



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA



ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

**Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación,
en la calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) Cultivar
Catimor – San Ignacio.**

INVESTIGADOR:

Bach. Esdras Calle García

ASESOR:

Mg.Sc. Rodil Leodán Córdova Núñez

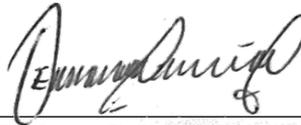
LAMBAYEQUE – PERÚ
2023

TESIS

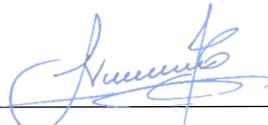
Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación, en la calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) Cultivar Catimor – San Ignacio.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



Esdras Calle García
Autor

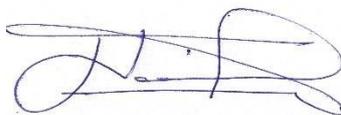


Ing. Mg.Sc. Rodil Leodán Córdova Núñez
Asesor

APROBADO POR:



Dr. Nieto Delgado, Wilfredo
Presidente del jurado



Dr. Neciosup Gallardo, José Avercio
Secretario del jurado



Ing. M. Sc. Ramírez Lucero, Ysaac
Vocal

Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación, en la calidad física y organoléptica del café (Coffea arabica L.) Var. Catimor – San Ignacio.

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | | |
|---|--|---|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante |  Ing. Mg. Sc. Rodil Leodán Córdova Núñez Asesor | 7% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | | 5% |
| 3 | repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet | | 1% |
| 4 | repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet | | <1% |
| 5 | andina.com.pe Fuente de Internet | | <1% |
| 6 | dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet | | <1% |
| 7 | www.slideshare.net Fuente de Internet | | <1% |
| 8 | repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet | | <1% |

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

RODIL LEODÁN CÓRDOVA NÚÑEZ, asesor del trabajo de investigación titulado:

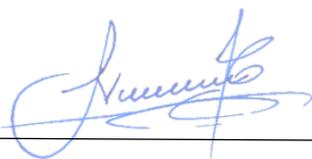
“Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación en la calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) Cultivar Catimor – San Ignacio”

presentado por el bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía:

ESDRAS CALLE GARCIA

Confirma que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin, que convierte al trabajo aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

Lambayeque, 20 de diciembre del 2023.



Ing. Mg.Sc. Córdova Núñez, Rodil Leodán

Asesor



Bach. Esdras Calle García

Autor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 020-2023-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los veintisiete días del mes de noviembre del año dos mil veintitrés, siendo las once de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros de Jurado evaluador de la tesis titulada: "Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación, en la calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) Cultivar Catimor, San Ignacio", designados por Decreto N°038-2022-VIRTUAL-D-FAG del 22 de febrero del 2022, con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Ing. Dr. Wilfredo Nieto Delgado

Ing. Dr. José Avercio Neciosup Gallardo

Ing. M. Sc. Ysaac Ramírez Lucero

Ing. Rodil Leodán Córdova Núñez

Presidente

Secretario

Vocal

Patrocinador

El acto de Sustentación fue autorizado por RESOLUCIÓN N° 210-2023-D-FAG, con fecha 23 de noviembre del 2023.

La tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller **CALLE GARCIA ESDRAS**, tuvo una duración.....⁷⁰70 de minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de ~~18~~¹⁶16 en la escala vigesimal, con mención

MUY BUENO

Por lo que queda **APTO** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y el Art. 46° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las ^{12:30}....., se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.

Ing. Dr. Wilfredo Nieto Delgado
Presidente

Ing. Dr. José Avercio Neciosup Gallardo
Secretario

Ing. M. Sc. Ysaac Ramírez Lucero
Vocal

Ing. Rodil Leodán Córdova Núñez
Patrocinador

DEDICATORIA

A Dios

*Por cuidarme en cada momento, ser mi guiador
en cada instante y ser quien me acompañó a
realizar el trabajo de investigación.*

A mis amados padres:

Yórinzon Calle Brito y Darmalina Garcia Córdova.

*Por su invaluable sacrificio y creer siempre en mi
por salir adelante y ser un buen profesional en el
servicio de la sociedad.*

A mis queridos hermanos:

Wilian, Josías, Mavet y Delia.

*Por su constante apoyo, motivarme para
luchar mis metas y permitirme compartir
alegrías y momentos de felicidad.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios; por darnos la vida, el bienestar y por permitirme llevar a cabo la investigación.

A mis padres y familiares, por el apoyo incondicional y consejos para crecer como persona.

Al Ing. Mg.Sc. Rodil Leodán Córdova Núñez, por su asesoría y valioso apoyo durante el proceso de ejecución del trabajo de investigación.

A Josías Calle Garcia, por el apoyo brindado amablemente al cederme un espacio de su parcela para llevar a cabo la investigación.

A Verliza y Ulises, catadores de la Cooperativa Agraria Cafetalera APROCASSI; por su tiempo, dedicación e interés de apoyar en la investigación para mejorar la calidad del café.

A los miembros del jurado, que han contribuido con sus recomendaciones y sugerencias que ayudaron a mejorar el trabajo de tesis.

A los maestros de la Facultad de Agronomía, que han compartido sus conocimientos, consejos y valores para contribuir a mi formación profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Finca “La Chorrera”, que se encuentra ubicada en el C.P. Calabozo, Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio – Región Cajamarca, a una altitud de 1620 m.s.n.m.; tiene como objetivo general determinar que concentración de mezclas solubles de nutrientes, suministrado vía foliar y que tiempo de fermentación, son los adecuados para mejorar la calidad física y organoléptica en el cultivo de café Cultivar Catimor, en las condiciones del medio en estudio. Se realizó un diseño experimental estadístico de Bloques Completamente al Azar (BCA) con 4 repeticiones y 5 tratamientos incluyendo al testigo, y en poscosecha 3 tiempos de fermentación (12, 18 y 24 horas respectivamente). Según los resultados obtenidos, la aplicación de nutrientes suministrado vía foliar en el cultivo de café, tuvo un efecto estadísticamente significativo en los indicadores de longitud y ancho del fruto, grados brix, calidad física (rendimiento exportable) y organoléptica (taza). La concentración óptima para la exportación de café Cultivar Catimor fue de 3% y 4% con lo que se obtuvo un 78.01% y 78.47% en rendimiento exportable; en taza, la concentración de mayor eficiencia obtenida fue de 3% obteniéndose 84.21 puntos en taza. En el proceso de fermentación, el tiempo adecuado fue de 18 horas y la concentración del 3%, obteniendo 85 puntos en taza; superando a los tiempos de 12 y 24 horas de fermentación, logrando un beneficio máximo de 24753 soles/ha, con un índice de rentabilidad del 2.98.

Palabras clave: Catimor, tiempos de fermentación, concentraciones, grados brix, taza.

ABSTRACT

Influence of foliar application of nutrients and fermentation times, on the physical and organoleptic quality of coffee (*Coffea arabica L.*) Cultivar Catimor – San Ignacio.

This research work was carried out at the "La Chorrera", is located at 1620 m.s.n.m from C.P. Calabozo, in the District San José de Lourdes, Province of San Ignacio – Department of Cajamarca; The general objective of which is to determine what concentration of nutrient mixtures supplied via the foliar route and what fermentation time are adequate to improve the physical and organoleptic quality in the Cultivar Catimor coffee crop, under the conditions of the environment under study. A statistical experimental design of Completely Randomized Blocks (BCA) was carried out with 4 repetitions and 5 treatments including the control, and in post-harvest 3 fermentation times (12, 18 and 24 hours respectively). According to the results obtained, the application of nutrients supplied via the foliar route in coffee cultivation had a statistically significant effect on the indicators of fruit length and width, brix degrees, physical quality (exportable yield) and organoleptic quality (cup). The optimal concentration for the export of Cultivar Catimor coffee was 3% and 4%, resulting in 78.01% and 78.47% in exportable yield; In cup, the highest efficiency concentration obtained was 3%, obtaining 84.21 points in cup. In the fermentation process, the appropriate time was 18 hours and the concentration was 3%, obtaining 85 points in the cup; surpassing the times of 12 and 24 hours of fermentation, achieving a maximum benefit of 24,753 soles/ha, with a profitability index of 2.98.

Keywords: Catimor, fermentation times, concentrations, brix degrees, cup.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo general..... | 2 |
| Objetivos específicos: | 3 |
| Hipótesis nula | 3 |
| Hipótesis alterna | 3 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 4 |
| 2.2. BASE TEÓRICA | 7 |
| 2.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CAFÉ | 7 |
| 2.2.2. CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DEL CULTIVO DE CAFÉ | 7 |
| 2.2.3. PRINCIPALES ZONAS DE PRODUCCIÓN..... | 9 |
| 2.2.4. CAFÉ CATIMOR | 9 |
| 2.2.5. FENOLOGÍA DEL CAFÉ | 10 |
| 2.2.6. COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ..... | 11 |
| 2.2.7. ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ | 15 |
| 2.2.8. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES DEL CAFÉ (GRADOS BRIX) | 18 |
| 2.2.9. CAFÉS ESPECIALES | 20 |
| 2.2.10. BENEFICIOS DEL CONSUMO DEL CAFÉ..... | 22 |
| 2.2.11. FERTILIZACIÓN FOLIAR..... | 23 |
| 2.2.12. BENEFICIOS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR..... | 25 |
| 2.2.13. CLASES DE FERTILIZACIÓN FOLIAR..... | 25 |
| 2.2.14. FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES | 27 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 29 |
| 3.1. Materiales, Equipos, Herramientas, Insumos | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Campo Experimental..... | 30 |
| 3.2.1. Ubicación del campo experimental | 30 |
| 3.2.2. Condiciones climáticas..... | 31 |
| 3.3. Estudio del suelo y la planta..... | 34 |
| 3.3.1. Análisis del suelo | 34 |
| 3.3.2. Análisis foliar..... | 35 |
| 3.4. Tratamientos en estudio | 36 |
| 3.5. Diseño Experimental..... | 39 |
| 3.6. Dimensiones del campo experimental..... | 40 |
| 3.7. Conducción del Experimento | 42 |
| 3.7.1. Instalación del diseño experimental | 42 |
| 3.7.2. Desmalezado | 42 |
| 3.7.3. Fertilización edáfica | 42 |
| 3.7.4. Fertilización foliar..... | 43 |
| 3.7.5. Cosecha..... | 44 |
| 3.7.6. Proceso poscosecha..... | 44 |
| 3.8. Características Evaluadas..... | 47 |
| a) Longitud y ancho del fruto (cm)..... | 47 |
| b) Grados Brix..... | 49 |
| c) Lecturas de pH y Temperatura durante el proceso de fermentación | 50 |
| d) Análisis Físico:..... | 51 |
| e) Análisis Organoléptico..... | 53 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 55 |
| 4. ANÁLISIS DE VARIANZA | 55 |
| 4.1. ANAVA DE CARACTERÍSTICAS EVALUADAS..... | 55 |
| 4.2. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS EVALUADAS | 57 |
| 4.2.1. LONGITUD DEL FRUTO | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2. ANCHO DEL FRUTO..... | 58 |
| 4.2.3. GRADOS BRIX..... | 60 |
| 4.2.4. pH EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN..... | 61 |
| 4.2.5. TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACION | 64 |
| 4.2.6. CALIDAD FÍSICA..... | 66 |
| 4.2.7. CALIDAD EN TAZA (ORGANOLÉPTICA O SENSORIAL)..... | 72 |
| 4.3. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL SIMPLE | 79 |
| 4.3.1. CONCENTRACIONES (%) VS LONGITUD DE FRUTO..... | 79 |
| 4.3.2. CONCENTRACIONES (%) VS GRADOS BRIX..... | 80 |
| 4.3.3. CONCENTRACIONES (%) VS RENDIMIENTO FÍSICO | 82 |
| 4.3.4. CONCENTRACIONES (%) VS CALIDAD EN TAZA..... | 83 |
| 4.3.5. TIEMPOS DE FERMENTACIÓN VS CALIDAD EN TAZA | 85 |
| 4.4. RENDIMIENTO (qq/ha) | 86 |
| 4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO | 87 |
| V. CONCLUSIONES..... | 90 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 92 |
| ANEXOS | 98 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Clasificación del puntaje total de la calidad del café, según SCAA.</i> | 18 |
| Tabla 2. <i>Velocidad para absorber el 50% del producto aplicado vía foliar.</i> | 24 |
| Tabla 3. <i>Condiciones meteorológicas presentadas en la zona durante los meses de investigación.</i> | 32 |
| Tabla 4. <i>Resultado de análisis de caracterización del suelo.</i> | 34 |
| Tabla 5. <i>Resultados del análisis foliar.</i> | 36 |
| Tabla 6. <i>Concentración y mezcla de los macronutrientes aplicados.</i> | 37 |
| Tabla 7. <i>Concentración y mezcla de los micronutrientes aplicados.</i> | 37 |
| Tabla 8. <i>Dosis por cada aplicación foliar a diferentes concentraciones de mezcla de nutrientes/ha.</i> | 38 |
| Tabla 9. <i>Tratamientos de fertilización foliar aplicando tres tiempos de fermentación.</i> | 39 |
| Tabla 10. <i>Análisis de varianza de las características evaluadas en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Región Cajamarca - 2022.</i> | 56 |
| Tabla 11. <i>Longitud del fruto de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 57 |
| Tabla 12. <i>Ancho del fruto de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 59 |
| Tabla 13. <i>Grados Brix del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 60 |
| Tabla 14. <i>pH durante el proceso de fermentación del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 63 |
| Tabla 15. <i>Temperatura durante el proceso de fermentación del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 65 |
| Tabla 16. <i>Rendimiento físico del 1er momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 67 |
| Tabla 17. <i>Rendimiento físico del 2do momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 69 |
| Tabla 18. <i>Calidad en Taza del 1er momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 73 |

| | |
|---|----|
| Tabla 19. <i>Calidad en Taza del 2do momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.</i> | 76 |
| Tabla 20. <i>Análisis de la Regresión lineal simple entre la longitud del fruto vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.), en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 79 |
| Tabla 21. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre grados brix vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.), en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 81 |
| Tabla 22. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre rendimiento físico vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.), en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 82 |
| Tabla 23. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre calidad en taza vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.), en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 84 |
| Tabla 24. <i>Análisis de Regresión lineal entre los tiempos de fermentación vs calidad en taza del café (Coffea arabica L.), en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.</i> | 85 |
| Tabla 25. <i>Análisis económico del 3% de concentración de las mezclas solubles de nutrientes para aplicación foliar en café (Coffea arabica L.), Cultivar Catimor a 1600 m.s.n.m.</i> | 88 |
| Tabla 26. <i>Análisis económico: Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación, en la calidad física y organoléptica del café (Coffea arabica L.) Cultivar Catimor, en el CP. Calabozo, Distrito de San José de Lourdes – San Ignacio.</i> | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Planta de café Variedad Catimor.</i> | 10 |
| Figura 2. <i>Cosecha selectiva de café.</i> | 12 |
| Figura 3. <i>Defectos físicos del café y las causas que lo producen.</i> | 16 |
| Figura 4. <i>Refractómetro para medición de °Brix.</i> | 18 |
| Figura 5. <i>Ubicación satelital de la zona donde se realizó la investigación.</i> | 31 |
| Figura 6. <i>Precipitaciones presentadas durante los meses del trabajo de investigación.</i> | 33 |
| Figura 7. <i>Temperatura presentada durante los meses del trabajo de investigación.</i> | 33 |
| Figura 8. <i>Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados.</i> | 40 |
| Figura 9. <i>Aplicación foliar de nutrientes, sobre las plantas de café en estudio.</i> | 43 |
| Figura 10. <i>Realizando la cosecha selectiva.</i> | 44 |
| Figura 11. <i>Medición de pH y temperatura del proceso de fermentación del café.</i> | 45 |
| Figura 12. <i>Proceso de Lavado y Rebalse.</i> | 46 |
| Figura 13. <i>Proceso de secado de café, de los tratamientos en estudio.</i> | 47 |
| Figura 14. <i>Proceso del análisis físico de las muestras de café.</i> | 48 |
| Figura 15. <i>Proceso de catación de las muestras de café.</i> | 48 |
| Figura 16. <i>Selección de 10 frutos para la medición de grados brix.</i> | 49 |
| Figura 17. <i>Lectura de grados brix.</i> | 50 |
| Figura 18. <i>Medición de pH y temperatura en el proceso de fermentación del café.</i> | 51 |
| Figura 19. <i>Medición de la longitud del fruto de café.</i> | 52 |
| Figura 20. <i>Medición del ancho del fruto de café.</i> | 54 |
| Figura 21. <i>Longitud del fruto de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).</i> | 58 |
| Figura 22. <i>Ancho del fruto de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).</i> | 59 |
| Figura 23. <i>Grados Brix del fruto de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).</i> | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 24. <i>pH de fermentación del café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 63 |
| Figura 25. <i>Temperatura durante el proceso de fermentación en café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 66 |
| Figura 26. <i>Rendimiento físico del primer momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 68 |
| Figura 27. <i>Rendimiento físico del 2do momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 70 |
| Figura 28. <i>Comparación del Rendimiento Físico de los dos momentos de cosecha de café.</i> | 71 |
| Figura 29. <i>Calidad en Taza del 1er momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 74 |
| Figura 30. <i>Calidad en Taza del 2do momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.</i> | 77 |
| Figura 31. <i>Comparación de la calidad en taza de los dos momentos de cosecha de café.</i> | 78 |
| Figura 32. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre la longitud de fruto vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.).</i> | 80 |
| Figura 33. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre grados Brix vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.).</i> | 81 |
| Figura 34. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre rendimiento físico vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.).</i> | 83 |
| Figura 35. <i>Análisis de Regresión lineal simple entre calidad en taza vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café (Coffea arabica L.).</i> | 84 |
| Figura 36. <i>Análisis de Regresión lineal entre los tiempos de fermentación vs calidad en taza del café (Coffea arabica L.).</i> | 86 |

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los compradores y consumidores de café demandan una mejor calidad física del grano y más calidad en taza; por tal motivo, existe preocupación en algunas zonas del Perú que cultivan café, sin considerar un plan apropiado de fertilización, a causa de que aplican fertilizantes sin tomar en cuenta el análisis de suelo, aún menos el análisis foliar; y el inconveniente principal es debido al limitado acceso de asistencia técnica que tienen los caficultores en temas de nutrición y manejo poscosecha; primordialmente conocer la cantidad de horas apropiadas de fermentación que se requiere para aumentar la puntuación en taza.

El cultivo de café es sembrado por el pequeño agricultor, el cual administra entre 1 a 5 ha, que del 100%; representan el 85% de caficultores. Quienes manejan las fincas sin tecnificarlas, y solamente el 20% están asociados; especialmente en cooperativas, que producen y son exportadores. Estos dan una preferencia a los cafés especiales y que sus fincas cuenten con certificación orgánica. **(Díaz y Carmen, 2017)**

El rendimiento exportable y los atributos sensoriales del café, en el Distrito de San José de Lourdes - San Ignacio, no logra llegar a los picos más altos de calidad, a causa de la poca información e investigación que determinen técnicas de manejo de cosecha y poscosecha. Asimismo existe insuficiente transferencia de tecnología y asistencia técnica para los productores de café en manejo poscosecha y nutrición mineral.

Actualmente al caficultor peruano le recomiendan distintos fertilizantes foliares, sin conocerse las concentraciones convenientes por zona y variedad; de igual manera, se desconoce su respuesta fisiológica a los mismos, debido a los escasos trabajos de investigación en nutrición edáfica, foliar y respuesta del cultivo de café. Asimismo para los tiempos de fermentación, no se

encuentra información que permita conocer la cantidad de horas ideales para obtener un mejor resultado en taza.

En consecuencia, existe carencia de información basada en trabajos experimentales en el área de investigación. Esto quiere decir que en el tratamiento poscosecha, los caficultores no tienen conceptos e ideas claras, por el contrario, cada cual trabaja por su lado de manera empírica y tradicional, llegando a un punto donde surge un conocimiento fragmentado; considerando también que los tiempos de fermentación o duración de este proceso influyen en una mejor calidad organoléptica o resultados en taza.

En tal sentido es necesario dar a conocer a los agricultores cual es la concentración adecuada de mezcla de nutrientes aplicados vía foliar en el Cultivar Catimor bajo condiciones agroclimáticas del área de estudio y efectos de la aplicación foliar en la calidad física y sensorial del café. Asimismo dar a conocer a los caficultores que tiempo (horas) de fermentación es el más adecuado para la variedad catimor; teniendo en cuenta las condiciones presentadas en el trabajo de investigación tales como: temperatura, humedad, altitud, pH, etc.

Con base en lo anterior, se estableció la siguiente pregunta para formular el problema: ¿Cuál es el efecto de la aplicación foliar de nutrientes y los tiempos de fermentación en la calidad física y sensorial del café Cultivar Catimor, en el Centro Poblado Calabozo, Distrito San José de Lourdes - Provincia San Ignacio en la campaña 2022?

En base a la problemática se ha planteado los siguiente objetivos:

Objetivo general: Analizar la influencia de la aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación sobre la calidad física y sensorial del café.

Objetivos específicos:

- Demostrar la influencia de nutrientes sobre la calidad física y organoléptica del café; suministrado mediante aplicación foliar en diferentes concentraciones.
- Determinar el tiempo de fermentación más adecuado bajo las condiciones del medio para incrementar la calidad organoléptica del café Cultivar Catimor.
- Identificar los rangos más adecuados de grados brix, pH y temperatura de fermentación que inciden en la calidad física y organoléptica del café.

Asimismo, se ha planteado la siguiente hipótesis:

- ✓ **Hipótesis nula:** ninguna concentración de aplicación de nutrientes vía foliar y tiempos de fermentación muestra efecto que incrementará la calidad física y organoléptica del café Cultivar Catimor.
- ✓ **Hipótesis alterna:** al menos una de las concentraciones de aplicación de nutrientes vía foliar y tiempos de fermentación, muestra efecto positivo que incrementará la calidad física y organoléptica del café Cultivar Catimor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En un estudio de Zurita y De la Cruz (2020) concluyeron que, el producto foliar que permitió un alto rendimiento de 90 qq/ha, una calidad física del 69.6%, fue el producto foliar *Yara Vita Zintrac* 1L/200L, y muestra un resultado positivo en el número de ramas fruteras/planta y nudos/rama. Así, la aplicación de fertilizantes foliares en la calidad de taza arrojó resultados positivos, incrementándola en tres puntos respecto al testigo.

