G.L	S.C	C.M	F.C	P.Value	F.T	Sig
Lineal	1.00	3.71	3.71	6.32	0.0078	4.20	*
Cuadratica	1.00	13.51	13.51	23.00	0.0036	4.20	*
Cubica	1.00	10.93	10.93	18.61	0.0003	4.20	*
Error Exp.	28	16.45	0.59				

Fuente. Elaboración propia

Anexo 10. Regresión Función Lineal a altitud 1800

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	1	3.71	3.71	1.29220898	0.2645		N.S
Residual	38	109.1	2.87105263				
Total	39	113.71					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 11. ANVA Regresión Función Cuadrática a altitud 1800

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	2	17.23	8.615	3.30384536	0.0269	0.0479	*
Residual	37	96.48	2.60756757				
Total	39	113.71					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 12. ANVA para altitud 2100

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig	Pr > F
Bloque	4.00	1.66	0.42	1.10	2.71	N.S	0.3775
V	1.00	34.69	34.69	91.52	4.20	*	<.0001
F	3.00	13.89	4.63	12.22	2.95	*	<.0001
V*F	3.00	4.58	1.53	4.03	2.95	*	0.0168
Error exp.	28.00	10.61	0.38				
Total	39.00	65.44					

CV	0.74629201
-----------	------------

Fuente. Elaboración propia

Anexo 13. Función polinómica altitud 2100

Contraste	G.L	S.C	C.M	F.C	P.Value	F.T	Sig
Lineal	1.00	1.67	1.67	4.41	0.0452	4.20	*
Cuadratica	1.00	9.75	9.75	25.72	<.0001	4.20	*
Cubica	1.00	2.48	2.48	6.54	0.0163	4.20	*
Error Exp.	28	10.61	0.38				

Fuente. Elaboración propia

Anexo 14. Regresión Función Lineal a altitud 2100

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	1	1.67	1.67	0.99513878	0.3255		N.S
Residual	38	63.77	1.67815789				
Total	39	65.44					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 15. ANVA Regresión Función Cuadrática altitud 2100

	G.L	SC	CM	FC	P.Value	F.T	Sig
Regresion	2	11.42	5.71	3.9109589	0.0269	0.0288	*
Residual	37	54.02	1.46				
Total	39	65.44					

Fuente. Elaboración propia

Anexo 16. Análisis combinado para comparación de medias

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig
Localidad	2	3.30	1.65	1.78	3.89	N.S
Bloque (Localidad)	12	11.11	0.93	1.89	1.87	*
V	1	28.76	28.76	58.72	3.96	*
F	3	10.54	3.51	7.17	2.71	*
V*F	3	15.26	5.09	10.39	2.71	*
Loc *V	2	61.32	30.66	62.60	3.11	*
Loc*F	6	49.22	8.20	16.75	2.21	*
Loc*V*F	6	13.66	2.28	4.65	2.21	*
Error exp.	84	41.14	0.49			
Total	119	234.31				
C.V				0.85		

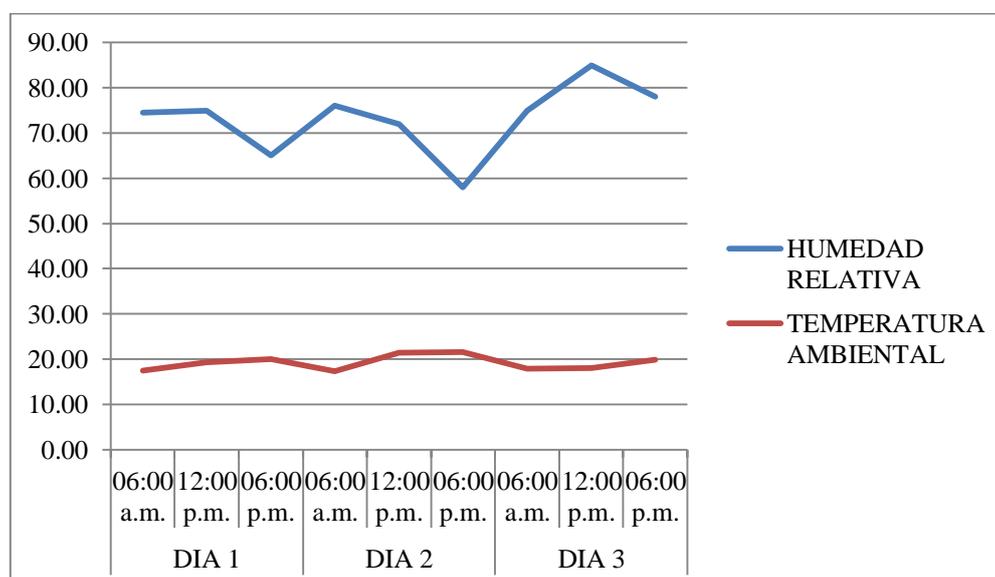
Fuente. Elaboración propia

Anexo 17. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1500 msnm.