Teniendo en cuenta a Jimenez (2021), quien demostró en su estudio que una sola aplicación de nutrientes aplicados foliarmente no puede vencer a los nutrientes aplicados edáficamente sobre los componentes agronómicos. Asimismo la fertilización al suelo mejoró las características de la taza, como el color y sabor de la bebida, el cuerpo, y posgusto, así como un mayor contenido fenólico. Con respecto al foliar resultó en un mejor color de cremas, un mayor brillo de la bebida y un mayor efecto antioxidante. Así, la nutrición incide en la calidad de la taza, a la que le otorga el aroma y sabor característicos de la bebida, asimismo para mejorar la calidad sensorial se debe realizar un correcto manejo poscosecha y un tostado ideal que destaque los atributos de los granos de café.

En la investigación de Mamani y Condori (2019), para comparar la calidad del café Caturra, Catimor y Bourbon, en 3 zonas agroecológicas: alta (>1600 m.s.n.m.), media (1400-1600 m.s.n.m.) y zona baja (<1400 m.s.n.m.), concluyeron que:

- El rendimiento físico del café, según la altura: es mayor para la zona baja, obteniendo 78.63% y es menor para la zona alta, llegando a tener 77.82 % y la zona media con 76.53%.
- Para el factor variedad de café, determinan que el menor rendimiento físico es la Var. Caturra con 77%, seguido de la Var. Catimor con 77.53% y el de más rendimiento obtenido es el Bourbon con 78.15%.
- Para la calidad organoléptica, demuestran que: a mayor altura, la puntuación en taza es mejor, obteniendo la mayor calificación con 86.94 puntos; seguidamente la zona media con 86.29 puntos y por último se ubica la zona baja con 84.73 puntos.
- Según los resultados obtenidos para las variedades, mencionan que hubo una mayor puntuación en taza con la Var. Catimor con 86.01, seguido del café Bourbon con un puntaje de 85.95 y Caturra con 85.95 puntos.

Peña, Barrera, y Gutiérrez (2013), evaluaron el efecto de los tiempos de fermentación sobre los atributos de la calidad sensorial del café, utilizando diferentes tiempos de fermentación y lo compararon con las horas de fermentación realizadas por los caficultores. Los resultados mostraron que con tiempos de 25 y 10 horas fermentadas se presenta mayor merma por mucilago. Además, el factor de rendimiento se presentó superior al valor definido para café de calidad y el puntaje total en la calidad de la taza resultado de los tiempos de fermentación fue similar al resultado obtenido en la muestra control, indicando que el tiempo de fermentación no mostró diferencia significativa en propiedad sensorial que se presenta en taza.

El proceso de fermentar el café se empieza una vez acabada la recolección y el despulpado alrededor de las 5 p.m., aquí inicia la fase nocturna de bajada de temperatura. Los fermentadores experimentan un descenso en la temperatura del proceso de fermentación durante todo el periodo

nocturno (12 horas), y al iniciar el día, la temperatura asciende. La Temperatura media de fermentación está por los 20°C, no obstante se registran temperaturas de hasta 28.5°C dentro del fermentador y temperaturas tan bajas de inclusive 17°C, lo que muestra que dentro de un mismo fermentador se presentan diferentes velocidades de fermentación, que repercuten en la diversidad del producto dentro de un mismo lote de café (Jiménez, Meneses, y García, s/f).

En la investigación de Sadeghian y Salamanca (2015), mencionan que “La concentración de oligoelementos en frutos de café disminuyó durante los primeros cuatro meses después de la floración, y la tendencia de acumulación de oligoelementos fue similar al crecimiento del fruto, dando siguiente orden: Mn>Fe>B>Cu>Zn, excepto Mn.”

Según Romheld y El-Fouly (1999), la aplicación foliar de fertilizantes es mayor que la de los nutrientes del suelo cuando se presentan condiciones de deficiencia severa de nutrientes y síntomas agudos de deficiencia en el tejido; porque los nutrientes necesarios se reponen directamente en la zona de demanda de las hojas y además se absorben más rápidamente. Durante la fase de llenado del grano, existe una intensa competencia por los asimilados (resultado de la fotosíntesis) de diferentes áreas escasas de la planta, por tanto, las raíces no reciben la energía adecuada en forma de hidratos de carbono, por lo que el aporte de nutrientes por la raíz (fase de alta demanda) no es suficiente para cubrir la demanda, y por ende las aplicaciones suministradas foliarmente completa estas necesidades.

Según el Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFE, 2008), la cantidad requerida de nutrientes por la planta de café, varía de acuerdo con las características del cultivo (variedad, especie, desarrollo, productividad, etc.) y factores climáticos (temperatura, precipitación y radiación solar); así como las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas),

y asimismo del manejo de las plantaciones de café (por ejemplo, densidad de plantas, riego, sombra, nutrición)

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CAFÉ

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2017), destaca la siguiente información técnica del Café:

- **Familia:** Rubiaceae
- **Género:** *Coffea*
- **Especie:** *C. arabica*
- **Nombre Común:** Café
- **Origen:** África (Etiopía)
- **Áreas Naturales:** Selva alta (1000 - 2000 msnm)
- **Departamentos:** San Martín, Cajamarca, Cusco, Junín, etc.
- **Varietades:** Arábica (Parainema, Caturra, Catimor, Pache, Bourbon) y Robustas.
- **Periodo Vegetativo:** Arbusto perenne, inicia su producción a la edad de 3 años,

2.2.2. CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DEL CULTIVO DE CAFÉ

De acuerdo con el MIDAGRI (2017), el clima de la selva tropical varía según las distintas zonas cafetaleras, esto se debe al acoplamiento de diferentes factores como: precipitación, luminosidad, altitud. Las precipitaciones y la temperatura son requisitos indispensables para el buen desarrollo de las plantas de café.

A) Temperatura

Según el MIDAGRI (2017), para que las variedades de café que se cultivan; obtengan un mayor crecimiento y desarrollo, la temperatura debe estar entre los rangos de 18 y 22 °C, considerando que la temperatura repercute en la fenología del café.

B) Precipitación

El MIDAGRI (2017), resalta la importancia del comportamiento de la precipitación, por ser la fuente de agua para mantener húmedo el suelo. Es importante que las lluvias se distribuyan adecuadamente para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas durante la floración, llenado de grano y cosecha. La cantidad que demanda el cultivo de café para un mejor crecimiento y desarrollo es de 1600 a 1800 mm por año.

C) Suelos

Los suelos de la Selva presentan características fisicoquímicas excelentes para promover la agricultura tropical, que son: textura, estructura y profundidad efectiva. Asimismo destacan la materia orgánica, pH, y elementos minerales como el N, P, K, Ca, Mg. La Materia Orgánica del suelo contiene entre el 2 a 4 % un pH de 4,5 a 5,5. La Selva Alta de nuestro país presenta un relieve y fisiografía con una pendiente del 30% al 80% o más, y presenta cerros desde los 800 a los 2 600 m.s.n.m. Altitudes superiores a 1 200 m.s.n.m. ofrece mejores condiciones climáticas para lograr producir café de excelente calidad (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2017).

D) Altitud

Córdova Núñez (2022) menciona que, la altitud ideal del cultivo de café para San Ignacio y Jaén; es a partir de 800 a 2000 msnm y el personalmente estima que para la zona de San Ignacio

y Jaén, altitudes de 800 a 1200 msnm: zona baja, 1200 – 1600 msnm zona media y >1600 msnm zona alta, debido a que por debajo de 800 msnm el tamaño del grano es pequeño y sobre los 2000 msnm también se reduce el rendimiento; del mismo modo se debe considerar que cuanto más alta sea la altitud, mejor será la calidad de taza.

2.2.3. PRINCIPALES ZONAS DE PRODUCCIÓN

Díaz y Carmen (2017), refiere que el cultivo de café se siembra en diferentes zonas del Perú, comprendiendo a 16 regiones, 95 provincias y 450 distritos; con esta información Díaz y Carmen establecen las siguientes zonas de producción:

- **Zona norte:** Alcanza las regiones de Cajamarca (Provincia: San Ignacio y Jaén), Amazonas (Rodríguez de Mendoza) y San Martín (Moyobamba); consiguiendo más del 50% de la producción nacional.
- **Zona selva central:** Las regiones de Pasco y Junín tienen el 27% de la producción de café peruano, abarcando la mayor parte las provincias de Satipo y Chanchamayo.
- **Zona sur:** Abarca las regiones de Puno y Cusco.

2.2.4. CAFÉ CATIMOR

La Variedad Catimor se origina con el cruzamiento del Híbrido Timor con el Caturra rojo. Las particularidades destacadas de esta variedad, es que tiene una resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*) siendo la enfermedad que más afecta al cultivo de café, además es de porte bajo, tronco de grosor intermedio, presenta un buen número de ramas laterales, obteniendo una productividad alta (Devida, s.f.).

Es importante resaltar que actualmente el Cultivar Catimor; va perdiendo su resistencia a la roya, afectando gravemente las distintas zonas que tienen este Cultivar de café y pronosticando una menor producción para la campaña 2024.

Figura 1.

Plantas de café Cultivar Catimor.



Nota. La figura muestra una planta de café Cv. Catimor. Fuente: Calle G. Esdras (2022).

2.2.5. FENOLOGÍA DEL CAFÉ

Según, Ramírez (2014) “La fenología está relacionado al desarrollo, diferenciación y comienzo de formación del órgano de la planta, esto también se conoce como el análisis de fenómenos biológicos periódicos.”

En el cultivo de café, la época de floración nos determinará el número de pasadas para cosechar, también las floraciones nos permiten evaluar la curva de crecimiento del cerezo; por consiguiente, es una herramienta de apoyo para reconocer las épocas oportunas para fertilizar, para

realizar un manejo integrado de la broca, períodos de caída de la hoja por desbalance nutricional, ataque de insectos y enfermedades, etc. La época que más demanda de agua y fertilizante, es cuando el café está en producción, es decir, constitución y llenado de fruto (Ramírez, 2014).

2.2.6. COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ

A. Cosecha

Agrobanco (2013) nos da algunos alcances acerca de la cosecha de café.

- Es la actividad de recolectar los frutos maduros de la planta.
- Se efectúan en distintos momentos, porque el café presenta floración escalonada, y por consiguiente la madurez del fruto es de forma secuenciada.
- La rebusca es cosechar frutos de las primeras floraciones, posteriormente se llevan a cabo 2 a 3 recolectas que se consideran “cosechas plenas”.
- La cosecha última, también conocida como “raspa” es recoger todos los frutos disponibles en las ramas, es decir, frutos verdes, pintones y maduros.

A.1. Cosecha Selectiva: La cosecha selectiva, significa recolectar únicamente frutos totalmente maduros. Este tipo de cosecha facilita el proceso de poscosecha y nos garantiza mantener la calidad del café. Cabe resaltar que la mayoría de caficultores del Distrito de San José de Lourdes; no realizan una cosecha selectiva, no hay un cuidado por parte de los recolectores de seleccionar solo frutos maduros; sabiendo que cosechar frutos sobremaduros y verdes, afecta de manera negativa a la calidad sensorial del café.

Agrobanco (2013) nos señala el procedimiento de una cosecha selectiva:

- ✓ Recolectar solamente frutos maduros de la rama.

- ✓ Los frutos se extraen uno por uno, manteniendo el fruto entre el dedo índice y el pulgar.
- ✓ Soltar los frutos recolectados al capacho.
- ✓ Al finalizar en una planta, continuar con el recojo de frutos derribados al suelo.
- ✓ Al llenar el capacho, se vacía los frutos al saco.
- ✓ Finalmente, se traslada los sacos a la planta de beneficio para el posterior despulpado de las cerezas de café.

Figura 2.

Cosecha selectiva de café.



Nota. Frutos de café cosechados en el 2022. Fuente: Calle G. Esdras (2022)

B. Proceso poscosecha

En el proceso poscosecha se llevan a cabo las siguientes actividades: despulpado; fermentado; lavado; secado y almacenamiento.

B.1. Despulpado

Este proceso se realiza con una máquina llamada despulpadora y consiste en retirar la cáscara que recubre a los frutos; en otra palabras, separa la pulpa del grano. La pulpa resultante se recoge y se utiliza para fabricar abonos orgánicos como el compost, bokashi, etc.

Se recomienda realizar esta actividad el mismo día que se cosecha, para no tener problemas en la fermentación.

Según, Agrobanco (2013) se debe tener en cuenta algunas recomendaciones, tales como:

- ✓ Al momento del despulpar no tiene que haber nada de impurezas, como: madera, residuos vegetales, ramas, etc.
- ✓ Suministrar óptimamente agua a la despulpadora y de inmediato pasen las cerezas.
- ✓ Recolectar la cáscara para su descomposición y elaboración de abonos.
- ✓ Se debe realizar tratamiento de aguas mieles, es necesario contar con pozos, los cuales impiden la contaminación ambiental o también utilizar las mieles para realizar bioles.

B.2. Fermentado

Agrobanco (2013) refiere que la fermentación es el proceso de descomposición del mucílago que envuelve al pergamino del grano de café, a causa de la actividad de los microorganismos, favoreciendo al lavado; dado que, el mucílago descompuesto se disuelve y se elimina mediante el lavado.

El tiempo del proceso de fermentación va a durar dependiendo de la zona de producción y de factores como temperatura ambiental, altitud, etc. La fermentación se realiza en tanques

revestidos con cerámica, pero la mayoría de los productores locales lo fermentan en los mismos sacos que depositan el café luego del despulpado.

Agrobanco (2013) menciona algunas características para tener en cuenta:

- ✓ El tiempo de fermentación varía entre 24 a 36 horas, esto dependerá del estado de maduración del cerezo, de la temperatura ambiental, estructura del tanque de fermentación y la calidad de agua.
- ✓ El momento de fermentación apropiado para empezar el lavado se comprueba al frotar un manojo de granos de café, al notarse el grano áspero, sonido de cascajo o piedrecitas y limpio el pergamino, se procede al lavado; también se determina el punto de fermentación al meter un palo en la masa de café, si deja hueco sin venirse abajo, significa que ya está fermentado.
- ✓ Si se lava el grano de café sin encontrarse fermentado, el pergamino acaba sucio, manchado y hay un retraso en el secado.
- ✓ La sobre fermentación causa que el grano se manche, avinagra y pierda peso; esta característica afecta la calidad.

B.3. Lavado

Agrobanco (2013) comenta que el lavado consiste en separar el mucílago descompuesto y dejar limpio el pergamino. Al realizar un adecuado lavado se asegura la calidad del producto, realizando un correcto secado. La actividad de lavar el café, se procede cuando este posee la fermentación apropiada, para que el grano no pierda peso y no afecte en la calidad de taza.

B.4. Secado

La actividad de secado se debe comenzar lo más rápido posible luego del lavado y clasificado. Este proceso consiste en reducir la humedad del grano hasta el 10 a 12 %, lo cual permite un correcto almacenamiento, sin sufrir daño o adquirir mal olor o aroma. Para llegar a secar el café se utiliza un sistema natural al sol y mecánicamente (AGROBANCO, 2013).

B.5. Almacenamiento

AGROBANCO (2013) manifiesta que el empaquetado del café, se debe realizar en sacos de yute en buen estado, con el propósito de prevenir las pérdidas de grano; estos costales estarán marcados en arrobas o kilogramos para que faciliten la comercialización. Al almacenar el café por un tiempo prolongado, el peso puede variar, dependiendo de la temperatura y humedad del almacén.

2.2.7. ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CAFÉ

Para conocer si el café es de excelente calidad, es conveniente realizar dos análisis: el análisis físico y la calidad en taza.

A. Análisis físico

De acuerdo con Peñuela (2010), el análisis del rendimiento físico se realiza después del proceso de trilla, mediante un examen visual de los granos de café, evaluando su aspecto general y dando valoración en los defectos que presenten los granos de café. El rendimiento físico se va alterar por la existencia de granos defectuosos, entre ellos: negros, vinagres y cardenillos o mohos (ver figura 3), que se ocasionan debido a una inapropiada fermentación.

Figura 3.

Defectos físicos del café y las causas que lo producen.



GRANO NEGRO

Causas:

- Falta de agua durante el desarrollo del fruto
- Fermentaciones prolongadas
- Cerezas sobremaduras recogidas del suelo
- Mal secado del grano o rehumedecimientos



GRANO CARDENILLO

Causas:

- Fermentaciones prolongadas
- Interrupciones prolongadas en el proceso de secado
- Almacenamiento de café húmedo



GRANO VINAGRE

Causas:

- Retrasos entre la recolección y el despulpado
- Fermentaciones prolongadas
- Deficiente limpieza de los tanques de fermentación
- Almacenamiento de café húmedo



GRANO CRISTALIZADO

Causas:

- Altas temperaturas de secado (más de 50°C de la temperatura del aire de secado).



GRANO DECOLORADO VETEADO

Causas:

- Rehumedecimiento después del proceso de secado



GRANO DECOLORADO REPOSADO

Causas:

- Almacenamiento prolongado
- Malas condiciones de almacenamiento



GRANO DECOLORADO ÁMBAR O MANTEQUILLO

Causas:

- Problemas de nutrientes en el suelo



GRANO MORDIDO O CORTADO

Causas:

- Despulpadora mal ajustada, pechero muy ajustado o camisa defectuosa.
- Presencia de frutos verdes en la masa cosechada.



GRANO DECOLORADO SOBRESSECADO

Causas:

- Largos tiempos de secado
- Temperaturas altas del aire de secado



GRANO FLOJO

Causas:

- Falta de secado



GRANO PICADO POR INSECTOS

Causas:

- Ataque de insectos como el gorgojo y la broca



GRANO APLASTADO

Causas:

- Pisar el café durante el secado
- Pechero muy ajustado



GRANO INMADURO Y/O PALOTEADO

Causas:

- Recolección frutos verdes y/o pintones
- Cultivo en zonas marginales bajas
- Falta de fertilización de los cafetales
- Lotes paloteados por diversas causas

Fuente: Centro Nacional de Investigaciones de Café.

B. Calidad organoléptica

También llamado calidad sensorial, con este análisis de las cualidades organolépticas nos indicará la calidad del producto.

Peñuela (2010) menciona que la calidad organoléptica es el análisis de los atributos del café que inciden en los órganos de los sentidos, principalmente gusto y olfato, provocando impresiones que se convierten en dictamen, para definir si el café se rechaza o se acepta.

Al catar el café, se valora la calidad e intensidad de las propiedades que compone a la bebida, que son: sabor, cuerpo, aroma, acidez y consistencia. Los atributos se califican mediante números y al mismo tiempo detallados mediante adjetivos que realzan sus virtudes o imperfecciones, de esta manera, se alcanza el perfil de taza. Los atributos organolépticos o sensoriales evaluados en una taza de café son: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, persistencia (Peñuela, 2010).

- ✓ El primer atributo captado en el café es el aroma, que se percibe olfateando la muestra y se califica como dulce, químico, terroso, pronunciado y propio del café.
- ✓ La acidez es indeseada al calificarse como astringente, agria, acre, vinosa, picante, a causa de inapropiadas prácticas de cosecha y poscosecha.
- ✓ El atributo del cuerpo se nota en la lengua ya sea en menor o mayor concentración, y al presentarse un cuerpo completo, moderado y balanceado, será un buen café.

Procedimiento de la puntuación final según SCAA (2015):

La puntuación final se evalúa al sumar primero las puntuaciones individuales, dada para cada una de las propiedades primordiales en el cuadro marcado como "Puntuación total". Luego, se restan los defectos de la "puntuación total" y así obtener una "puntuación final".

Tabla 1.

Clasificación del puntaje total de la calidad del café, según SCAA.

| Puntaje Total | Descripción de la especialidad | Grado |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|
| 90 - 100 | Sobresaliente | Especial |
| 85 - 89.99 | Excelente | |
| 80 - 84.99 | Muy bueno | No especial |
| < 80 | Por debajo de la calidad especial | |

Nota. Tomado de: Specialty Coffee Association of America (2015).

2.2.8. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES DEL CAFÉ (GRADOS BRIX)

Matita de café -Specialty coffee- (2018) refiere que los grados brix ($^{\circ}$ Brix), calculan la cantidad total de sacarosa diluida en agua. Una solución de 20° Brix posee 20 g de azúcar por 100 g de líquido, es lo mismo decir que en 100 g de la solución, hay 20 g de sacarosa y 80 g de agua. El Refractómetro es el equipo que se utiliza para medir los $^{\circ}$ Brix.

Figura 4.

Refractómetro para medición de $^{\circ}$ Brix.



Fuente: Calle G. Esdras (2022)

Ramírez (2016) menciona que existen antecedentes donde se muestra que la madurez ideal del café se ha establecido por la concentración de azúcar en la miel del café; estando el rango óptimo entre los 15 a 24 °Brix.

En la investigación de Vidal (2014), evaluaron el rango óptimo de °Brix en el transcurso de la etapa de madurez del café, para determinar si influye en la taza al momento de catación; en las variedades Catimor y Catuaí, a niveles altitudinales de 1000, 1250, y 1500 msnm. Se obtuvo los siguientes resultados:

- ✓ La medición óptima de grados Brix obtenida para mejorar la calidad en taza por cada nivel altitudinal, estuvo:
 - En zona baja (1000 msnm), se estableció que la recolección debe comenzar a los 18.5 grados Brix, y no mayor a los 20.5 °Brix,
 - En zona media (1250 msnm), el rango ideal debe estar dentro de los 17.5 y 20.5 °Brix y
 - En zona alta (1500 msnm), está entre los 16 y 19 °Brix.
- ✓ Se comprobó que el espacio de tiempo señalado como los días después de floración, se relaciona directamente con el incremento de los grados Brix, determinado a partir de 241 días después de la floración.
- ✓ Conocer el rango ideal de los grados Brix (concentración de sólidos solubles) logra complementar las variables empíricas consideradas para la decisión de recolectar el café y favorecer a conseguir una mejor calidad en taza.

2.2.9. CAFÉS ESPECIALES

A. Definiciones

La Junta Nacional del Café (JNC, s/f.) refiere que el término de “café especial” fue usado por primera vez en el congreso internacional del café de 1978, llevado a cabo en Francia, por la noruega Erna Knutsen, quien fue una especialista tostadora de café; se utilizó con el propósito de hallar cafés de atributos únicos en taza, manejados en zonas especiales (geografía y microclimas, que posibilitan la obtención de granos de café con sabores únicos y de cualidades específicas que conservan su identidad).

De la misma manera, la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) define a los cafés especiales como “cafés de orígenes únicos, buena preparación y sabores distintivos”.

La SCAA establece al café especial en su estado verde, como un café que se encuentra exento de defectos primarios, un tamaño adecuado y secado apropiado; debe presentar una taza libre de defectos, de contaminación y que tenga atributos característicos; en otras palabras, el café tiene que pasar todas las pruebas de catación.

B. Características del café especial

La revista ANDINA (2021), menciona que los cafés especiales son sembrados por arriba de los 1300 msnm, presentan atributos sensoriales muy únicos, tales como: aroma, acidez y cuerpo; y se recibe un precio por encima de los cafés Premium. El café orgánico está considerado como un café especial y ciertos mercados demandan una variedad en particular: Típica o Bourbon, siendo el precio pagado mayor del doble del precio de bolsa.

Según los estándares de SCAA (2015), el puntaje en taza del café especial es mayor o igual a 80 puntos, se distinguen por la ausencia de defectos y por una excelente calidad en taza.

La JNC (s/f), considera que en la actualidad las condiciones agroclimáticas que dispone el Perú, son propicias para producir cafés especiales, por la disponibilidad de variados pisos climáticos o ecológicos con climas favorables para el cultivo de café.

C. Tipos de cafés especiales

La Junta Nacional del Café, detalla los siguientes tipos de cafés especiales:

C.1. Cafés de origen:

Se atribuye a los cafés que proceden de territorios geográficos específicos, que por su microclima, suelo, variedad, etc., sobresalen con un aroma y sabor característico. Los cafés de origen son: los regionales (proceden de una región especial distinguida por sus propiedades particulares); exóticos (provienen de zonas específicas bajo condiciones extraordinarias); de finca (cultivados de una sola finca).

C.2. Café de preparación:

Es el café que tiene un aspecto especial en forma y tamaño, lo cual en el mercado internacional es muy apetecible. De igual manera, en esta categoría se ubican los cafés que se pretenden según las prioridades del cliente. Tenemos:

- Selectos: mezcla equilibrada de diversos tipos de café, obteniendo una taza de excelente calidad.
- Caracol: los granos de café tienen forma de caracol y se producen en zonas altas, dando una taza única de alta acidez.
- Supremos: de acuerdo con el tamaño del grano.

C.3. Café orgánico:

Es el café que se cultiva con un manejo agronómico caracterizado por practicar el manejo y conservación de suelos, utilizando técnicas que imitan procesos ecológicos. Aquí tenemos al café amigable con las aves y alianza con los bosques.

C.4. Café Sostenible:

Son cafés producidos por comunidades asumiendo una responsabilidad de proteger el medio ambiente, por medio de la conservación de la biodiversidad de su entorno. Asimismo fomentan el progreso social de la familias caficulturas que lo cultivan. Los consumidores lo priorizan porque se realiza un cuidado de la naturaleza y apoyan al mercado justo.

2.2.10. BENEFICIOS DEL CONSUMO DEL CAFÉ

La Junta Nacional del Café (s/f), cita algunos beneficios al consumir esta bebida, que son los siguientes:

- Su principal componente “cafeína” es benéfica al consumirse moderadamente.
- Estimulador del centro respiratorio (permite más flujo sanguíneo en el sistema circulatorio, distribuyendo mayor oxígeno que impedirá la fatiga) y gran diurético.
- Es favorable para la digestión al incrementar la secreción del jugo gástrico y apoyar en combatir eficientemente el dolor de cabeza.
- Según el estudio realizado por la Universidad sueca de Linköping asevera que la cafeína aportaría protección frente a la destrucción de células del cerebro y mal de Parkinson.
- La Universidad de Cornell, en su estudio menciona que el café evitaría daños en la vista originadas por la degeneración de la retina.

- El café es beneficioso para combatir la diabetes, refiere la Escuela de Salud Pública de Harvard.
- Al tomar café, nos ayudará a mantenernos despiertos y a estar mejor concentrados.
- Disminuye la posibilidad de sufrir enfermedades cardiovasculares y cáncer de hígado.

2.2.11. FERTILIZACIÓN FOLIAR

Salas (2002) menciona que mediante suministros de fertilizantes solubles en agua, los árboles se pueden fertilizar como complemento mediante las hojas, con mayor velocidad que aplicando al suelo. Los nutrientes ingresan por las hojas por medio de los estomas, los cuales se localizan en el haz o envés de las hojas y de igual manera mediante espacios submicroscópicos llamados ectodesmos en las hojas y al ampliarse la cutícula de las hojas se originan espacios vacíos permitiendo el ingreso de nutrientes. La absorción de nutrientes por las hojas se da a una velocidad notoriamente diferente; por ejemplo, para que la planta absorba el 50 % del producto que aplica, para el nitrógeno se requiere de 0,5 a 2 horas; el fósforo es de lenta absorción, necesitando de 5 a 10 días. **(Ver tabla 2)**

Cuando ya se realizó la absorción, los nutrientes se movilizan dentro de la planta empleando como vía principal al floema, para la translocación de nutrientes aplicados al follaje. El movimiento por el floema, comienza desde la hoja en el cual se absorbe y se sintetizan los compuestos orgánicos, a las zonas en el que se usan o acumulan dichos compuestos. Por consiguiente, la soluciones aplicadas a las hojas no se movilizarán en torno a otras estructuras de la planta hasta que no se inicie el proceso de traslocación de sustancias orgánicas obtenido de la fotosíntesis (Salas, 2002).

Tabla 2

Velocidad para absorber el 50% del producto aplicado vía foliar.

| Nutrientes | Tiempo |
|-------------------------------------|---------------|
| (de absorción del 50% del producto) | |
| N | 0.5 a 2 horas |
| P | 5 a 10 días |
| K | 10 a 24 horas |
| Ca | 1 a 2 días |
| Mg | 2 a 5 horas |
| S | 8 días |
| Mn | 1 a 2 días |
| Zn | 1 a 2 días |
| Mo | 10 a 20 días |
| Fe | 10 a 20 días |

Nota. Datos tomados de Salas (2002).

De acuerdo con Salas (2002), la fertilización foliar se aplica para enmendar deficiencias de los microelementos. Para los macronutrientes (N,P, K), la aplicación vía foliar solo se utiliza como complemento, mas no se puede sustituir la fertilización al suelo, a causa de que las dosis aplicadas en el follaje son muy pequeñas a comparación con las dosis que se aplican vía edáfica, para la obtención de buenos rendimientos.

Según Gonzáles (2019), la aplicación de nutrientes vía foliar se realiza de manera complementaria, especialmente de los micronutrientes. Esta práctica agronómica ha sido usada por las siguientes razones: corrige las deficiencias y requerimientos nutricionales de la planta que no se alcanzan con la fertilización edáfica, mejora la calidad del producto, acelera o retarda alguna fase fisiológica de la planta, repara problemas fitopatológicos (aplicaciones de Cu y S), ayuda a complementar la aplicación al suelo.

La salinidad de los suelos, toxicidad por aluminio que genera un pobre desarrollo radical, compactación de suelo, son los que dificultan la absorción de nutrientes por la planta; dando importancia a la fertilización foliar como complemento de la fertilización edáfica (Salas, 2002).

2.2.12. BENEFICIOS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Los beneficios de la fertilización foliar según González (2019), son los siguientes:

a) Eficacia rápida: al aplicarse en la hoja, la absorción de nutrientes se da con mayor velocidad.

b) Libre de actividad radicular: a causa de factores químicos y físicos, las raíces de la planta pueden abstenerse de absorber nutrientes. Por tal razón, aplicar fertilizantes vía foliar corregirá esta inhibición.

c) Gran capacidad de fijar nutrimentos por el suelo: ciertos suelos adhieren nutrientes, limitando ser absorbidos por la planta. Por lo anterior, aplicar fertilizantes foliares permite absorber algunos nutrientes por la planta que las raíces no logren absorber.

d) Capacidad de aplicar nutrientes de forma precisa en el tiempo: comúnmente en la fase de polinización y desarrollo floral, las plantas demandan una gran cantidad de nutrientes. En las fases señaladas la fertilización foliar muestra influencia positiva en el crecimiento y rendimiento.

2.2.13. CLASES DE FERTILIZACIÓN FOLIAR

Segura (2002); tomado de Boaretto y Rosolem (1989), menciona que la fertilización foliar se divide en 6 clases:

- A. Fertilización correctiva:** consiste en suministrar nutrientes para corregir deficiencias claras, por lo común se aplica en un momento definido de la fenología de la planta.
- B. Fertilización preventiva:** se realiza al conocerse que un nutriente en específico es deficiente en el suelo, por ejemplo, la aplicación de Zinc y Boro en café.
- C. Fertilización sustitutiva:** se realiza procurando sustituir las demandas del cultivo solamente por vía foliar, por ejemplo, el cultivo de piña. Por otro lado, es imposible aplicar vía foliar dosis altas de macronutrientes, por lo que en la mayoría de los cultivos es poco probable. En el cultivo de café utilizando solo fertilizantes foliares sin fertilizaciones edáficas (6 aplicaciones/año), se ha alcanzado una producción menor del 18 % en relación con la fertilización edáfica.
- D. Fertilización complementaria:** Es aquella donde se aplica una parte de fertilización vía edáfica y otra vía foliar, comúnmente es utilizado para sustituir micronutrientes, y es de los métodos más usados en los cultivos.
- E. Fertilización complementaria en estado reproductivo:** se realiza en cultivos anuales que a lo largo de la floración y llenado de semillas; la fuerza metabólica causada por ellos, disminuye la actividad radicular de la planta.
- F. Fertilización estimulante:** se realizan fertilizaciones con NPK, aplicando bajas dosis, pero en cantidades fisiológicamente equilibradas, quienes incitan un efecto estimulador en la absorción radicular.

2.2.14. FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO (2002)), menciona que son 16 elementos indispensables que necesitan las plantas y se clasifican en macronutrientes (primarios y secundarios) y micronutrientes.

A. Macronutrientes: se requieren en mayores cantidades y se tiene que aplicar si el suelo presenta deficiencia en uno o más de ellos.

En los nutrientes primarios tenemos el nitrógeno, fósforo y potasio (FAO, 2002).

- **Nitrógeno (N)**, es el impulsor del crecimiento de las plantas. Se absorbe del suelo en forma de nitratos (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+) y se mezcla con las diferentes sustancias resultantes del metabolismo de carbohidratos para producir aminoácidos (siendo el autor esencial) y proteínas. Se involucra en todos los procesos importantes del desarrollo y rendimiento de la planta. Si suministramos a la planta una apropiada cantidad de nitrógeno, este elemento será fundamental para la absorción de los demás nutrientes.
- **Fósforo (P)**, cumple un rol influyente para la transferencia de energía, es vital para la fotosíntesis y esencial para la diferenciación de las células y desarrollo de los tejidos de la planta. El fósforo es bastante fijado por el suelo y se tiene deficiencias en la mayoría de suelos agrarios.
- **Potasio (K)**, realiza numerosas funciones, así como, activador de más de 60 enzimas, cumple un rol importante en la síntesis de proteínas y carbohidratos. Las plantas con un buen suministro de potasio tienen tendencia a padecer menos enfermedades y aumentar su tolerancia a las sequías, salinidad, heladas, y también a mejorar el régimen hídrico de las plantas.

En los nutrientes secundarios tenemos el magnesio, calcio y azufre (FAO, 2002).

- **Magnesio (Mg)**, componente central de la clorofila (pigmento verde de la hoja), del 15 al 20 % del Mg que contiene la planta se encuentran en las partes verdes. También influye en las reacciones enzimáticas asociadas al traspaso de energía de plantas.
- **Azufre (S)**, es componente esencial de proteínas, igualmente está incluido en la formación de la clorofila y es de suma importancia para el crecimiento de las plantas (como el P y Mg); sin embargo, su función es con frecuencia infravalorada.
- **Calcio (Ca)**, Es un componente del tejido celular de la membrana y sirve esencialmente para el crecimiento de las raíces. Si bien la mayor parte de los suelos contienen bastante disponibilidad de calcio, la carencia se da en suelos tropicales muy pobres en calcio. No obstante, el propósito de aplicar calcio es disminuir la acidez del suelo (enclado).

B. Micronutrientes: Denominados también microelementos, estos se requieren en cantidades mínimas para el crecimiento apropiado de la planta. Entre ellos se tiene el Boro (B), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y el Cloro (Cl); siendo parte de sustancias claves para el crecimiento de las plantas, comparándose con las vitaminas en la nutrición humana. Se absorben en cantidades ínfimas, el rango de suministro óptimo es demasiado pequeño. Algunos microelementos como el Aluminio y Manganeseo pueden ser tóxicos para las plantas si el rango de pH se encuentra muy bajo; se da principalmente en suelos ácidos (FAO, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materiales, Equipos, Herramientas, Insumos

3.1.1. Materiales

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Wincha métrica
- ✓ Letreros
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Pita de rafia
- ✓ Estacas
- ✓ Etiquetas
- ✓ Mesa para catación
- ✓ Vasos pírex, cuchara para catación

3.1.2. Equipos

- ✓ Balanza gramera
- ✓ Trilladora
- ✓ Detector de humedad
- ✓ Tostadora de café
- ✓ Molino de Bunn
- ✓ Refractómetro
- ✓ pH metro
- ✓ Termómetro

3.1.3. Herramientas

- ✓ Mochila fumigadora

- ✓ Canasta de cosecha
- ✓ Machetes

3.1.4. Insumos

- ✓ Fertilizantes foliares: Macronutrientes (Nitrato de Amonio, Fosfato Monopotásico, Nitrato de Calcio y Sulfato de Magnesio) y Micronutrientes (Quelato de Hierro, Sulfato de Manganeso, Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Molibdato de Amonio y Ácido Bórico)
- ✓ Fertilizante edáfico: Molimax Café (20 N – 7 P – 20 K)
- ✓ Adherente: Aquacid

3.2. Campo Experimental

3.2.1. Ubicación del campo experimental

La investigación se llevó a cabo en la Finca “La Chorrera”, ubicándose en el C.P. Calabozo, Distrito de San José de Lourdes - Provincia San Ignacio - Región Cajamarca. Se realizó durante los meses de enero del 2022 hasta noviembre del 2022. La parcela cuenta con plantaciones de café de la variedad Catimor, de 4 años de edad, y al inicio del trabajo de investigación, la plantación de café estaba en la etapa de llenado de fruto.

La ubicación geográfica de la finca es la siguiente:

- Longitud: -78.823762
- Latitud: -5.0561
- Altitud: 1600 m.s.n.m.
- Pendiente: aprox. 15 al 20 %

Figura 5.

Ubicación satelital de la zona donde se realizó la investigación.



Nota: Tomado de Google Earth (2022).

3.2.2. Condiciones climáticas

Con respecto a las variables climáticas de temperatura y precipitación de la zona, que se presentaron durante la ejecución de la investigación, fueron descargados de los registros de la estación meteorológica de “Chirinos”, Provincia de San Ignacio.

En los meses del trabajo de investigación, se registraron temperaturas medias que estuvieron desde los 17.95 a 19.74 °C, en los meses de abril y octubre del 2022, respectivamente. **(ver tabla 3 y figura 7)** Jaramillo (1984), menciona que las temperaturas óptimas para producir café están alrededor de los 18 y 21 °C, y al comparar con las temperaturas presentadas en esta zona, se concluye que se encuentran en su rango óptimo.

Las temperaturas mínimas que se registraron fueron desde los 14.10 a 15.73 °C en los meses de abril y noviembre del 2022, respectivamente; y las temperaturas máximas estuvieron desde los 21.56 a 24.29 °C en los meses de junio y septiembre del 2022, respectivamente. **(ver tabla 3 y figura 7)** En cuanto a esto Jaramillo (1984), refiere que temperaturas superiores a los 30 °C o inferiores a los 12 °C, son desfavorables para el crecimiento y desarrollo de la planta. En

conclusión se deduce que las temperaturas mínimas y máximas registradas durante la investigación no perjudicaron al correcto crecimiento de las plantas.

Las condiciones de precipitación mensuales registradas en esta zona fueron desde los 53.30 a 180 mm en los meses de noviembre y marzo del 2022, respectivamente. **(ver tabla 3 y figura 6)** De acuerdo con Senamhi (2021) citando a Wintgens (2009), menciona que la precipitación anual óptima está alrededor de los 1400 y 1900 mm, debajo de los 800 mm repercuten en una baja productividad del café. Al comparar podemos deducir que la precipitación en esta zona se encuentra cerca del rango óptimo, no llegando a ser un gran problema para la plantación.

Tabla 3

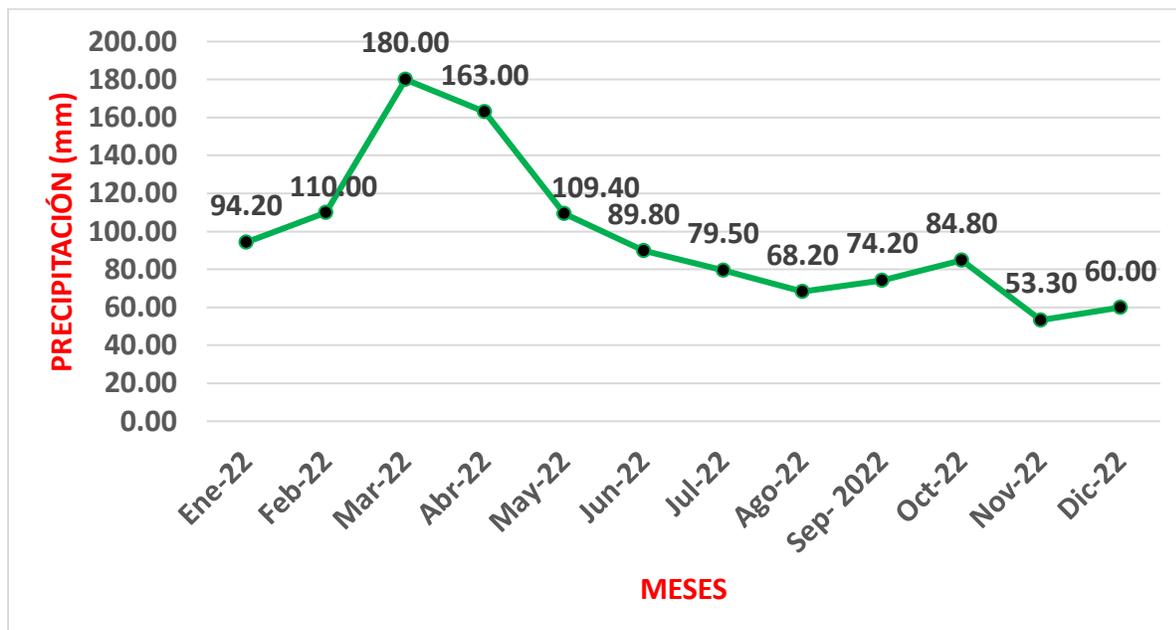
Condiciones meteorológicas presentadas en la zona durante los meses de investigación.

| MESES | TEMPERATURA (°C) | | | PRECIPITACIÓN mm/mes |
|------------------------|------------------|-------|--------|-------------------------|
| | máxima | media | mínima | |
| Enero 2022 | 22,10 | 18.46 | 14.82 | 94.20 |
| Febrero 2022 | 21.84 | 18.27 | 14.70 | 110.00 |
| Marzo 2022 | 21.64 | 18.38 | 15.12 | 180.00 |
| Abril 2022 | 21.80 | 17.95 | 14.10 | 163.00 |
| Mayo 2022 | 21.68 | 18.52 | 15.36 | 109.40 |
| Junio 2022 | 21.56 | 17.99 | 14.42 | 89.80 |
| Julio 2022 | 21.90 | 18.47 | 15.04 | 79.50 |
| Agosto 2022 | 22.48 | 18.31 | 14.15 | 68.20 |
| Septiembre 2022 | 24.29 | 19.61 | 14.94 | 74.20 |
| Octubre 2022 | 23.84 | 19.74 | 15.64 | 84.80 |
| Noviembre 2022 | 23.68 | 19.70 | 15.73 | 53.30 |
| Diciembre 2022 | 23.26 | 19.29 | 15.32 | 60.00 |

Nota. Datos tomados del Senamhi, Estación Meteorológica de Chirinos, San Ignacio (2022).

Figura 6.

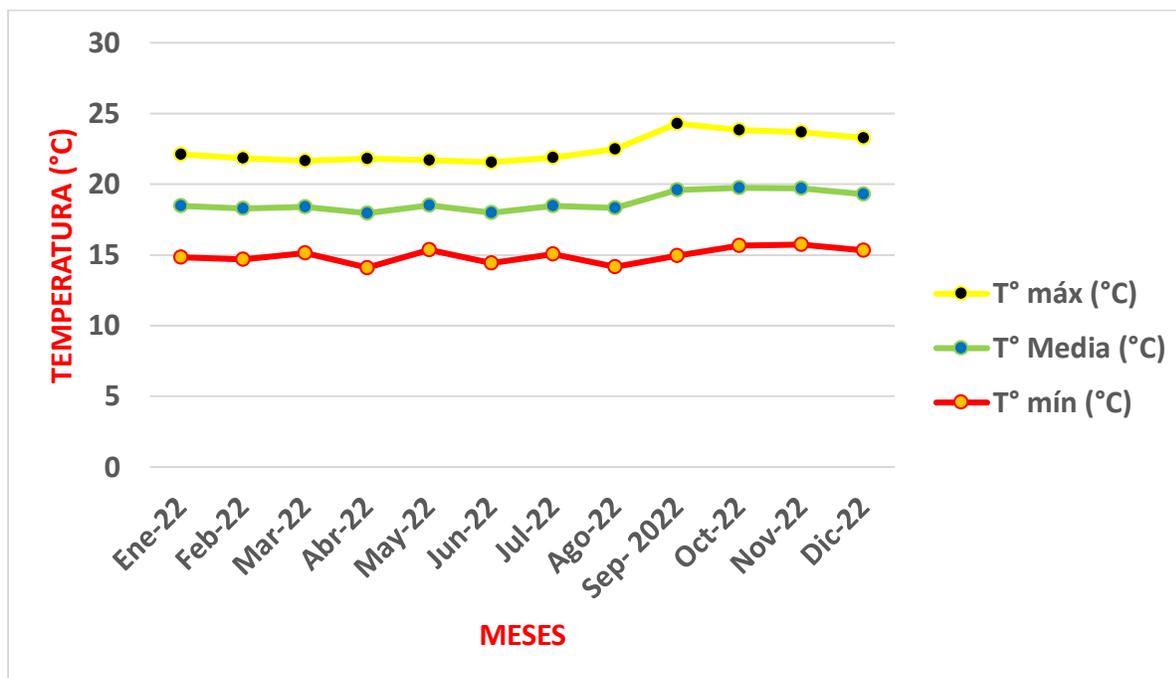
Precipitaciones presentadas durante los meses del trabajo de investigación.



Nota: Elaboración propia con datos del Senamhi (2022).

Figura 7.

Temperaturas presentadas durante los meses del trabajo de investigación.



Nota: Elaboración propia con datos del Senamhi (2022).