DIAS	HORA DE MEDIDA	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA AMBIENTAL
DIA 1	06:00 a.m.	74.50	17.4
	12:00 p.m.	75.00	19.3
	06:00 p.m.	65.00	20
DIA 2	06:00 a.m.	76.00	17.3
	12:00 p.m.	72.00	21.4
	06:00 p.m.	58.00	21.5
DIA 3	06:00 a.m.	75.00	17.9
	12:00 p.m.	85.00	18.1
	06:00 p.m.	78.00	19.8

Fuente. Elaboración propia

Anexo 18. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1500 msnm.



Anexo 19. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1500 msnm

DIAS	HORA DE 1MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA EN PILA DE FERMENTACION EN V1
DIA 1	0 horas	22.8	22
	3 horas	19.5	23
	6 horas	18.2	23
	9 horas	17.2	23
	12 horas	17.6	22
	15 horas	17.5	23
DIA 2	18 horas	20.5	24
	21 horas	21.6	23
	24 horas	24.1	24
	27 horas	20.2	25
	30 horas	19	26
	33 horas	18.2	26
	36 horas	17.9	28
DIA 3	39 horas	18.1	30
	42 horas	18.4	31.5
	45 horas	18.8	34
	48 horas	20	35

Fuente. Elaboración propia

Anexo 20. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1500 msnm

DIAS	HORA DE MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA EN PILA DE FERMENTACION EN V2
DIA 1	0 horas	22.8	24
	3 horas	19.5	21
	6 horas	18.2	22
	9 horas	17.2	22
	12 horas	17.6	22
DIA 2	15 horas	17.5	24
	18 horas	20.5	23
	21 horas	21.6	24
	24 horas	24.1	25
	27 horas	20.2	25
	30 horas	19	26
	33 horas	18.2	27
DIA 3	36 horas	17.9	28
	39 horas	18.1	29
	42 horas	18.4	32
	45 horas	18.8	33
	48 horas	20	35

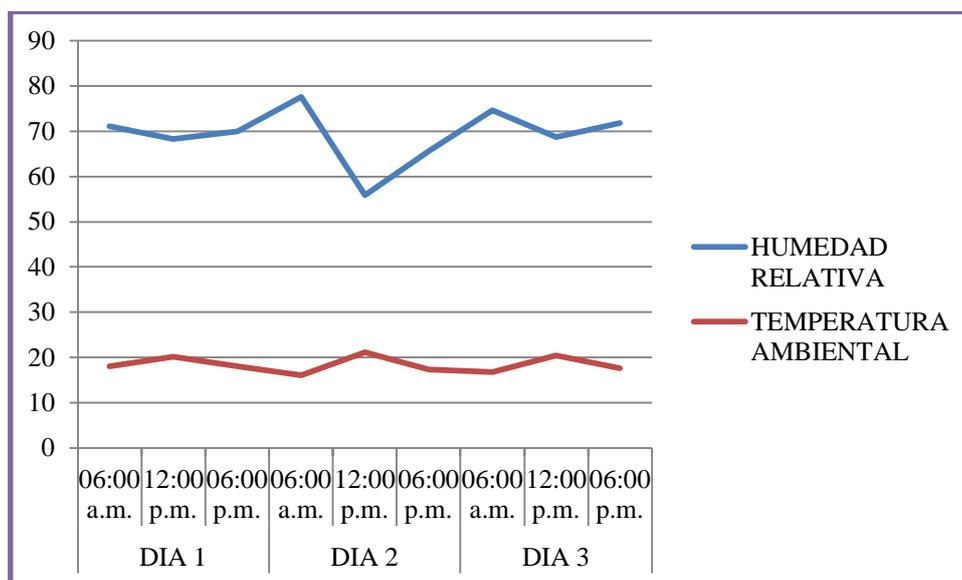
Fuente. Elaboración propia

Anexo 21. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1800 msnm.

DIAS	HORA DE MEDIDA	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA AMBIENTAL
DIA 1	06:00 a.m.	71.1	18.1
	12:00 p.m.	68.3	20.2
	06:00 p.m.	70.06	18.1
DIA 2	06:00 a.m.	77.6	16.1
	12:00 p.m.	55.9	21.2
	06:00 p.m.	65.6	17.3
DIA 3	06:00 a.m.	74.6	16.8
	12:00 p.m.	68.7	20.5
	06:00 p.m.	71.9	17.6

Fuente. Elaboración propia

Anexo 22. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 1800 msnm.