3.3. Estudio del suelo y la planta

3.3.1. Análisis del suelo

Para la evaluación de la fertilidad del suelo, se extrajo una muestra compuesta representativa del lugar de estudio, la cual estuvo conformada por un total de 20 submuestras a una profundidad de 20 cm distribuidas en zig - zag, de tal manera que abarque la mayor cantidad de área en estudio y considerando las técnicas de muestreo, como es la técnica del cuarteo. Una vez que se obtuvo la muestra de suelo de 1 kg solicitado por el laboratorio, se identificó la muestra con una etiqueta y se envió al Laboratorio de Análisis Plantas y Aguas de La Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima, para el análisis respectivo (análisis completo).

Evaluado la fertilidad del suelo, se tiene que este presenta una textura franco arcilloso, pH moderadamente ácido, sin problemas de salinidad, contenido medio de materia orgánica (Siavosh Sadeghian (2008), considera M.O. media de 6 a 8), bajo contenido de fósforo y contenido alto de potasio. También, presenta una muy buena CIC, sin problema de carbonatos, ni problema de acidez. (**ver tabla 4**) En síntesis, es un suelo con buenas condiciones, ideales para el cultivo de café.

Tabla 4

Resultado de análisis de caracterización del suelo.

| Clase textural | pH | C.E dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K Ppm | CACIONES CAMBIABLES | | | | | Suma de cationes | |
|----------------|------|----------|---------------------|--------|-------|-------|---------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|
| | | | | | | | CIC | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | | Al ⁺³ + H ⁺ |
| meq/100g | | | | | | | | | | | | | |
| Fr. Ar. | 5.93 | 0.40 | 0 | 7.79 | 6.2 | 441 | 36.16 | 22.60 | 4.70 | 1.21 | 0.27 | 0.25 | 29.02 |

Nota: UNALM Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (2022).

3.3.2. Análisis foliar

Para conocer del contenido nutricional de la planta, se realizó un muestreo foliar, haciendo un recorrido de la parcela en Zig-Zag, seleccionando las plantas al azar y de las ramas del tercio medio del árbol se recolectaron 4 hojas sanas por planta de café, una por cada punto cardinal, considerando el tercer par de hojas; procurando que estas hojas no presenten daños ya sea por plagas y/o enfermedades, hasta obtener 300 gr, que es lo que el laboratorio solicita, dicho peso es equivalente a 150 hojas. Cada bolsa se identificó con una etiqueta y la muestra se envió al Laboratorio de Análisis Plantas y Aguas de La Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima, para el análisis de tejido vegetal respectivo.

Los resultados del análisis foliar para macronutrientes fueron los siguientes: 2.72 % de Nitrógeno; 0.21 % fósforo; 1.46 % potasio; 1.22 % Calcio; 0.25 % Magnesio; y 0.15 % de Azufre. **(ver tabla 5)** Según, Matiello et al. (2005) la concentración ideal de macronutrientes en las hojas de café es: Nitrógeno de 2.0 - 3.5 %, Fósforo de 0.12 - 0.15 %, Potasio de 1.8 - 2.3 %, Calcio de 1.0 - 1.5 %, Magnesio de 0.35 - 0.5 % y para Azufre de 0.15 – 0.2 %. **(ver tabla 1A)** Contrastando con los resultados que se obtuvieron del análisis foliar, concluimos que las hojas de café, presentan un contenido medio de Fósforo, Nitrógeno y Calcio y un contenido bajo de Potasio, Azufre y Magnesio.

Los resultados del análisis foliar para micronutrientes fueron los siguientes: 9 ppm de Zinc; 22 ppm Cobre; 113 ppm Manganeso; 62 ppm Fierro; y 82 ppm de Boro. **(Ver tabla 5)** Con respecto a la concentración ideal de micronutrientes en las hojas de café, Matiello et al. (2005) **(Ver tabla 2A)**, detalla lo siguiente: Boro 40 - 80 ppm, Cobre 10 - 50 ppm, Fierro 70 - 200 ppm, Manganeso de 50 – 200 ppm, y para Zinc de 10 - 20 ppm. Comparando con los resultados obtenidos, se

concluye que las hojas de café evaluadas, tienen un contenido alto de Boro, un contenido medio de Cobre y Manganeseo y un contenido bajo de Fierro y Zinc.

Tabla 5

Resultados del análisis foliar.

| N | P | K | Ca | Mg | S | Na | Zn | Cu | Mn | Fe | B |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| % | % | % | % | % | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| 2.72 | 0.21 | 1.46 | 1.22 | 0.25 | 0.15 | 0.02 | 9 | 22 | 113 | 62 | 82 |

Nota: UNALM Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (2022).

3.4. Tratamientos en estudio

3.4.1. Fertilización Foliar

El trabajo experimental en campo se estableció de forma aleatoria a los tratamientos, compuestos por cuatro (4) concentraciones crecientes de la mezcla soluble de nutrientes, tanto de macronutrientes y micronutrientes (**ver tabla 6 y tabla 7**) sumado a ello 1 testigo, teniendo un total de 5 tratamientos en estudio.

- T0: plantas de café sin aplicación de mezcla de nutrientes (testigo).
- T1: plantas de café con aplicación de 1.5 L/ha de mezcla de nutrientes a una concentración del 1%.
- T2: plantas de café con aplicación de 1.5 L/ha de mezcla de nutrientes a una concentración del 2%.

- T3: plantas de café con aplicación de 1.5 L/ha de mezcla de nutrientes a una concentración del 3%.
- T4: plantas de café con aplicación de 1.5 L/ha de mezcla de nutrientes a una concentración del 4%.

Tabla 6

Concentración y mezcla de los macronutrientes aplicados.

| CONCENTRACIÓN | FERTILIZANTES MEZCLADOS | | | | TOTAL de Mezcla |
|---------------|---------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | Nitrato de Amonio (31% N) | Fosfato Mono potásico (52%P ₂ O ₅ - 34% K ₂ O) | Nitrato de Ca (15,5% N - 26,6% CaO) | Sulfato de Mg (16% MgO - 13% S) | |
| 1% | 33 g/L | 20 g/L | 40 g/L | 65 g/L | 158 g/L |
| 2% | 66 g/L | 40 g/L | 80 g/L | 130 g/L | 316 g/L |
| 3% | 99 g/L | 60 g/L | 120 g/L | 195 g/L | 474 g/L |
| 4% | 133 g/L | 80 g/L | 160 g/L | 260 g/L | 633 g/L |

Fuente: (Córdova y Calle, 2022) Laboratorio de Suelos FAG – UNPRG.

Tabla 7

Concentración y mezcla de los micronutrientes aplicados.

| CONCENTRACIÓN | FERTILIZANTES MEZCLADOS | | | | | | TOTAL de Mezcla |
|---------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|
| | Quelato de Fe (6%) | Sulfato de Mn (25%) | Sulfato de Zn (25%) | Sulfato de Cu (23%) | Molibdato de Amonio (54%) | Ácido Bórico (18%) | |
| 1% | 20 g/L | 20 g/L | 20 g/L | 20 g/L | 6 g/L | 20 g/L | 106 g/L |
| 2% | 40 g/L | 40 g/L | 40 g/L | 40 g/L | 6 g/L | 40 g/L | 206 g/L |
| 3% | 60 g/L | 60 g/L | 60 g/L | 60 g/L | 6 g/L | 60 g/L | 306 g/L |
| 4% | 80 g/L | 80 g/L | 80 g/L | 80 g/L | 6 g/L | 80 g/L | 406 g/L |

Fuente: (Córdova y Calle, 2022) Laboratorio de Suelos FAG – UNPRG.

Teniendo en cuenta el análisis de suelo y foliar, se consideró aplicar una sola dosis que fue de 1.5 L por aplicación, en las cuatro concentraciones (**ver tabla 8**), lo cual nos permitió conocer que concentración ayudó a mejorar la calidad física y organoléptica.

Tabla 8

Dosis por cada aplicación foliar a diferentes concentraciones de mezcla de nutrientes/ha.

| T | CONCENTRACIÓN | DOSIS de Nutrientes | | | 1ra Aplicación (L) | 2da Aplicación (L) | 3ra Aplicación (L) | Dosis Total L/ha |
|-------------|---------------|---------------------|---|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | Macro | - | Micro (L) | | | | |
| 0 (Testigo) | 0% | | | - | - | - | - | - |
| 1 | 1% | 1 | - | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.5 |
| 2 | 2% | 1 | - | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.5 |
| 3 | 3% | 1 | - | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.5 |
| 4 | 4% | 1 | - | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 4.5 |

Fuente: Elaboración propia (2022)

3.4.2. Tiempos de Fermentación

En el proceso de fermentación, se consideraron tres tiempos de fermentación en el café despulpado, provenientes de las muestras cosechadas de los cinco tratamientos en los cuáles se les aplicó nutrientes vía foliar, a excepción del testigo. En este proceso se consideró como testigo al tiempo de fermentación tradicional que normalmente es empleado por los caficultores de la zona en estudio.

- ✓ FT1: muestra de café con tiempo de fermentación tradicional de 12 horas.
- ✓ FT2: muestra de café con tiempo de fermentación de 18 horas.
- ✓ FT3: muestra de café con tiempo de fermentación de 24 horas.

Tabla 9

Tratamientos de fertilización foliar aplicando tres tiempos de fermentación.

| TIEMPOS DE FERMENTACIÓN (FT) | TRATAMIENTOS DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES | | | | |
|------------------------------------|--|----------|----------|----------|----------|
| | T0, T1, T2, T3, T4 | | | | |
| FT1: 12 horas | T0 - FT1 | T1 - FT1 | T2 - FT1 | T3 - FT1 | T4 - FT1 |
| FT2: 18 horas | T0 - FT2 | T1 - FT2 | T2 - FT2 | T3 - FT2 | T4 - FT2 |
| FT3: 24 horas | T0 - FT3 | T1 - FT3 | T2 - FT3 | T3 - FT3 | T4 - FT3 |

Fuente: Elaboración propia (2022)

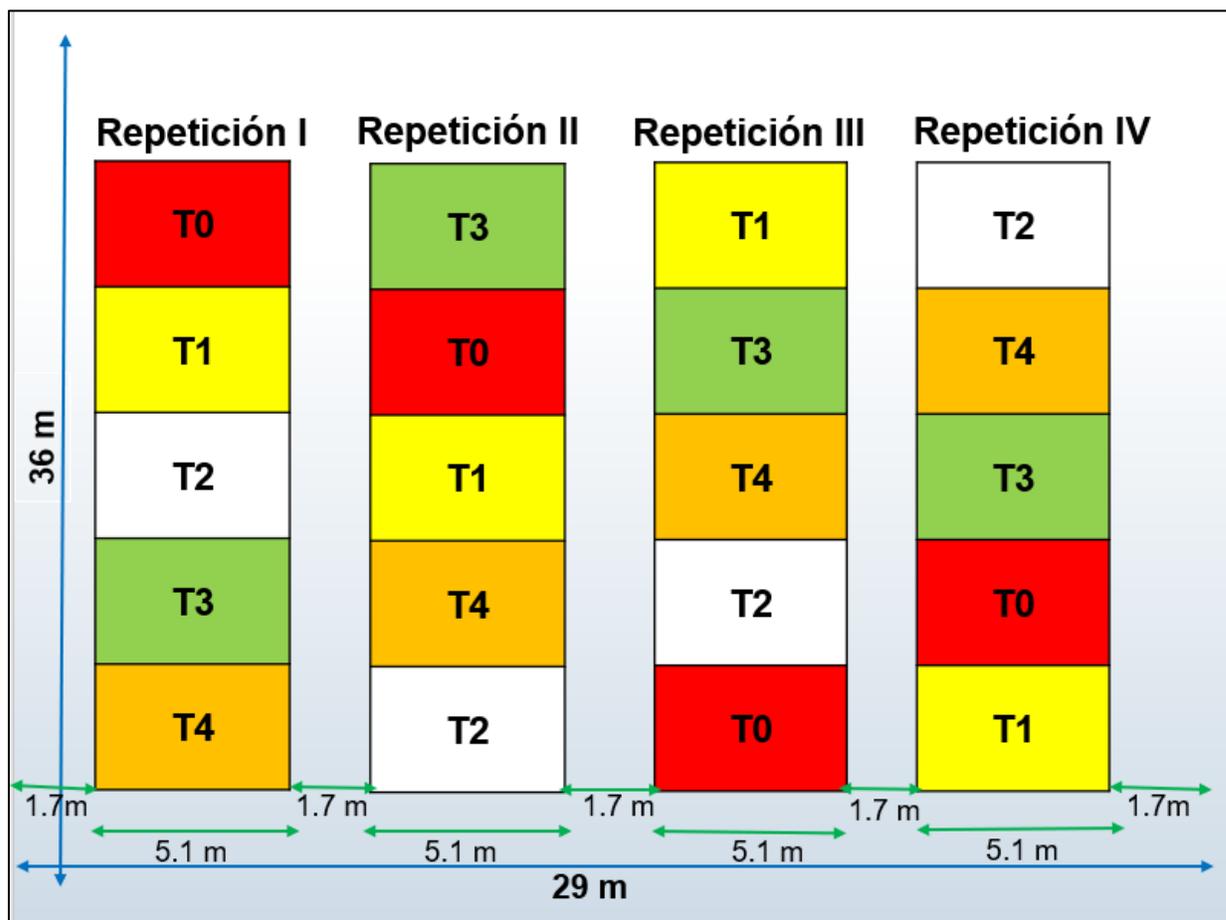
Para cada tratamiento de la aplicación de nutrientes, durante el proceso de fermentación se consideró tres tiempos de fermentación; llegando a ser 15, el número de tratamientos y 60 el número total de muestras investigadas por cosecha. La cosecha se realizó en dos momentos, para los cuáles se consideró las más significativas; dado que la floración del café, se presenta de manera escalonada y en algunos lugares se está recolectando de manera constante. Por consiguiente el número total de muestras analizadas en esta investigación fueron de 120.

3.5. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado, fue el diseño de bloques completamente al azar (BCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo 20 parcelas experimentales. **(ver figura 8)** El área de trabajo posee una pendiente inclinada aproximadamente entre 15 a 20 %, con un área total del experimento de 1044 m². La longitud de cada tratamiento fue de 6 m y la anchura de 5,1 m. (en total 5 tratamientos incluyendo al testigo) y con una separación entre tratamientos de 1.7 m., la longitud de cada bloque fue de 30 m., y con 5,1 m de ancho (en total 4 bloques) en la que se distribuyeron los tratamientos.

Figura 8.

Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados.



Nota: Elaboración propia (2022)

3.6. Dimensiones del campo experimental

De acuerdo con el croquis diseñado, el campo experimental tendrá las siguientes dimensiones.

a) Bloques:

- Número de repeticiones o bloques 4
- Largo de repeticiones 30 m
- Ancho de repeticiones 5.1 m

- Área del bloque 153 m²
- Parcelas del bloque 5
- Distancia entre bloque 1.7 m

b) Parcela tratamiento:

- Largo 6 m
- Ancho 5.1 m
- Área de la parcela 30.6 m²
- Plantas por parcela 9
- Número total de plantas/bloque 45

c) Surco

- Distancia entre planta 1.50 m
- Distancia entre surco 1.70 m

d) Resumen del área experimental

- Largo 36 m
- Ancho 29 m
- Área total del experimento 1044 m²
- Total, de plantas evaluadas en el trabajo de investigación. 180 plantas

3.7. Conducción del Experimento

3.7.1. Instalación del diseño experimental

Se trabajó en una parcela de café Cultivar Catimor con 4 años de edad, se marcaron los bloques y parcelas experimentales correspondientes según los tratamientos en estudio con estacas, enumerando los tratamientos y utilizando cordel para hacer la respectiva distribución. Se marcaron los tratamientos, con estacas en la orilla de cada bloque, cada tratamiento estuvo establecido de 5.1 m de ancho por 6 m de largo y por cada tratamiento se evaluó 9 plantas.

Cada tratamiento se separó por un espacio de 2 plantas de café sin aplicar, con el objetivo de poder diferenciar el tratamiento y evitar confundirlos. Para cada tratamiento a evaluar se colocó una estaca y el nombre de dicho tratamiento con un pequeño cartel.

3.7.2. Desmalezado

El control de malezas se realizó en el mes de febrero y luego cada tres meses hasta finalizar la investigación. Para ello se realizó un control manual utilizando la herramienta “machete”.

3.7.3. Fertilización edáfica

La dosis de fertilizante por hectárea fue de 600 Kg/ha/año. Se aplicaron dos abonamientos para la totalidad de las plantas del área en experimento, cabe mencionar que la primera aplicación ya estuvo realizada por el propietario de la finca, el cuál lo realizó en el mes de noviembre, en la fase de prefloración y la dosis empleada por planta fue de 70 g de Molimax café (20 N - 7 P - 20 K). La otra fertilización que se realizó fue en el mes de marzo, en la etapa de llenado de fruto y la dosis empleada por planta fue de 80 g del fertilizante Molimax café (20 N – 7 P – 20 K).

3.7.4. Fertilización foliar

En cada tratamiento (a excepción del testigo) se aplicó vía foliar la dosis de nutrientes de diferente concentración en la etapa de llenado de fruto. La dosis empleada por cada aplicación fue de 1.5 L/ha de nutrientes.

Se realizaron 3 aplicaciones de nutrientes vía foliar con intervalos de tiempo de 20 días. Durante las aplicaciones, el cultivo de café estaba en la fase de llenado de fruto; la primera aplicación se realizó el 15 de marzo del 2022, la segunda aplicación el 03 de abril y la tercera y última aplicación foliar de los nutrientes fue el día 26 de abril del 2022.

Figura 9.

Aplicación foliar de nutrientes, sobre las plantas de café en estudio.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

3.7.5. Cosecha

Para el presente estudio, esta actividad se realizó en 2 momentos diferentes, considerando las más significativas, dado que la floración del café se presenta de manera escalonada y en algunos lugares se está recolectando de manera constante. El primer momento de cosecha, se realizó desde el 02 de junio hasta el 09 de junio del 2022; y el segundo momento, se realizó desde el 06 al 13 de julio del 2022. Se ejecutó una cosecha selectiva, esto quiere decir que se recolecto solo frutos maduros. Además, se realizó la medición de los °Brix, con la ayuda del refractómetro.

Figura 10.

Realizando la cosecha selectiva.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

3.7.6. Proceso poscosecha

- a) **Despulpado.** Se ejecutó haciendo uso de una máquina “despulpadora”, antes de realizar dicho proceso, se calibra adecuadamente; y así evitar daños en el grano, lo que influirá en la calidad física, es oportuno indicar que dicha actividad se realizó el mismo día que fueron recolectados los frutos.

b) **Fermentado.** En este proceso, se dejó fermentar en bolsas de polietileno de color negro, evaluando los tiempos de 12, 18 y 24 horas, durante estos, con la ayuda de un peachímetro se monitoreo el pH y temperatura durante el proceso de fermentación (**ver figura 11**). Asimismo las lecturas de pH se realizaron en diferentes intervalos de tiempo. El tiempo 1, se registró a las 12 horas, el tiempo 2 se registró a las 18 horas y el tiempo 3, se realizó la lectura de pH a las 24 horas; el mismo procedimiento se ejecutó para monitorear la temperatura (°C) en el proceso de fermentación.

Figura 11.

Medición de pH y temperatura en el proceso de fermentación.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

c) **Lavado.** Esta actividad se realizó en una tina plástica, utilizando agua limpia, se consideró la eliminación de granos flotantes (rebalse) eliminando de esta manera ciertos defectos (**ver figura 12**), y se procedió a frotarlos para que de esta manera se desprenda el mucílago, dicho proceso se repitió 3 veces.

Figura 12.

Proceso de Lavado y Rebalse.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

d) *Secado.* Esta actividad se realizó en un secador solar con base de concreto.

Se extendieron las muestras debidamente identificadas (codificadas por cada repetición y tratamientos), utilizando bambú para la separación entre tratamientos (evitando que se mezclen); con una herramienta de pala, se movieron las muestras de café, 4 veces al día, con la finalidad de mantener un secado uniforme. El tiempo de secado duró entre 7 a 10 días, debido a que, en los días de secado, el clima estuvo variado (días de lluvia y de escaso sol).

Figura 13.

Proceso de secado de café, de los tratamientos en estudio.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

- e) **Almacenamiento.** Habiendo alcanzado la humedad entre 11 a 12 %, cada muestra fue depositada en bolsas plásticas, previamente codificadas para facilitar el traslado al Laboratorio de Control de Calidad, de la Cooperativa APROCASSI - Jaén, dicho ambiente, es apropiado para conservar la calidad.

3.8. Características Evaluadas

Se evaluó la influencia de la aplicación foliar de nutrientes, a diferentes concentraciones y tiempos de fermentación en la calidad física y organoléptica del café; Cultivar Catimor considerando las siguientes características:

a) Longitud y ancho del fruto (cm)

La medición de la longitud del fruto de café se emplearon 10 frutos (cerezos) seleccionados al azar por cada tratamiento (parcela experimental) y por cada repetición, haciendo uso de una

regla graduada (cm, mm). De la misma manera se realizó las mediciones del ancho del cerezo de café. Los datos obtenidos en campo se registraron en una libreta; posteriormente se determinó el promedio de los 10 frutos evaluados, tanto en longitud y ancho.

Figura 14.

Medición de la longitud del fruto de café.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

Figura 15.

Medición del ancho del fruto de café.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

b) Grados Brix

Previo a cosechar el café, se recogió frutos de café en su estado de maduro, se seleccionó 10 frutos al azar por cada parcela (9 plantas cada una). Para evaluar los °Brix, se realizó con la ayuda de un equipo llamado refractómetro; debidamente calibrado, dicho proceso consistió en extraer una gota de mucílago del fruto y colocarla en el área de medición, posteriormente se observó a través del lente del equipo, el área que permite realizar la lectura.

Se registró la lectura que marca el equipo (cantidad de sacarosa) (**ver figura 16**). Con estos datos se procedió a determinar el porcentaje de sacarosa que presentó el fruto de café, al promediar los 10 frutos evaluados.

Figura 16.