Anexo 23. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V 1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1800 msnm

DIAS	HORA DE MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA EN PILA DE FERMENTACION EN V1 (°C)
DIA 1	0 horas	18.1	23
	3 horas	17.6	25
	6 horas	17	25
	9 horas	15.8	26.5
	12 horas	16.1	28
DIA 2	15 horas	20.8	28
	18 horas	21.2	30
	21 horas	24.8	34
	24 horas	17.3	34
	27 horas	17.4	34
	30 horas	16.6	34.2
	33 horas	15.8	35
	36 horas	16.8	35
DIA 3	39 horas	18.6	42
	42 horas	20.5	44
	45 horas	26	43
	48 horas	17.6	43

Fuente. Elaboración propia

Anexo 24. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V 2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 1800 msnm

DIAS	HORA DE MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMERTAURA EN PILA DE FERMENTACION EN V2 (°C)
DIA 1	0 horas	18.1	24
	3 horas	17.6	24
	6 horas	17	25
	9 horas	15.8	26
	12 horas	16.1	28
DIA 2	15 horas	20.8	27
	18 horas	21.2	29
	21 horas	24.8	33
	24 horas	17.3	34
	27 horas	17.4	33
	30 horas	16.6	34
	33 horas	15.8	34
	36 horas	16.8	35
DIA 3	39 horas	18.6	40
	42 horas	20.5	44
	45 horas	26	43
	48 horas	17.6	43

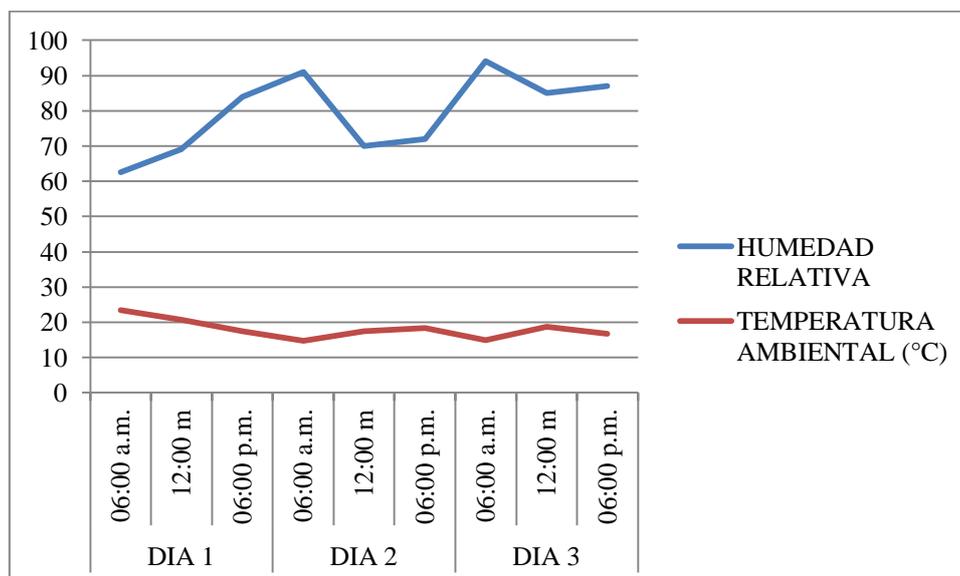
Fuente. Elaboración propia

Anexo 25. Temperatura ambiental y humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 2100 msnm.

DIA	HORA DE MEDIDA	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
DIA 1	06:00 a.m.	62.5	23.5
	12:00 m	69	20.7
	06:00 p.m.	84	17.5
DIA 2	06:00 a.m.	91	14.8
	12:00 m	70	17.5
	06:00 p.m.	72	18.3
DIA 3	06:00 a.m.	94	14.9
	12:00 m	85	18.8
	06:00 p.m.	87	16.8

Fuente. Elaboración propia

Anexo 26. Comportamiento de temperatura ambiental frente a la humedad relativa durante el proceso de fermentación a la altitud de 2100 msnm.