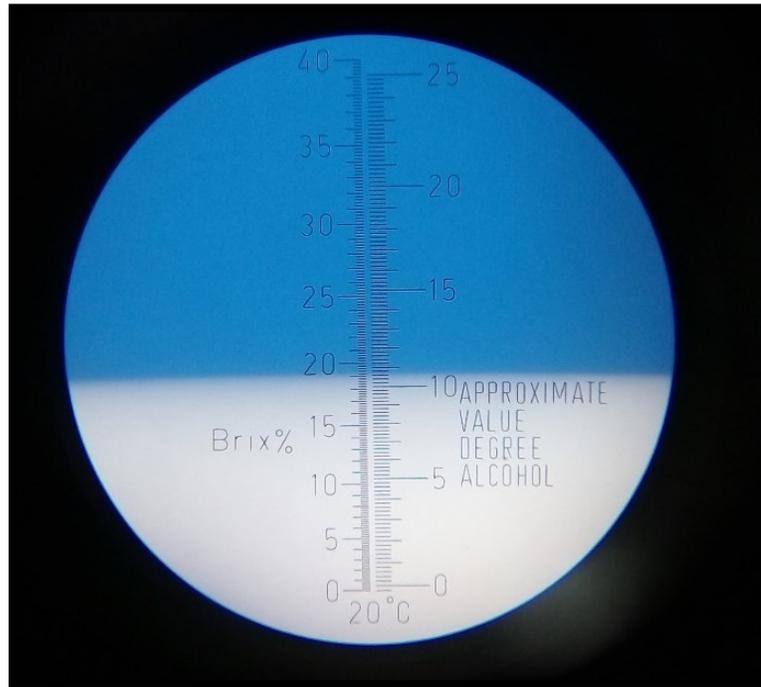
Selección de 10 frutos para la medición de grados brix.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

Figura 17.

Lectura de grados brix (visualización a través del lente del equipo).



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

c) Lecturas de pH y Temperatura durante el proceso de fermentación

Los valores de temperatura y pH del proceso en fermentación, fueron registrados a las 12, 18 y 24 horas de fermentado, utilizando un peachímetro digital. Para la toma de los valores de pH y temperatura en fermentación, se esperó que el valor marcado en el equipo, estuviese estable; una vez que se estabilizaron los valores, se procedió a registrar estos datos (**ver figura 18**).

Figura 18.

Medición de pH y temperatura en el proceso de fermentación.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

d) Análisis Físico:

En total se analizaron 120 muestras para la calidad física, los pasos realizados para ello fueron:

- Por cada muestra se pesaron 400 g de café pergamino (considerando las especificaciones de SCAA, adaptados por la Cooperativa APROCASSI), posterior a ello se hizo el trillado, el mismo que consiste en la expulsión de la cascarilla o pergamino del grano.
- Luego el café verde “café oro”; se pasó por la Zaranda N° 14, descartando granos muy pequeños y con el objetivo de separar manualmente los defectos que pudiese presentar la muestra, tales como: brocados, ámbar o amarillo, cardenillo, cortado, concha, cisco, alguna impureza, etc.

- Del café oro se pesó 142 g para medir la humedad.
- Se pesan los granos buenos.
- Se pesan los granos con defectos.

Finalmente utilizamos la siguiente FÓRMULA:

$$Rf = \frac{Pgb}{Pmp} \times 100$$

Dónde:

- ✓ Rf: Rendimiento físico
- ✓ Pgb: Peso de granos buenos
- ✓ Pmp: Peso de muestra en pergamino
- ✓ Pmp = fue de 400 g para todas las muestras

Figura 19.

Proceso del análisis físico de las muestras de café.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

e) Análisis Organoléptico

También llamado análisis sensorial y de catación. En total se analizaron 120 muestras. El procedimiento para dicha evaluación fue el siguiente:

- Después de realizar el análisis físico para que las muestras queden sin defectos, el café en oro, se llevó al laboratorio de catación.
- Para evaluar las muestras, se realizó el tostado 24 horas antes de la catación, utilizando una máquina tostadora a gas de dos tambores con capacidad de 110 g por cada tambor.
- El peso de tueste fue de 100 g de café oro por cada muestra y se trabajó con un Nivel de Tueste Medio, obteniéndose en un tiempo promedio de 8 a 9 minutos.
- Al día siguiente se inició a preparar la mesa de catación, por cada muestra a evaluar se pusieron 5 vasos pírax y/o tazas; por cada taza, se pesa 11.5 g de café tostado y seguidamente se procedió a moler el café tostado en el molino de Bunn, para volver a colocar el café molido en cada uno de los vasos.
- Se realizó el análisis sensorial, por los dos especialistas del área de control de calidad de la Cooperativa APROCASSI, utilizando la tabla de la SCAA (Specialty Coffee Association of American); previo a ello se les entregó las muestras debidamente codificadas por cada tratamiento.
- El primer atributo evaluado fue la Fragancia/Aroma. La fragancia se evaluó olfateando las muestras debidamente molidas y distribuidas en 5 vasos pírax. Habiendo realizado esto, se procedió a agregar agua hervida, la misma que contaba con una temperatura aproximada de 90 a 95 °C., formando de inmediato una corteza. En un tiempo de 3 a 4 minutos se procede a Romper Taza, actividad que se basa en

quitar con una cuchara sopera la corteza formada en la taza; y después de esto se procede a olfatear para evaluar el aroma. La fragancia/aroma se califica sobre base seca y húmeda.

- Se tuvo que esperar 15 minutos para comenzar a probar las muestras; realizando tres pasadas (caliente, semicaliente y frío) el cual consiste en aspirar el café por la boca, cubriendo la mayor área posible, esencialmente la lengua y el paladar superior.
- Finalmente se procedió a calificar los atributos de la bebida de café: acidez, cuerpo, sabor, balance, dulzura, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador (**ver figura 20**).

Figura 20.

Proceso de catación de las muestras de café.



Fuente: Elaboración propia (Calle G. Esdras, 2022)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4. ANÁLISIS DE VARIANZA

4.1. ANAVA DE CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Para las siete características evaluadas (**ver tabla 10**) se realizó el análisis de varianza, utilizando la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad, donde se observó que todas las características estadísticamente son significativas para la fuente de variación tratamientos; a excepción de temperatura en el proceso de fermentación, ya que la fertilización foliar no influyó en este parámetro; teniendo en cuenta estos datos obtenidos, se rechaza la hipótesis nula y por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna.

En cuanto a las características de tamaño del fruto, es decir la longitud (**ver tabla 11**) y ancho del fruto (**ver tabla 12**), se observó que existe significancia estadística; por tanto, se acepta la hipótesis alterna, es decir, existe una respuesta favorable del cultivo a la aplicación foliar de nutrientes, pues se comprobó que hubo un incremento del tamaño del fruto de café. De la misma manera, para los grados brix (**ver tabla 13**), se determinó que existe una significancia estadística; por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna y deducimos que la aplicación vía foliar de diferentes concentraciones de mezclas de nutrientes, influye en la aceleración de la maduración del fruto y ayuda a una mayor concentración de azúcar en el fruto de café.

De igual modo, para la calidad física (**ver tabla 16**) y calidad en taza (**ver tabla 18**), se obtuvieron valores estadísticamente significativos. Por ello, mediante este trabajo y considerando los parámetros de calidad física y organoléptica del café, se ha determinado que el cultivo de café Cultivar Catimor, tiene respuesta favorable a la aplicación foliar de nutrientes, provenientes de mezclas a diferentes concentraciones y duración en el proceso de fermentación, resaltando el

tiempo de 18 horas; para la altitud y en las condiciones del medio donde se ejecutó la investigación, por lo que se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 10

Análisis de varianza de las características evaluadas en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Región Cajamarca - 2022.

| CARACTERISTICAS | CUADRADOS MEDIOS DE LAS FUENTES DE VARIACION | | | |
|--------------------|--|--------------|---------|--------|
| | REPETICIONES | TRATAMIENTOS | ERROR | CV (%) |
| Longitud del Fruto | 1.5E-03 | 0.02 * | 1.5E-03 | 2.16 |
| Ancho del Fruto | 1.8E-03 | 0.02 * | 1.1E-03 | 2.13 |
| Grados Brix | 0.11 | 1.70 ** | 0.07 | 1.46 |

*y** = Significación y alta significación al 0.05 de probabilidad

n.s = No hay significación estadística

Fuente: Elaboración propia (2022)

| CARACTERISTICAS | CUADRADOS MEDIOS DE LAS FUENTES DE VARIACION | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|------------------------|-------|--------|
| | REPETICIONES | FERTILIZACION FOLIAR | TIEMPO DE FERMENTACION | ERROR | CV (%) |
| pH de fermentación | 0.33 | 0.11 * | 12.14 ** | 0.03 | 4.60 |
| Temperatura de fermentación | 2.68 | 0.40 n.s | 136.38 ** | 5.36 | 9.44 |
| Rendimiento Físico | 7.05 | 20.33 * * | 11.66 * | 2.09 | 1.87 |
| Calidad en Taza | 1.24 | 2.90 * | 7.63 ** | 0.96 | 1.17 |

*y** = Significación y alta significación al 0.05 de probabilidad

n.s = No hay significación estadística

Fuente: Elaboración propia (2022)

4.2. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

4.2.1. LONGITUD DEL FRUTO

Al emplear la prueba de Duncan, se comprueba que entre los valores promedios de los tratamientos en investigación, existe significancia estadística, destacando todos los tratamientos, a excepción del T0 (testigo).

El Tratamiento 2 (2% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.89 cm, el T4 (4% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.85 cm, el T3 (3% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.83 cm y el T1 (1% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.83 cm presentan mayor longitud de fruto y superan estadísticamente al T0 (testigo) quien solo presenta 1.69 cm.

Los resultados alcanzados, demuestran influencia positiva de la fertilización foliar para el tamaño del fruto, incrementando su longitud en 0.20 cm, del T0 (Testigo) con 1.69 cm al T2 (2% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.89 cm. (ver tabla 11 y figura 21)

Tabla 11

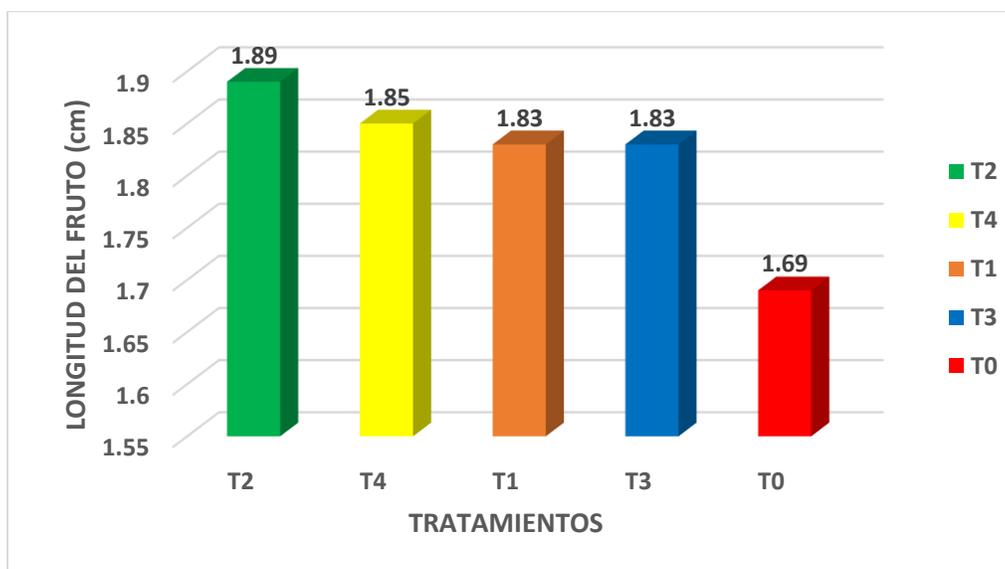
Longitud del fruto de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA |
|----|---------------------------|-----------|------------------------|
| T2 | (2% Mezcla de nutrientes) | 1.89 | A |
| T4 | (4% Mezcla de nutrientes) | 1.85 | A |
| T1 | (1% Mezcla de nutrientes) | 1.83 | A |
| T3 | (3% Mezcla de nutrientes) | 1.83 | A |
| T0 | (Testigo) | 1.69 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 21.

Longitud del fruto de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. ANCHO DEL FRUTO

Al realizar la prueba de Duncan, se determina que entre los valores promedios de los tratamientos en investigación, existe significancia estadística, destacando todos los tratamientos, a excepción del T0 (testigo).

El Tratamiento 1 (1% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.60 cm, el T2 (2% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.58 cm, el T4 (4% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.57 cm y el T3 (3% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.56 cm presentan mayor anchura de fruto y superan estadísticamente al T0 (testigo) quien solo presenta 1.44 cm.

Los resultados alcanzados, demuestran influencia positiva de la fertilización foliar para el tamaño del fruto, aumentando su anchura en 0.16 cm, del T0 (Testigo) con 1.44 cm al T1 (1% de concentración de mezcla de nutrientes) con 1.60 cm. (ver tabla 12 y figura 22)

Tabla 12

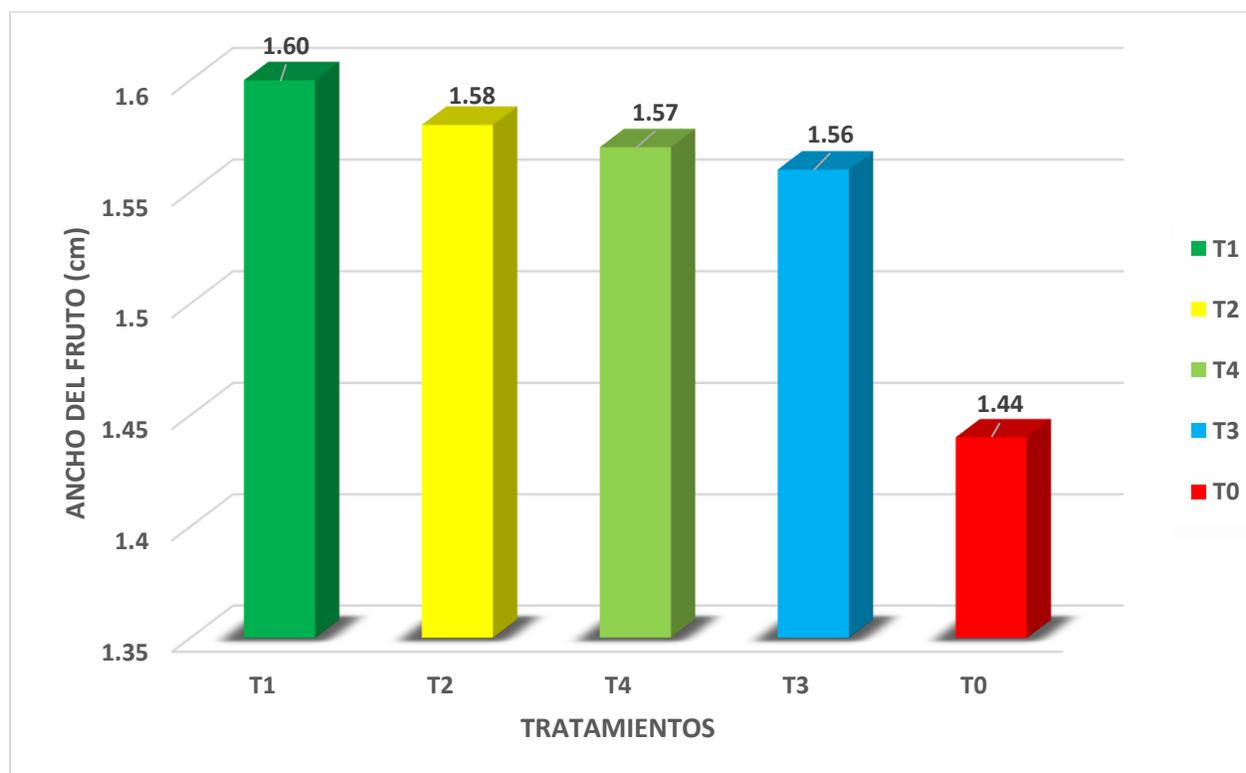
Ancho del fruto de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA |
|----|---------------------------|-----------|------------------------|
| T1 | (1% Mezcla de nutrientes) | 1.60 | A |
| T2 | (2% Mezcla de nutrientes) | 1.58 | A |
| T4 | (4% Mezcla de nutrientes) | 1.57 | A |
| T3 | (3% Mezcla de nutrientes) | 1.56 | A |
| T0 | (Testigo) | 1.44 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 22.

Ancho del fruto de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. GRADOS BRIX

Al aplicar la prueba de Duncan para los grados Brix, se demuestra que existe significancia estadística de los promedios entre tratamientos, donde destacan el T3 (3% mezcla de nutrientes) con 19.03 °Brix, y el T2 (2% mezcla de nutrientes) con 18.85 °Brix; con respecto al T4 (4% mezcla de nutrientes) 18.45 °Brix, T1 (1% mezcla de nutrientes) 18.35 °Brix y T0 (testigo) con 17.35 °Brix (ver tabla 13 y figura 23). Por tal razón, al aumentar la concentración de nutrientes en la solución (hasta 3%), se logra incrementar los grados Brix, es decir, la concentración de azúcares en el fruto o cerezo de café, ayudando a obtener una buena calidad de taza.

Los resultados obtenidos nos dan una diferencia de 1.68 °Brix, del T3 (3% mezcla de nutrientes) con 19.03 °Brix, respecto al T0 (testigo) con 17.35 °Brix.

Tabla 13

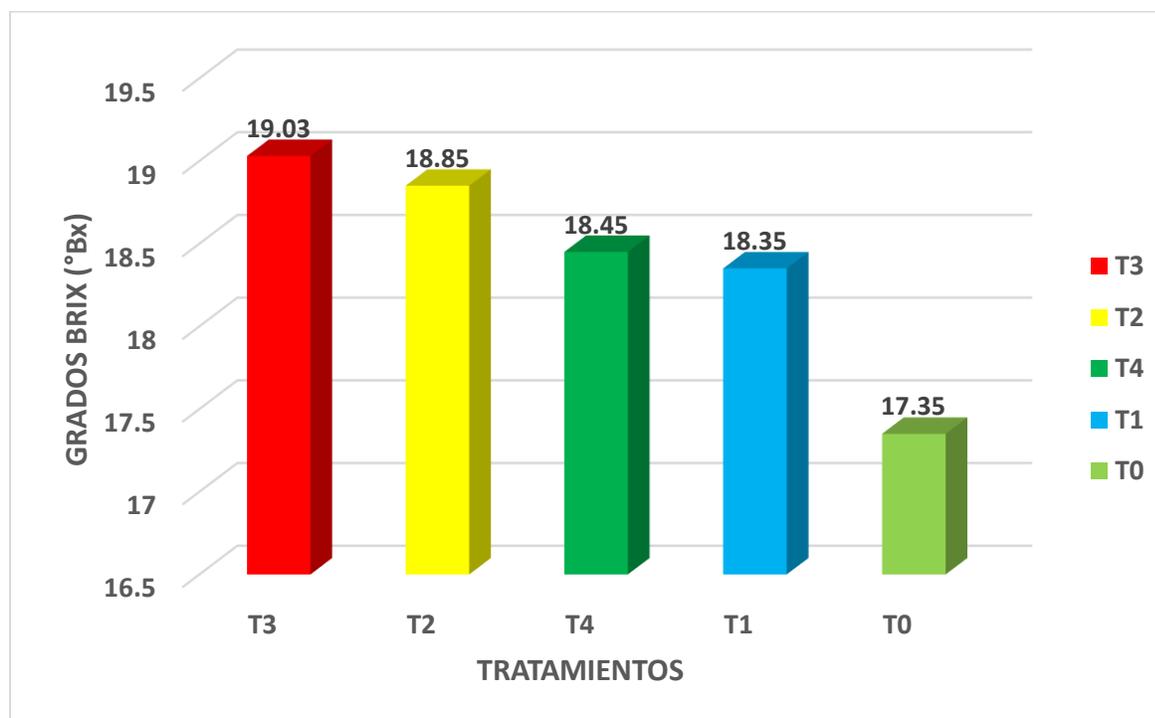
Grados Brix del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | |
|----|-------------------------|-----------|------------------------|---|
| T3 | (3% Mezcla de solubles) | 19.03 | A | |
| T2 | (2% Mezcla de solubles) | 18.85 | A | B |
| T4 | (4% Mezcla de solubles) | 18.45 | B | C |
| T1 | (1% Mezcla de solubles) | 18.35 | C | |
| T0 | (Testigo) | 17.35 | D | |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 23.

Grados Brix del café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. pH EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Para analizar el pH, se realizó la prueba de Duncan, donde se determinó que si hay significancia estadística del T4FT1 (4% mezcla de nutrientes - 12 horas) pH de 4.91, T0FT1 (testigo - 12 horas) pH de 4.79 y T2FT1 (2% mezcla de nutrientes - 12 horas) pH de 4.68; con respecto a todos los demás tratamientos evaluados. (ver tabla 14 y figura 24).

Los resultados nos indican una diferencia en pH de 1.69, del T4FT1 (4% mezcla de nutrientes - 12 horas fermentación) con 4.91 de pH, respecto al T2FT3 (2% mezcla de nutrientes - 24 horas fermentación) con 3.22 de pH. Con respecto a los promedios, es influyente la cantidad de horas que se suministraron para la fermentación; así tenemos que el tiempo de fermentación de 12 horas (FT1), los valores de pH fueron los más altos, estando el rango de pH entre 4.91 a 4.43,

el FT2 (18 horas), siendo valores medios, el pH va desde 3.53 hasta 3.37, y el FT3 (24 horas) su pH está entre los 3.26 a 3.22, llegando a ser los valores de pH más bajos presentes en la investigación.

Comparando los resultados de pH con respecto a la calidad en taza (**ver tabla 16 y figura 26**) se deduce que:

- ✓ El valor de pH favorable para incrementar el puntaje en taza está en promedio de 3.37 de pH, siendo los tratamientos T3FT2 (3% mezcla de nutrientes - 18 horas fermentación) y T0FT2 (testigo - 18 horas de fermentación), obteniendo puntajes de 85.00 y 84.25 puntos respectivamente.
- ✓ Los valores de pH más bajos son los tratamientos T2FT3 (2% mezcla de nutrientes - 24 horas fermentación) y T0FT3 (testigo - 24 horas de fermentación), con 3.22 de pH para ambos tratamientos, y con respecto al puntaje en taza, obtuvieron 83.19 y 82.69 puntos respectivamente.
- ✓ Los valores de pH más altos fueron los tratamientos T4FT1 (4% mezcla de nutrientes - 12 horas fermentación) con 4.91 de pH, obteniendo 82.75 puntos en taza y T0FT1 (testigo - 12 horas de fermentación), con 4.79 de pH, obteniendo 81.81 puntos en taza, llegando a ser el puntaje más bajo de la calidad en taza; por lo tanto, en el proceso de fermentación los valores altos de pH son desfavorables para obtener una buena calidad en taza.

Tabla 14

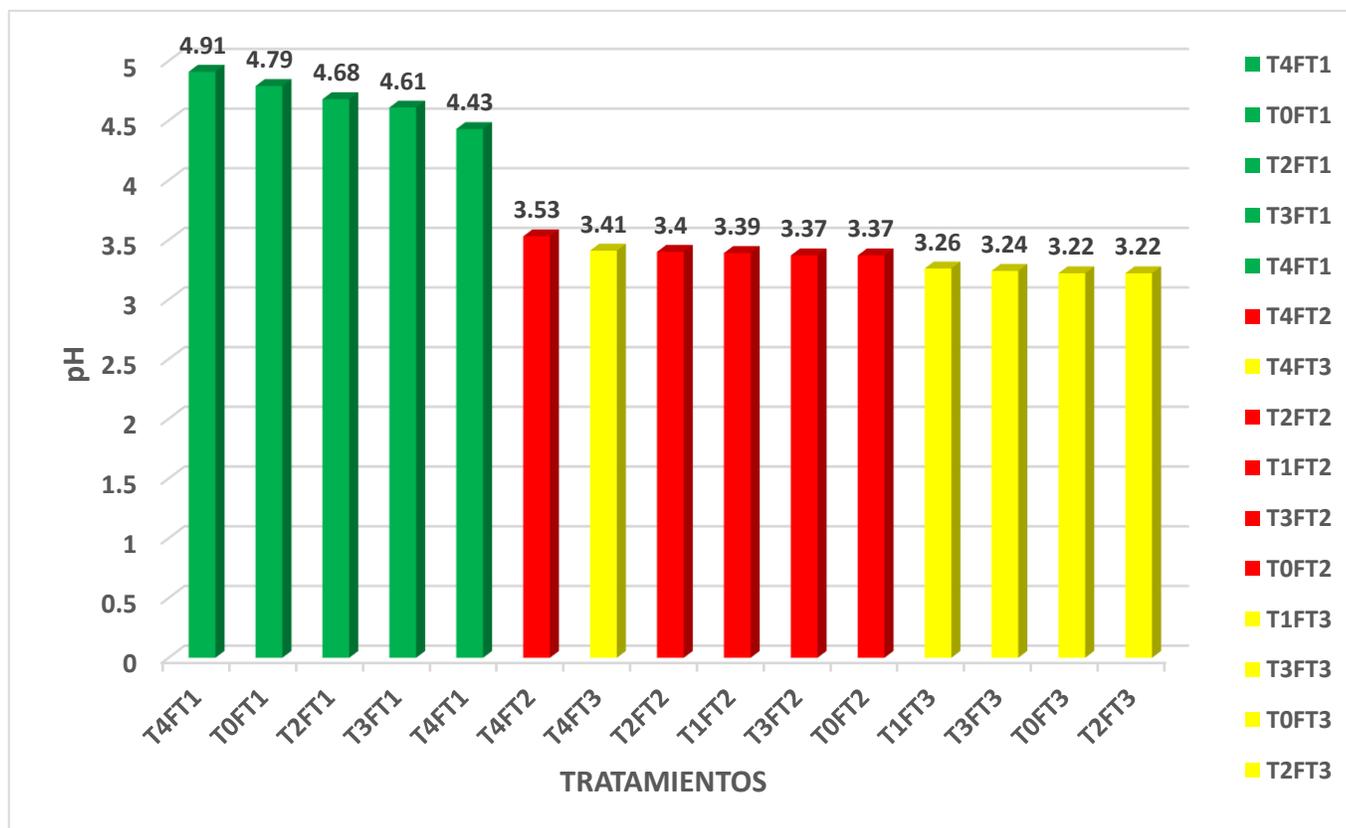
pH de fermentación del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | |
|--------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|---|-----|
| T4FT1 | (4% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 4.91 | A | | |
| T0FT1 | (Testigo -12 Horas) | 4.79 | A | B | |
| T2FT1 | (2% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 4.68 | A | B | C |
| T3FT1 | (3% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 4.61 | | B | C |
| T1FT1 | (4% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 4.43 | | | C |
| T4FT2 | (4% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 3.53 | | | D |
| T4FT3 | (4% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 3.41 | | | D E |
| T2FT2 | (2% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 3.40 | | | D E |
| T1FT2 | (1% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 3.39 | | | D E |
| T3FT2 | (3% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 3.37 | | | D E |
| T0FT2 | (Testigo - 18 Horas) | 3.37 | | | D E |
| T1FT3 | (1% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 3.26 | | | D E |
| T3FT3 | (3% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 3.24 | | | E |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 3.22 | | | E |
| T2FT3 | (2% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 3.22 | | | E |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 24.

pH de fermentación del café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACION

Para analizar la temperatura durante el proceso de fermentación, se realizó la prueba de Duncan, donde se determinó que existe significancia estadística; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye a favor de la hipótesis alterna; estando los valores entre 21.35 y 27.60 °C., para los tratamientos T2FT1 (2% mezcla de nutrientes - 12 horas) y T4FT2 (4% mezcla de nutrientes - 18 horas) respectivamente. **(ver tabla 15 y figura 25)**

De esta manera, se comprobó que los tiempos de fermentación, causaron efecto significativo en la temperatura de los granos de café, durante el proceso de fermentación; siendo

el tiempo de fermentación de 18 horas con promedio de temperatura de 26 °C que favoreció en la calidad en taza de café.

Tabla 15

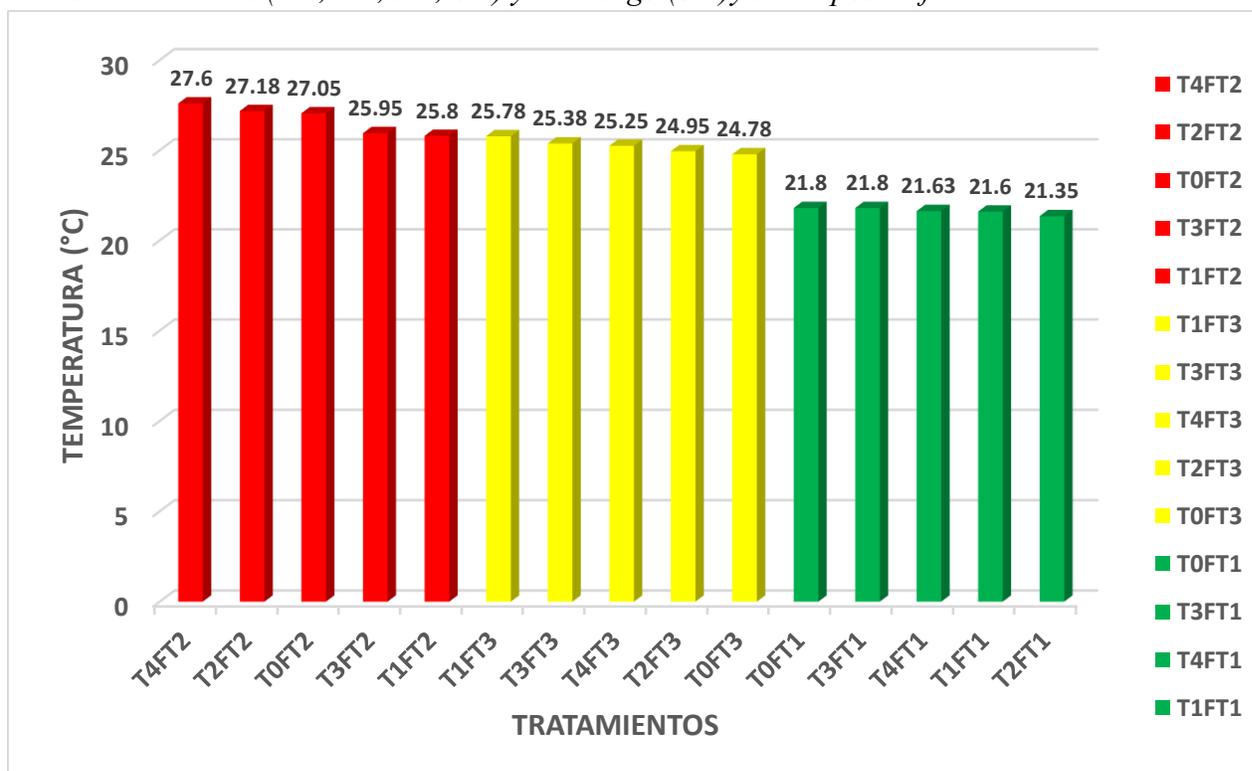
Temperatura durante el proceso de fermentación del café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | |
|-------|------------------------------|-----------|------------------------|---|---|
| T4FT2 | (4% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 27.60 | A | | |
| T2FT2 | (2% Mezcla nutr. -18 Horas) | 27.18 | A | | |
| T0FT2 | (Testigo- 18 Horas) | 27.05 | A | | |
| T3FT2 | (3% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 25.95 | A | | |
| T1FT2 | (1% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 25.80 | A | B | |
| T1FT3 | (1% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 25.78 | A | B | |
| T3FT3 | (3% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 25.38 | A | B | C |
| T4FT3 | (4% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 25.25 | A | B | C |
| T2FT3 | (2% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 24.95 | A | B | C |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 24.78 | A | B | C |
| T0FT1 | (Testigo - 12 Horas) | 21.80 | B C | | |
| T3FT1 | (3% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 21.80 | B C | | |
| T4FT1 | (4% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 21.63 | C | | |
| T1FT1 | (1% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 21.60 | C | | |
| T2FT1 | (2% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 21.35 | C | | |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 25.

Temperatura en fermentación del café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones de mezclas de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. CALIDAD FÍSICA

4.2.6.1. CALIDAD FÍSICA DEL PRIMER MOMENTO DE COSECHA

Para evaluar este parámetro, se realizó la prueba de Duncan, donde se determinó que si existe significancia estadística, al comparar los valores promedios entre los tratamientos sometidos a evaluación, donde destacan todos los tratamientos que se les aplicó mezclas de nutrientes vía foliar, a excepción del T1FT3 (1% mezcla de nutrientes - 24 horas), con respecto a los testigos (T0FT1, T0FT2 y T0FT3), encontrándose los valores entre 79.35% y 73.10% para los tratamientos T4FT2 (4% mezcla de nutrientes - 18 Horas) y T0FT3 (Testigo - 24 Horas) respectivamente. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de mezclas de nutrientes vía foliar a diferentes concentraciones, generaron efecto significativo en el rendimiento físico. (ver tabla 16 y fig. 26)

Realizando la comparación con el testigo, los resultados muestran un aumento en el rendimiento físico del 6.25%, del T4FT2 (4% mezcla de nutrientes - 18 horas) con 79.35%, respecto al T0FT3 (Testigo - 24 horas) con 73.10%. Cabe resaltar, que todos los resultados, alcanzan rendimientos mayores que el rendimiento mínimo del 70% (según SCAA) por lo tanto, se considera como un café bueno en rendimiento físico. De la misma manera, se determina que para esta investigación las horas de fermentación no influyen significativamente en la calidad física, este parámetro está más relacionado con calidad organoléptica.

Tabla 16

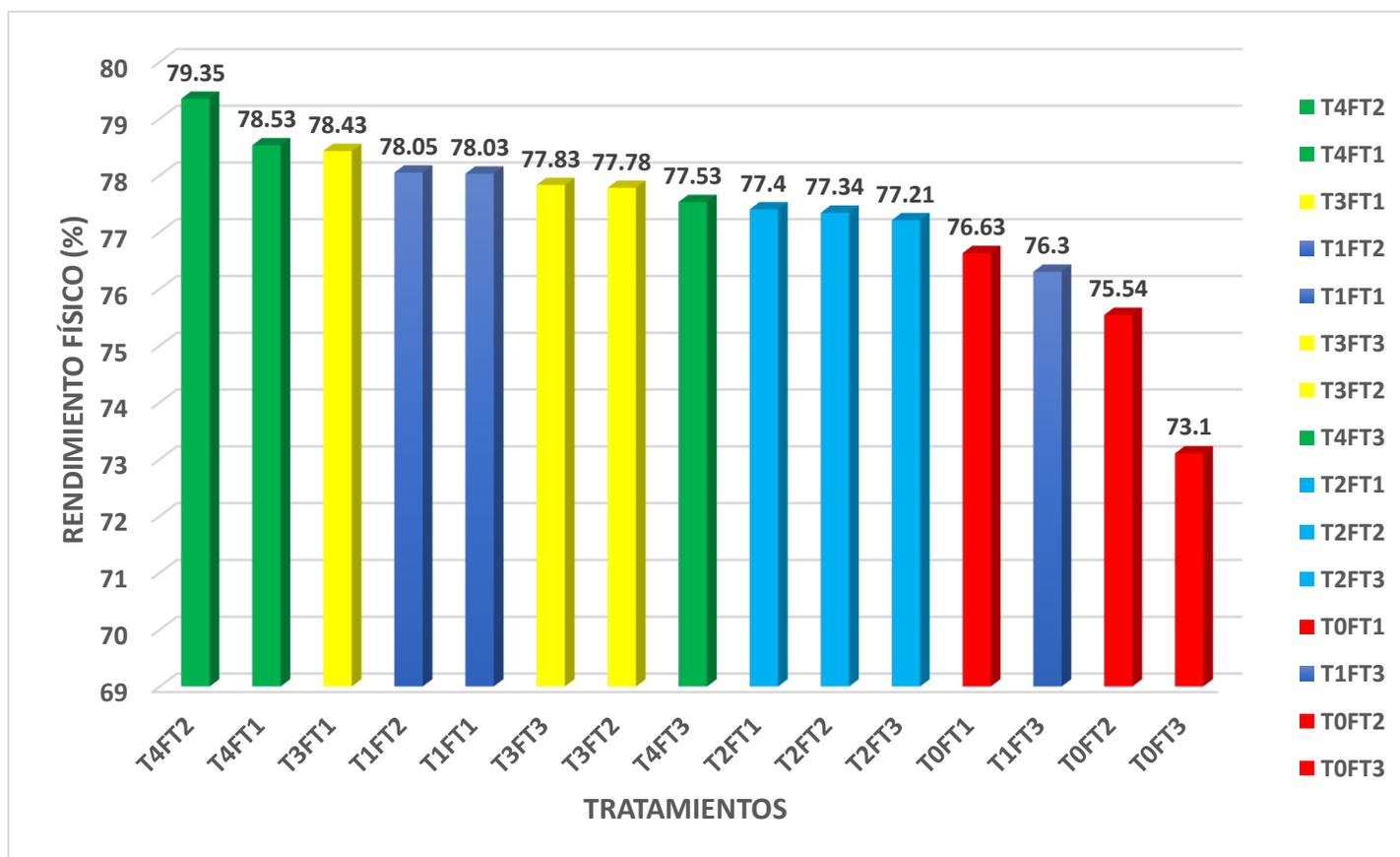
Rendimiento físico del 1er momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | |
|--------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|---|---|
| T4FT2 | (4% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 79.35 | A | | |
| T4FT1 | (4% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 78.53 | A | B | |
| T3FT1 | (3% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 78.43 | A | B | |
| T1FT2 | (1% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 78.05 | A | B | |
| T1FT1 | (1% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 78.03 | A | B | |
| T3FT3 | (3% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 77.83 | A | B | C |
| T3FT2 | (3% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 77.78 | A | B | C |
| T4FT3 | (4% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 77.53 | A | B | C |
| T2FT1 | (2% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 77.40 | A | B | C |
| T2FT2 | (2% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 77.34 | A | B | C |
| T2FT3 | (2% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 77.21 | A | B | C |
| T0FT1 | (Testigo - 12 Horas) | 76.63 | | B | C |
| T1FT3 | (1% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 76.30 | | | C |
| T0FT2 | (Testigo - 18 Horas) | 75.54 | | | C |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 73.10 | | | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 26.

Rendimiento físico del primer momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.6.2. CALIDAD FÍSICA DEL SEGUNDO MOMENTO DE COSECHA

Aplicando la prueba de Duncan para evaluar la característica de rendimiento físico, se determina que existe una significancia estadística entre los valores promedios de los tratamientos sometidos a evaluación, donde destacan todos los tratamientos que se les aplicó mezclas de nutrientes vía foliar a excepción del T4FT3 (4% mezcla de nutrientes - 24 horas), con respecto a los testigos (T0FT1, T0FT2 y T0FT3) encontrándose los valores entre 77.94% y 74.13%; para los tratamientos T3FT2 (3% mezcla de nutrientes - 18 Horas) y T0FT3 (testigo - 24 Horas)

respectivamente. En efecto concluimos que la aplicación de mezclas de nutrientes vía foliar a diferentes concentraciones, influyó de manera significativa en la característica evaluada, (**ver tabla 17 y figura 27**).

Los resultados obtenidos indican una diferencia en rendimiento físico del 3.81%, del T3FT2 (3% mezcla de nutrientes) con 77.94%, respecto al T0 (Testigo) con 74.13%. Cabe resaltar, que todos los resultados, alcanzan rendimientos mayores que el rendimiento mínimo del 70% (según SCAA) por lo tanto, se considera como un café bueno en calidad física.

Tabla 17

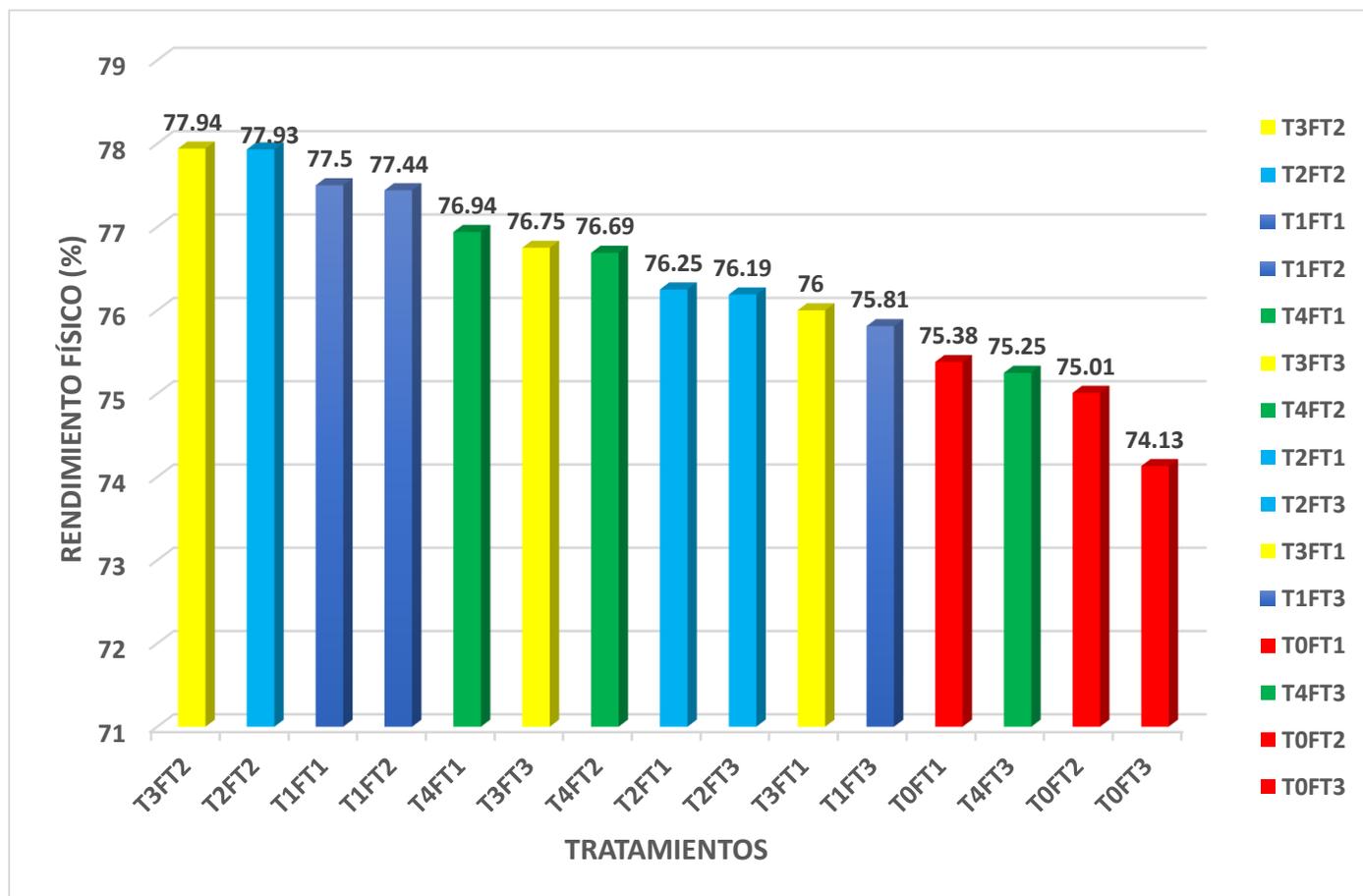
Rendimiento físico del 2do momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca -2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | | |
|-------|------------------------------|-----------|------------------------|---|---|---|
| T3FT2 | (3% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 77.94 | A | | | |
| T2FT2 | (2% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 77.93 | A | B | | |
| T1FT1 | (1% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 77.50 | A | B | | |
| T1FT2 | (1% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 77.44 | A | B | | |
| T4FT1 | (4% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 76.94 | A | B | | |
| T3FT3 | (3% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 76.75 | A | B | | |
| T4FT2 | (4% Mezcla nutr. - 18 Horas) | 76.69 | A | B | | |
| T2FT1 | (2% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 76.25 | A | B | C | D |
| T2FT3 | (2% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 76.19 | A | B | C | D |
| T3FT1 | (3% Mezcla nutr. - 12 Horas) | 76.00 | A | B | C | D |
| T1FT3 | (1% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 75.81 | A | B | C | D |
| T0FT1 | (Testigo - 12 Horas) | 75.38 | | B | C | D |
| T4FT3 | (4% Mezcla nutr. - 24 Horas) | 75.25 | | B | C | D |
| T0FT2 | (Testigo - 18 Horas) | 75.01 | | | C | D |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 74.13 | | | | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 27.