Anexo 27. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V1 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 2100 msnm

DIAS	HORA DE MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA EN PILA DE FERMENTACION EN V1 (°C)
DIA 1	0 horas	17.5	18
	3 horas	15.9	20
	6 horas	15.2	19
	9 horas	15.2	18
	12 horas	14.8	18.5
DIA 2	15 horas	17.6	18
	18 horas	17.5	18
	21 horas	23	18
	24 horas	18.3	20
	27 horas	16.3	20
	30 horas	15.8	20
	33 horas	15	19
	36 horas	14.9	19
DIA3	39 horas	16.4	19
	42 horas	18.8	20
	45 horas	23.7	20
	48 horas	17.9	20

Fuente. Elaboración propia

Anexo 28. Comportamiento de temperatura en pila de fermentación de V2 frente a la temperatura ambiental durante el proceso de fermentación de café a una la altura de 2100 msnm

DIAS	HORA DE MEDIDA	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	TEMPERATURA EN PILA DE FERMENTACION EN V2 (°C)
DIA1	0 horas	17.5	17
	3 horas	15.9	19
	6 horas	15.2	18
	9 horas	15.2	18
	12 horas	14.8	17
DIA2	15 horas	17.6	17
	18 horas	17.5	17
	21 horas	23	18
	24 horas	18.3	19
	27 horas	16.3	20
	30 horas	15.8	20
	33 horas	15	20
DIA3	36 horas	14.9	19
	39 horas	16.4	19
	42 horas	18.8	19
	45 horas	23.7	21
	48 horas	17.9	20