Rendimiento físico del 2do momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.6.3. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DE LOS DOS MOMENTOS DE COSECHA

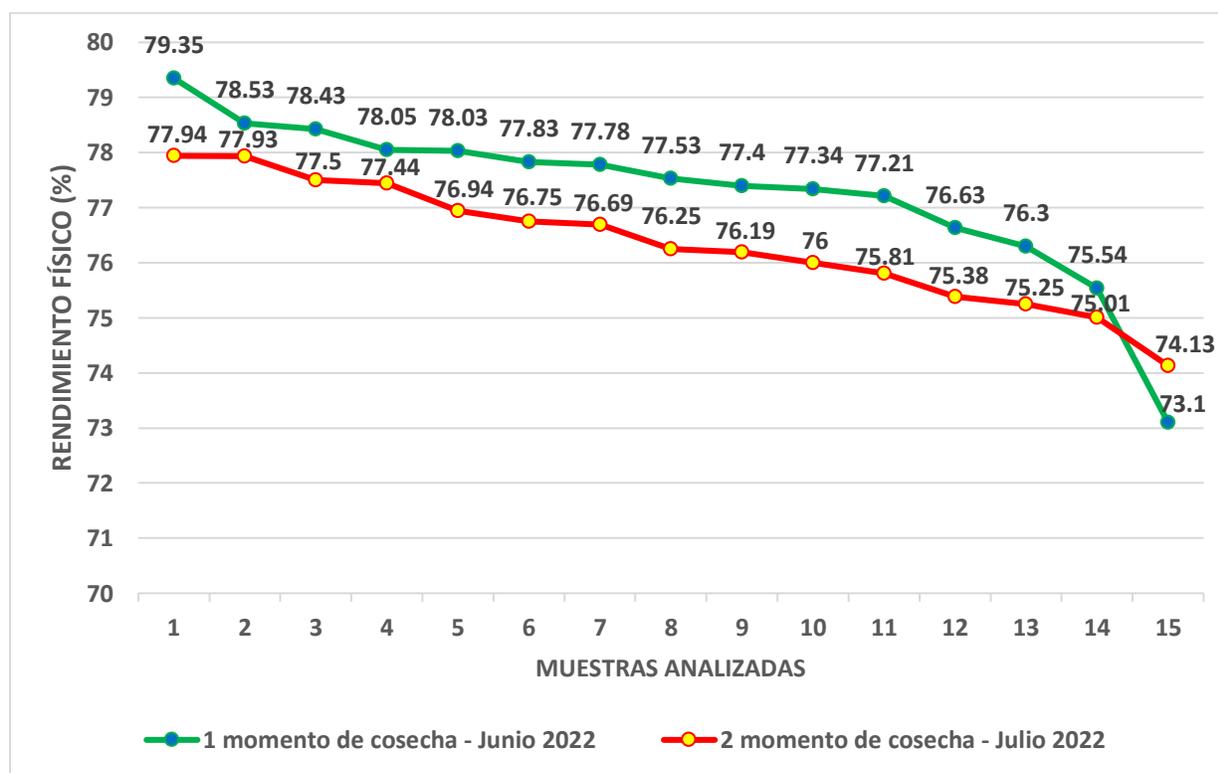
Los resultados encontrados, muestran en los dos momentos de cosecha (ver figura 28), todos los resultados alcanzan rendimientos mayores al rendimiento mínimo del 70%; según SCAA, se consideran como cafés buenos en rendimiento físico. Sin embargo, para el segundo momento de cosecha de café el rendimiento exportable bajo aproximadamente 2% con respecto al primer momento de cosecha; esto se puede explicar que conforme se avanza y acercándose al momento

final de recolección, posiblemente se están agotando los nutrientes absorbidos, lo cual significará una menor capacidad de la planta para formar azúcares y almacenarlos en el fruto.

Asimismo los rendimientos físicos más bajos, que se encontraron al momento de la evaluación; fueron los testigos y el tratamiento T1FT3 (1% mezcla nutrientes – 24 horas), y se presentaron en ambos momentos de cosecha.

Figura 28.

Comparación del Rendimiento Físico de los dos momentos de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%).



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. CALIDAD EN TAZA (ORGANOLÉPTICA O SENSORIAL)

4.2.7.1. CALIDAD EN TAZA DEL PRIMER MOMENTO DE COSECHA

Para evaluar la calidad en taza se aplicó la prueba de Duncan, donde se determinó que para los valores promedios de los tratamientos en estudio, existe significancia estadística, destacando los tratamientos que se aplicaron nutrientes vía foliar y el proceso de fermentación durante un tiempo de 18 horas; obteniendo mayor taza en el tratamiento T3FT2 (3% mezclas de nutrientes - 18 horas de fermentación) con 85 puntos en taza; según la SCAA, se cataloga como un café excelente de especialidad; y el puntaje más bajo fue el T0FT1 (Testigo – 12 horas de fermentación) con 81.81 puntos en taza.

Además el segundo mejor promedio en calidad de taza es el T0FT2 (testigo - 18 horas de fermentación), superando a los demás tratamientos que recibieron concentraciones de nutrientes foliares y esto obedece en gran parte a las horas de fermentación que se dio al T0FT2 (Testigo - 18 horas). En síntesis, concluimos que las horas de fermentación son influyentes en los atributos sensoriales del café; el tiempo de fermentación de 18 horas permite resaltar en taza los atributos de un café, aroma: floral, sabor: algarrobina, acidez suave y un cuerpo cremoso, obteniéndose una puntuación de 84.25, catalogado por SCAA como un café especial, muy bueno.

De la misma manera, con los resultados obtenidos en la evaluación, se concluye que existe una influencia positiva en la bebida de café, producto de la aplicación foliar de nutrientes y los tiempos de fermentación. Haciendo una comparación de los valores promedios, se obtuvo un incremento de 3.19 puntos; entre el tratamiento T0FT1 (testigo, con tiempo de 12 horas en el proceso de fermentación) con 81.81 puntos y el tratamiento T3FT2 (3% mezclas de nutrientes - 18 horas de fermentación) con 85 puntos. **(ver tabla 18 y figura 29)**

Comparando con los resultados obtenidos por **De la Cruz y Zurita (2020)**, donde en su estudio demostraron que la aplicación de fertilizantes vía foliar mostró resultados positivos en la bebida, aumentándola en tres puntos comparando con el testigo; en el presente estudio, la aplicación de mezclas solubles de nutrientes vía foliar, sobre la calidad en taza, se incrementó en más de tres puntos (3.19) comparando con el testigo. De esta manera; podemos concluir que la aplicación de nutrientes vía foliar, si influyen en la calidad organoléptica del café.

Tabla 18

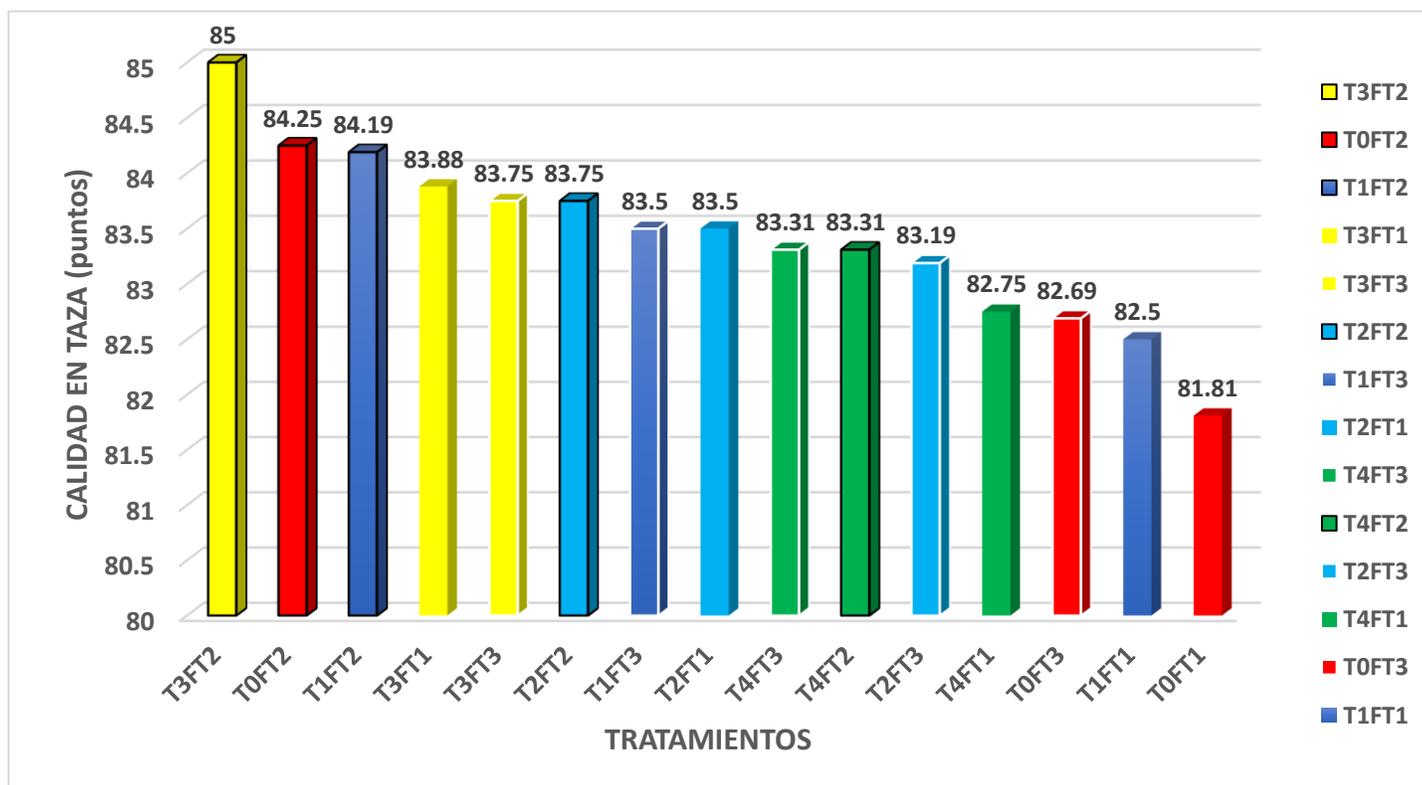
Calidad en Taza del 1er momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | | |
|-------|-----------------------------|-----------|------------------------|---|---|---|
| T3FT2 | (3% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 85.00 | A | | | |
| T0FT2 | (Testigo - 18 Horas) | 84.25 | A | B | | |
| T1FT2 | (1% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 84.19 | A | B | | |
| T3FT1 | (3% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 83.88 | A | B | C | |
| T3FT3 | (3% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.75 | A | B | C | |
| T2FT2 | (2% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 83.75 | A | B | C | |
| T1FT3 | (1% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.50 | A | B | C | |
| T2FT1 | (2% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 83.50 | A | B | C | |
| T4FT3 | (4% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.31 | | B | C | D |
| T4FT2 | (4% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 83.31 | | B | C | D |
| T2FT3 | (2% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.19 | | B | C | D |
| T4FT1 | (4% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 82.75 | | B | C | D |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 82.69 | | B | C | D |
| T1FT1 | (1% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 82.50 | | | C | D |
| T0FT1 | (Testigo - 12 Horas) | 81.81 | | | | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 29.

Calidad en Taza del 1er momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7.2. CALIDAD EN TAZA DEL SEGUNDO MOMENTO DE COSECHA

La prueba de Duncan, para la calidad en taza del segundo momento de cosecha de café, se comprueba que existe significancia estadística; de los valores promedios de los tratamientos en estudio, destacando los tratamientos que se aplicaron nutrientes vía foliar y el tiempo de fermentación de 18 horas (FT2) resalta sobre los demás tiempos de fermentación. Se obtuvo mayor taza en el tratamiento T3FT2 (3% mezclas de nutrientes - 18 horas de fermentación) con 84.75 puntos y el puntaje más bajo fue el T0FT3 (Testigo - 24 horas de fermentación) con 82 puntos.

Asimismo el segundo mejor promedio en calidad de taza con respecto a las horas de fermentación fue el FT1 (12 horas de fermentación), el cual su puntaje en taza estuvo de 83.75 y alcanzó 84.31 puntos; superando al tiempo de fermentación del FT3 (24 horas) que presentó puntaje en taza de 82 hasta 83.63 puntos.

Los resultados obtenidos muestran la influencia de la aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación en la taza incrementándola en 2.75 puntos, del T0FT3 (Testigo - 24 horas de fermentación) con 82 puntos al T3FT2 (3% mezclas de nutrientes – 18 horas de fermentación) con 84.75 puntos (**ver tabla 19 y figura 30**).

Se logró mayor puntuación en el tiempo de fermentación de 18 horas, el proceso de fermentación inició a las 6.00 p.m. (hora que terminó el proceso de despulpado de café) y finalizó a las 12:00 p.m. (hora que se realizó el proceso de lavado); durante este tiempo de proceso de fermentación, se incrementó la temperatura, estando los valores entre los 25.80 a 27.60 °C.; la lectura de pH bajó, obteniendo valores entre los 3.53 a 3.37 de pH; hubo una mayor radiación solar; dichos parámetros favorecieron para incrementar la calidad en taza obteniendo un puntaje promedio de 85.00 puntos.

Tabla 19

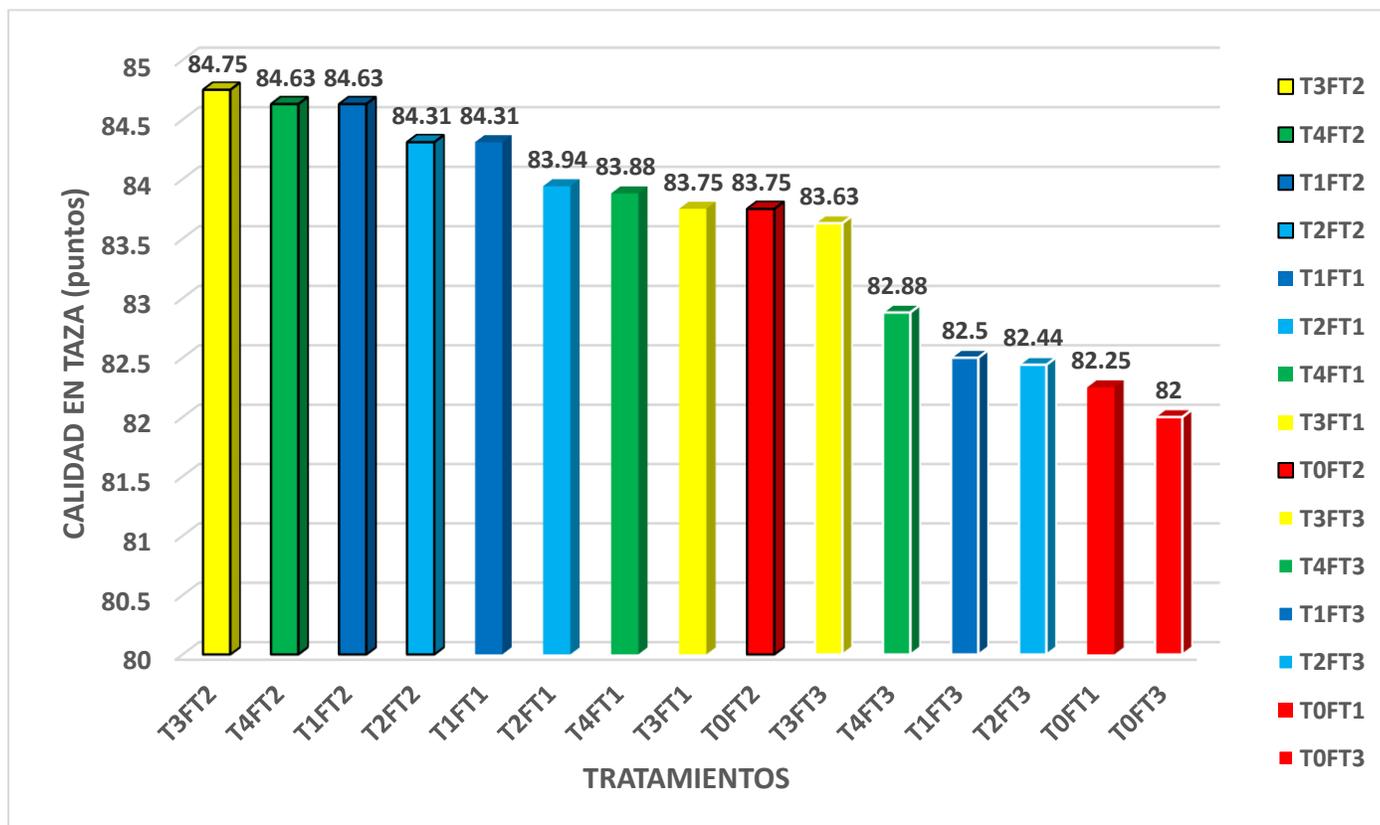
Calidad en Taza del 2do momento de cosecha de café (Coffea arabica L.) en el Distrito de San José de Lourdes, Provincia de San Ignacio, Cajamarca – 2022.

| T | TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | NIVEL DE SIGNIFICANCIA | | | |
|--------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|---|---|---|
| T3FT2 | (3% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 84.75 | A | | | |
| T4FT2 | (2% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 84.63 | A | B | | |
| T1FT2 | (1% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 84.63 | A | B | | |
| T2FT2 | (1% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 84.31 | A | B | | |
| T1FT1 | (4% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 84.31 | A | B | | |
| T2FT1 | (3% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.94 | A | B | | |
| T4FT1 | (4% Mezcla Sol. - 18 Horas) | 83.88 | A | B | | |
| T3FT1 | (2% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 83.75 | A | B | C | D |
| T0FT2 | (2% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 83.75 | A | B | C | D |
| T3FT3 | (3% Mezcla Sol. - 12 Horas) | 83.63 | A | B | C | D |
| T4FT3 | (1% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 82.88 | A | B | C | D |
| T1FT3 | (Testigo - 12 Horas) | 82.50 | | B | C | D |
| T2FT3 | (4% Mezcla Sol. - 24 Horas) | 82.44 | | B | C | D |
| T0FT1 | (Testigo - 18 Horas) | 82.25 | | | C | D |
| T0FT3 | (Testigo - 24 Horas) | 82.00 | | | | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 30

Calidad en Taza del 2do momento de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7.3. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD EN TAZA DE LOS DOS MOMENTOS DE COSECHA

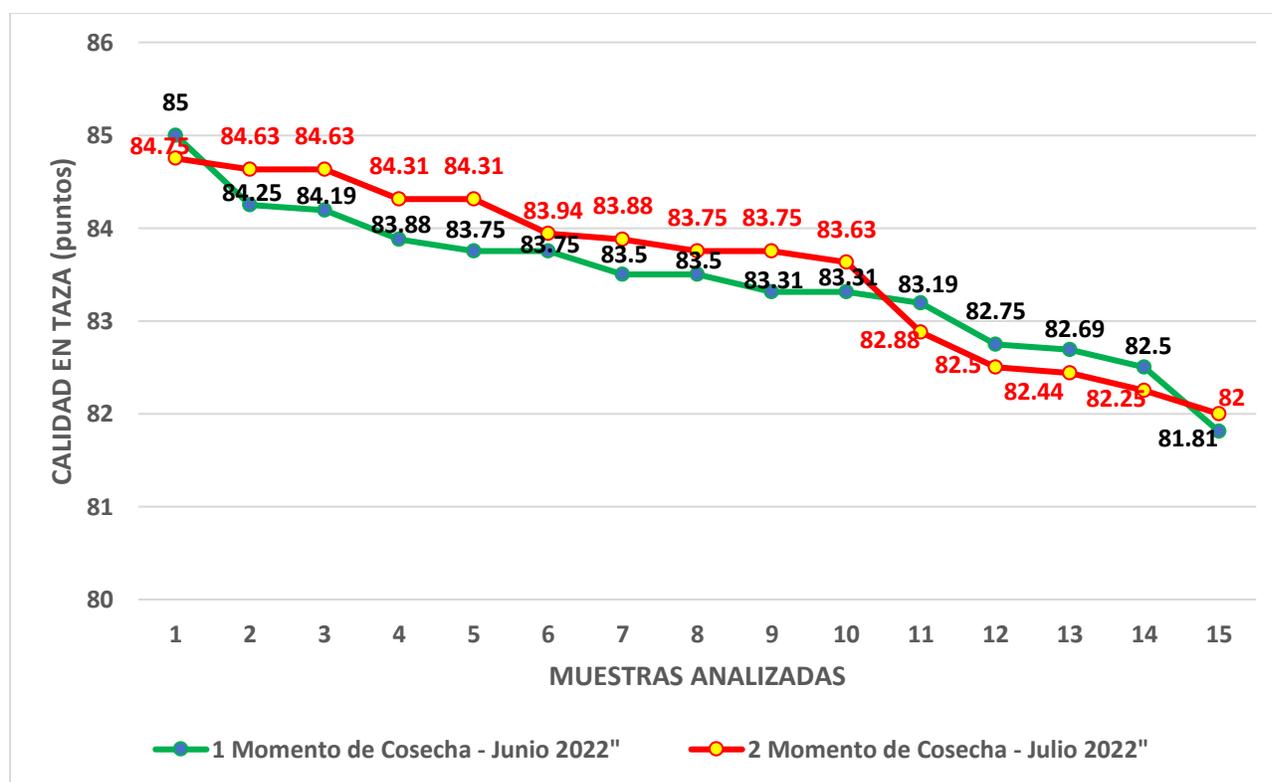
En el primer momento de cosecha el T0FT2 (Testigo – 18 horas de fermentación) se ubicó en el segundo lugar y presentó una taza de 84.25 puntos, sin embargo para el segundo momento de cosecha el puntaje en taza bajó y estuvo en 83.75 puntos, ubicándose en el puesto 9; esto se puede deber que a medida avanzan los momentos de cosecha, la disponibilidad de los nutrientes va disminuyendo para la planta y esto repercute en la calidad de taza. En cambio a los tratamientos que se les aplicó fertilización foliar el puntaje en taza se mantuvo, variando levemente.

Además, los puntajes más bajos para la calidad en taza fueron los testigos y el T1 (1% mezcla de nutrientes) con tiempos de fermentación de 12 horas y 24 horas; y se presentaron en ambos momentos de cosecha(ver figura 31).

Los resultados muestran que en los dos momentos de cosecha, todos los resultados alcanzan la calidad en taza mayor de 80 puntos (según SCAA) por lo tanto se considera como un café de especialidad.

Figura 31

Comparación de la calidad en taza de los dos momentos de cosecha de café, con la aplicación vía foliar de 4 concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (1%, 2%, 3%, 4%) y un testigo (0%) y 3 tiempos de fermentación.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Se realizó el estudio del análisis de correlación y regresión lineal simple, con el propósito de determinar si existe relación entre las características evaluadas.

4.3.1. CONCENTRACIONES (%) VS LONGITUD DE FRUTO

El análisis de correlación y regresión entre estas dos características, demuestra que estadísticamente están asociadas, teniendo un coeficiente de correlación $r = 0.61$ * el cual nos dice que estas dos características están estrechamente asociadas de manera significativa. El coeficiente de determinación $r^2 = 37.16$, significa que de un 100% de aumento de la longitud del fruto, el 37.16% se atribuye a la aplicación vía foliar de concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes.

El coeficiente de regresión $b = 3.3$ * es positivo y significativo, se demuestra que existe relación entre la longitud del fruto y las concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes (ver tabla 20 y figura 32).