Fuente. Elaboración propia

Anexo 29. Panel fotográfico



Foto 1: Cosecha selectiva de muestras de café de parcelas agroforestales



Foto 2: Despulpado de muestras de café de parcelas agroforestales



Foto 3: Fermentación controlada de muestras de café

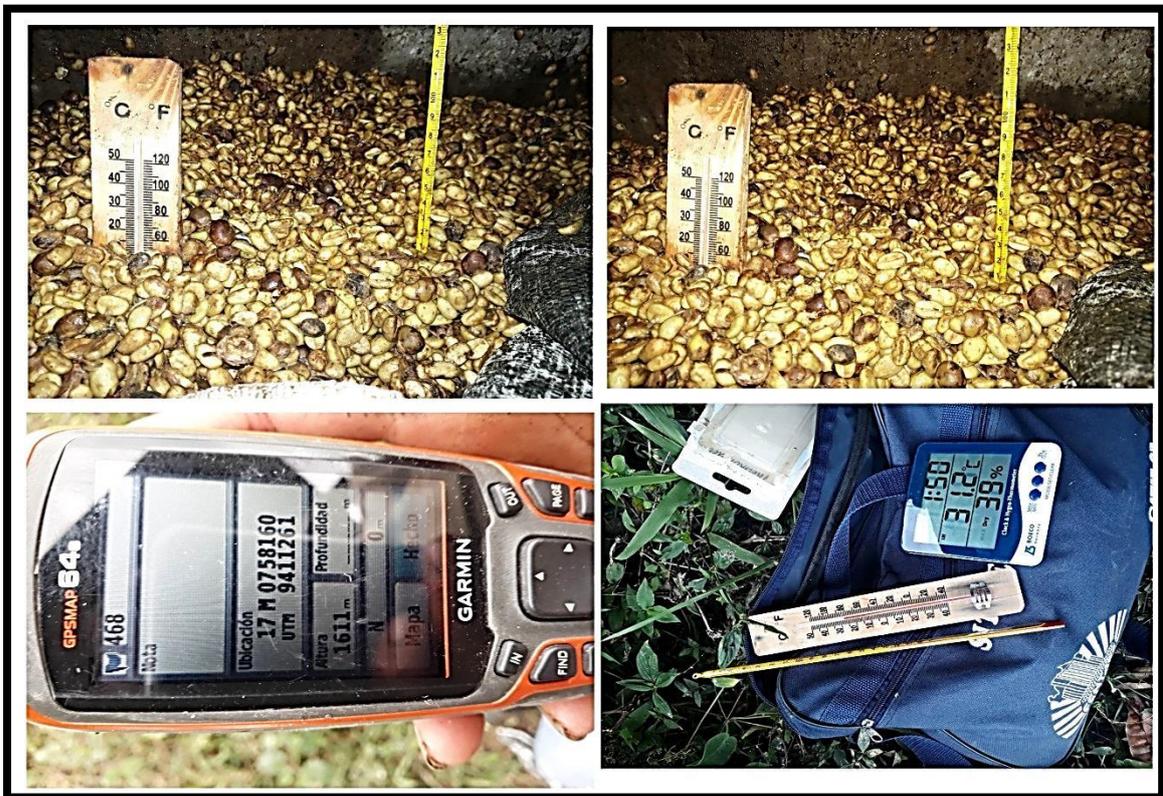


Foto 4: Materiales y equipos de medición de temperatura y de georreferenciación



Foto 5: Trillado, medición de humedad y selección física de café descartable



Foto 6: Catación de muestras de café



Foto 7: Presencia de *Inga spp* en parcelas agroforestales

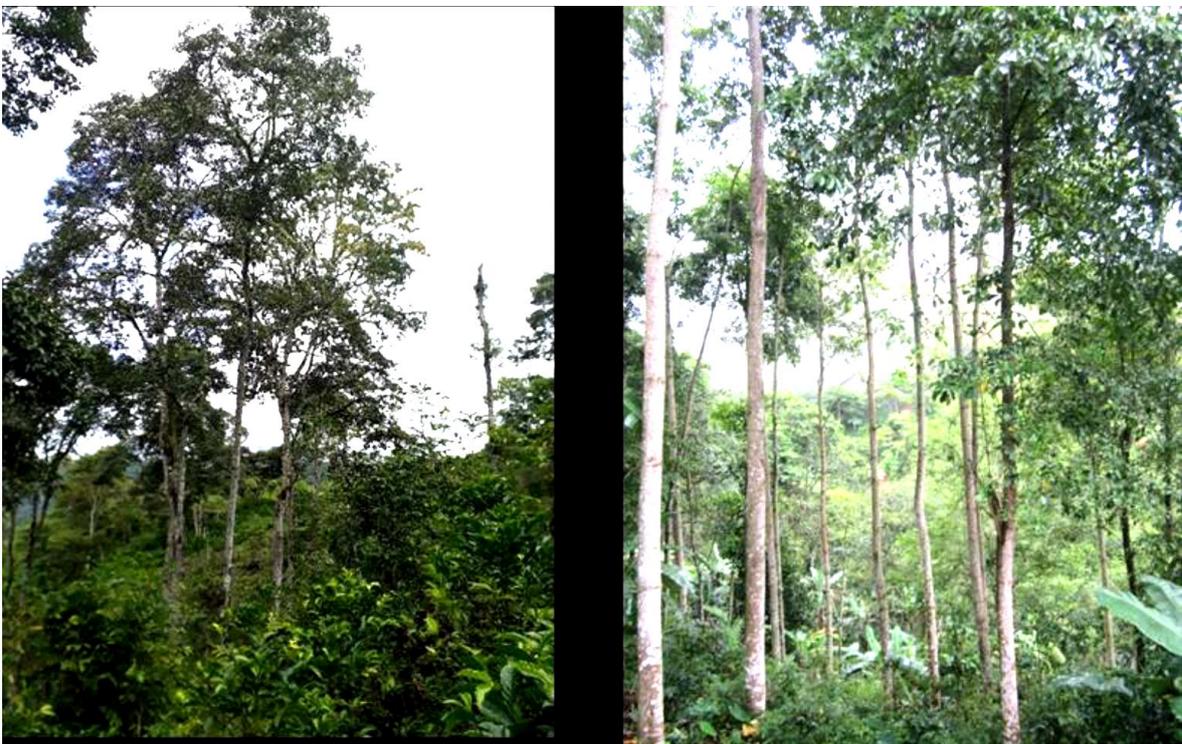


Foto 8: Presencia de *Cordia alliodora* en parcela agroforestal



Foto 9: Presencia de *Cedrela odorata* en parcelas agroforestales



Foto 10: Parcela de café formando un sistema agroforestal, asociada con *Eucalyptus saligna*



Foto 11: Parcela de café formando un sistema agroforestal, asociada con romerillo macho (*Retrophyllum rospigliosii*)

Anexo 30. Formato usado por los catadores para dar puntaje a las muestras



Asociación de cafés especiales de América - Formulario de catación

Nombre: _____ Fecha: _____ Sección: _____ Entoque: _____

Clasificación	
6.00 Bueno	7.00 Muy Bueno
8.00 Excelente	8.00 Extraordinario
8.25	8.25
8.50	8.50
8.75	8.75



Sol & Café
Cooperativa de producciones

Muestra #	Nivel de Tueste	Fragor/olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Balanza	Tara Limpia	Defectos	Puntaje del catador	Suma Total
Muestra #	Nivel de Tueste	Fragor/olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Balanza	Tara Limpia	Defectos	Puntaje del catador	Suma Total
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
Notas:										
Muestra #	Nivel de Tueste	Fragor/olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Balanza	Tara Limpia	Defectos	Puntaje del catador	Suma Total
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
Notas:										
Muestra #	Nivel de Tueste	Fragor/olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Balanza	Tara Limpia	Defectos	Puntaje del catador	Suma Total
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
		Total		Total		Total		Total		
Notas:										