Tabla 20

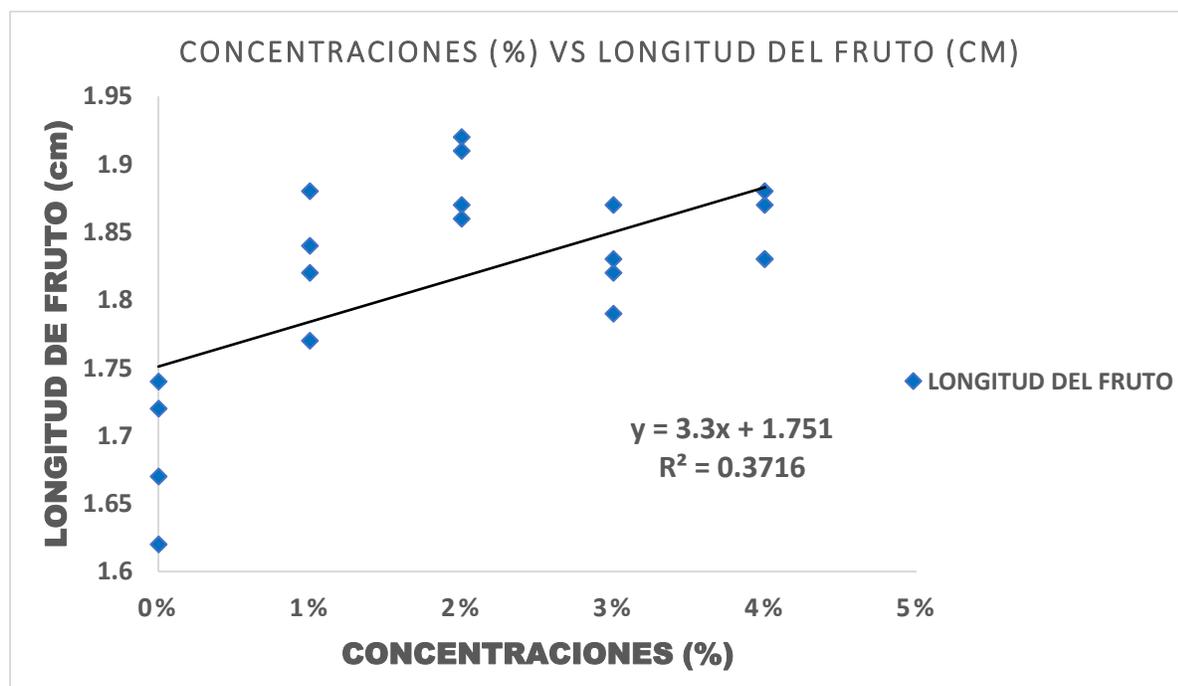
Análisis de la Regresión lineal simple entre la longitud del fruto vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.

| Características | Coefficiente de Correlación R | Coefficiente de Determinación ($R^2 \times 100$) | Coefficiente de Regresión b | Ecuación de Regresión |
|--|-------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| Longitud del fruto vs Concentración de mezclas de nutrientes | 0.61* | 37.16 | 3.3* | $Y = 1.751 + 3.3X$ |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32

Análisis de Regresión lineal simple entre la longitud de fruto vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. CONCENTRACIONES (%) VS GRADOS BRUX

El análisis de correlación y regresión entre estas dos características, demuestra que estadísticamente están asociadas, teniendo un coeficiente de correlación $r = 0.65$ * el cual indica que estas dos características, están estrechamente asociadas de manera significativa. El coeficiente de determinación $r^2 = 42.79$, significa que de un 100% del aumento de los grados brix, el 42.79% esta influenciado por la fertilización vía foliar de concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes.

Tabla 21

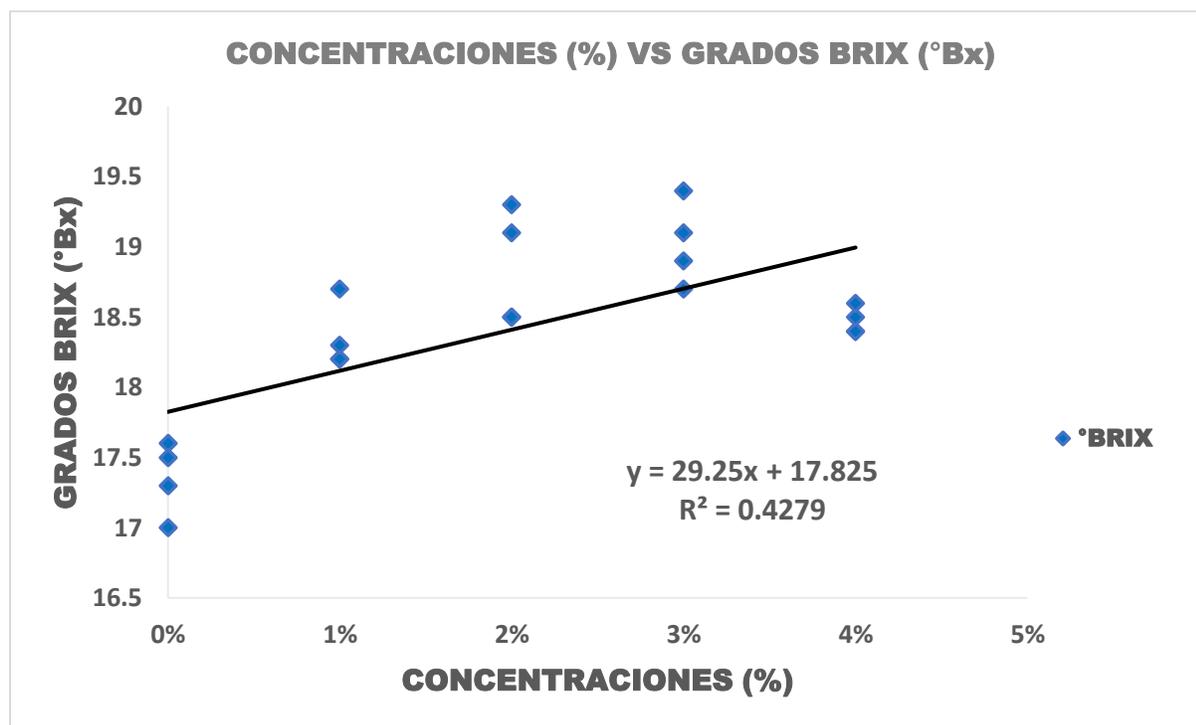
Análisis de Regresión lineal simple entre grados brix vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.

| Características | Coefficiente de Correlación R | Coefficiente de Determinación (R ² x 100) | Coefficiente de Regresión b | Ecuación de la Regresión |
|--|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| Grado Brix vs Concentración de mezclas de nutrientes | 0.65* | 42.79 | 29.25* | Y = 17.825 + 29.25X |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33

Análisis de Regresión lineal simple entre grados Brix vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. CONCENTRACIONES (%) VS RENDIMIENTO FÍSICO

El análisis de correlación y regresión entre estas dos características, demuestra que estadísticamente están asociadas, teniendo un coeficiente de correlación $r = 0.53^*$ el cual indica que estas dos características, están estrechamente asociadas de manera significativa. El coeficiente de determinación de $r^2 = 27.84$, significa que de un 100% del aumento de rendimiento físico del café, un 27.84% se atribuye a la fertilización vía foliar de concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes. (ver tabla 22 y figura 34)

Tabla 22

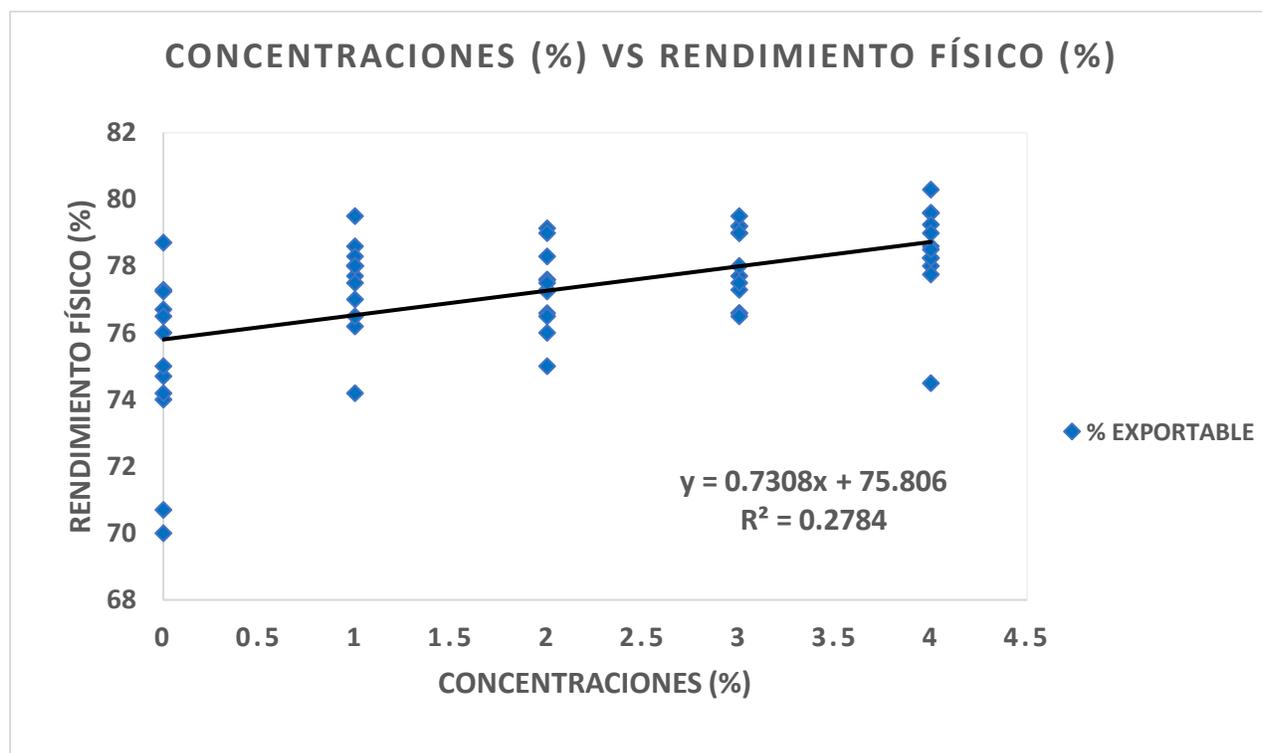
Análisis de Regresión lineal simple entre rendimiento físico vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.

| Características | Coeficiente de Correlación R | Coeficiente de Determinación ($R^2 \times 100$) | Coeficiente de Regresión b | Ecuación de la Regresión |
|--|------------------------------|---|----------------------------|--------------------------|
| Rendimiento físico vs Concentración de mezclas de nutrientes | 0.53* | 27.84 | 0.73 | $Y = 75.806 + 0.7308X$ |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

Análisis de Regresión lineal simple entre rendimiento físico vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.



Fuente: Elaboración propia

4.3.4. CONCENTRACIONES (%) VS CALIDAD EN TAZA

El análisis de correlación y regresión entre estas dos características, demuestra que estadísticamente están asociadas, teniendo un coeficiente de correlación $r = 0.15^*$ el cual indica que estas dos características, están asociadas con una correlación positiva débil. El coeficiente de determinación $r^2 = 2.31$, significa que de un 100% en el aumento de la calidad de taza, el 2.31% se atribuye a la fertilización vía foliar de concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes. (ver tabla 23 y figura 35)

Tabla 23

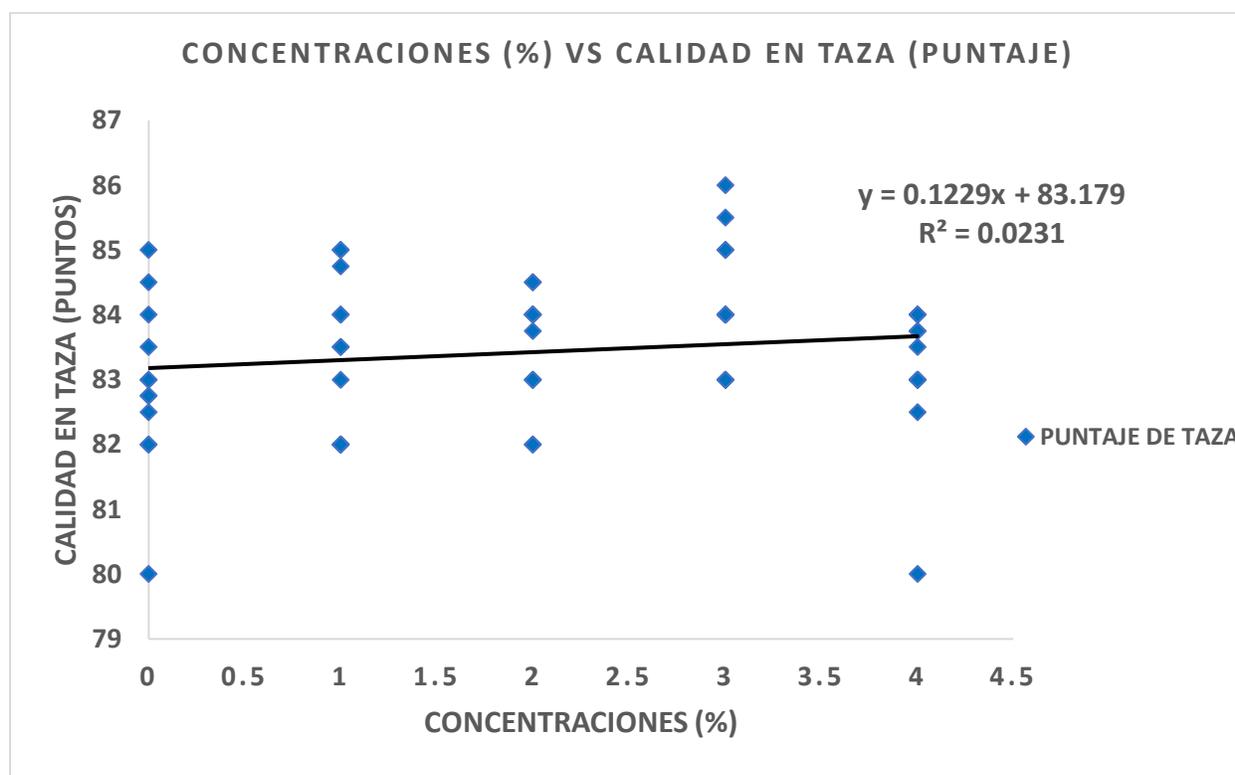
Análisis de Regresión lineal simple entre calidad en taza vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.

| Características | Coefficiente de Correlación R | Coefficiente de Determinación ($R^2 \times 100$) | Coefficiente de Regresión b | Ecuación de la Regresión |
|---|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| Calidad en Taza vs Concentración de mezclas de nutrientes | 0.15* | 2.31 | 0.1229 | $Y = 83.179 + 0.1229X$ |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35

Análisis de Regresión lineal simple entre calidad en taza vs concentraciones crecientes de mezclas solubles de nutrientes en el cultivo de café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. TIEMPOS DE FERMENTACIÓN VS CALIDAD EN TAZA

El análisis de correlación y regresión entre estas dos características, demuestra que estadísticamente están asociadas, teniendo un coeficiente de correlación $r = 0.14$ * el cual nos dice que estas dos características, están asociadas con una correlación positiva débil. El coeficiente de determinación $r^2 = 2.04$, significa que de un 100 % en el aumento de la calidad en taza, el 2.04% es atribuible a las horas de fermentación que se somete al café. (ver tabla 24 y figura 36) Este 2% se puede traducir de la siguiente manera: de 100 puntos en taza, (cantidad máxima de puntuación) 2 puntos, se atribuye a las horas de fermentación que se somete al café. Por lo tanto, incrementando 2 puntos más en taza, es otro precio en el mercado, obteniendo mayor ganancia en la venta de café.

Tabla 24

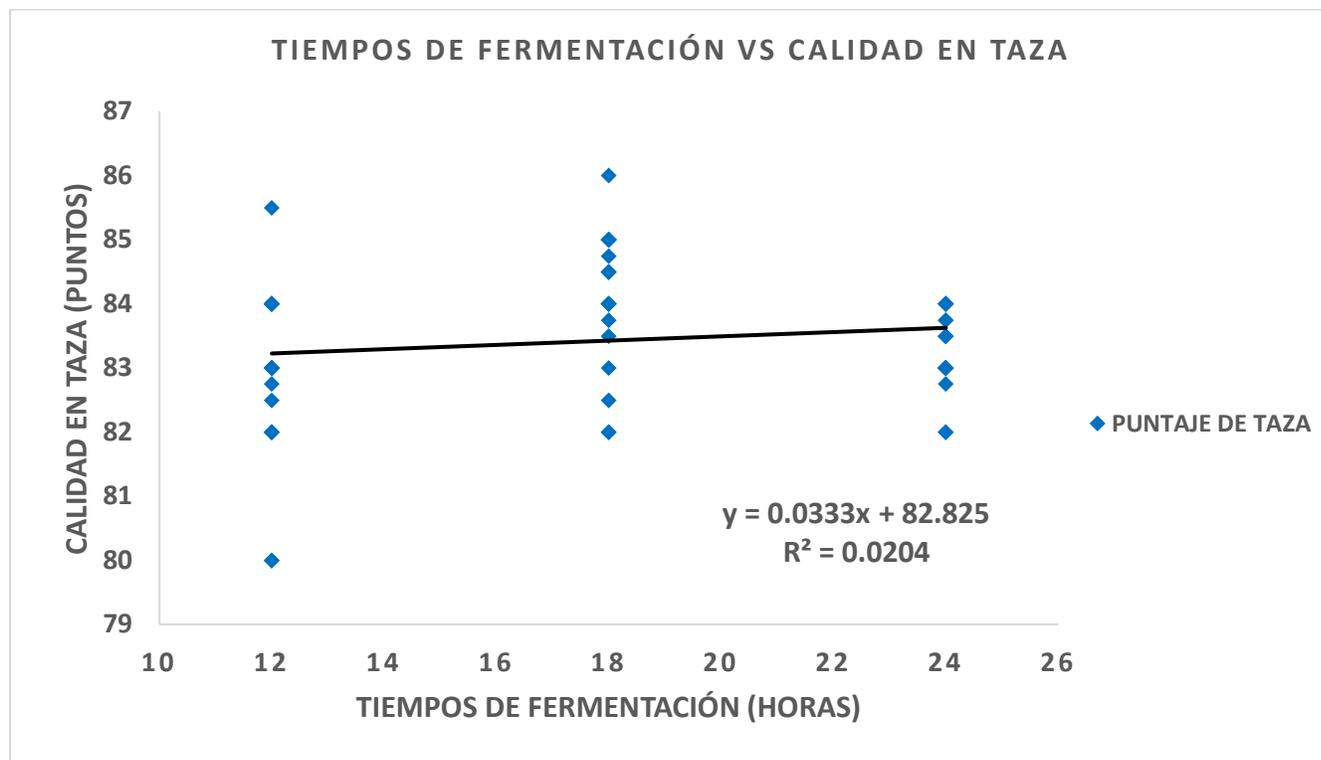
Análisis de Regresión lineal entre los tiempos de fermentación vs calidad de taza del café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.

| Características | Coefficiente de Correlación R | Coefficiente de Determinación ($R^2 \times 100$) | Coefficiente de Regresión b | Ecuación de la Regresión |
|--|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| Tiempos de Fermentación vs Calidad en Taza | 0.14* | 2.04 | 0.0333 | $Y = 82.825 + 0.0333X$ |

Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Análisis de Regresión lineal entre los tiempos de fermentación vs calidad de taza del café, en el CP. Calabozo, Provincia San Ignacio, Cajamarca -2022.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. PRODUCTIVIDAD (qq/ha)

Las características de rendimiento productivo del café no se evaluaron por el motivo que se aplicó la fertilización vía foliar en la etapa de llenado de fruto, mas no en prefloración. Sin embargo, se realizó el conteo de todos los momentos de cosechas que se recolectó en la campaña 2022, siendo 5 veces la cantidad de momentos de cosechas; dos momentos de cosecha se utilizaron para la presente investigación y los 3 momentos de cosecha restantes, lo realizó el propietario de la parcela. El procedimiento se muestra a continuación:

- El área experimental fue de **1044 m²**
- Cantidad de latas recolectadas en los momentos de cosecha, en la campaña 2022:

- ✓ Primer momento de cosecha: 13 latas
- ✓ *Segundo momento de cosecha: 26 latas*
- ✓ *Tercer momento de cosecha: 30 latas*
- ✓ Cuarto momento de cosecha: 17 latas
- ✓ Quinto momento de cosecha: 9 latas
- En total de 5 momentos, se cosecharon 95 latas del área experimental (1044 m²).
- Para conocer el rendimiento productivo por hectárea se realizó una regla de tres:

$$\begin{array}{r} 95 \text{ latas} \text{ ----- } 1044 \text{ m}^2 \\ X \text{ ----- } 10\,000 \text{ m}^2 \\ \hline X = 910 \text{ Latas/ha} \end{array}$$

1 lata = 14 Kg de café cerezo maduro (CENICAFE)

910 latas = **12740 Kg de café cerezo**

- Para convertir de Cerezo a C.P.S. se multiplica por 0.20 (CENICAFE)

12740 kg cerezo x 0.20 = **2548 Kg de c.p.s.**

2548 Kg c.p.s. / 55.2 = **46 qq c.p.s.**

El rendimiento productivo de la campaña 2022 fue de 46 qq/ha, para realizar el análisis económico se consideró 45 qq/ha, que es igual a 2484 Kg de c.p.s. (ver tabla 26).

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó el análisis costo / beneficio para cada tratamiento por hectárea, y así poder conocer si económicamente es rentable aplicar nutrientes vía foliar.

Considerando los indicadores para nuestros **ingresos**: rendimiento físico (%), taza (puntos), rendimiento (Kg/ha), precio de café/Kg (de acuerdo con los precios del mercado local del mes de septiembre del 2022) y **egresos**: costo de producción/ha (S/. 12000), costo de mezcla de nutrientes y aplicación; el cual nos da el beneficio: Ingreso Total (IT) – Costo Total (CT) para

obtener el índice de rentabilidad. Se obtuvo el mayor beneficio con el tratamiento 3 (3% mezcla de nutrientes) utilizando como fuentes los macronutrientes: Nitrato de Amonio, Fosfato Monopotásico, Nitrato de Calcio, Sulfato de Magnesio; y micronutrientes: Quelato de Hierro, Sulfato de Manganeso, Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Molibdato de Amonio y Ácido Bórico. Logrando un beneficio de S/. 24753 y un índice de rentabilidad de 2.98, cuyo valor muestra que por cada sol que se invierte al producir café, se está recuperando el sol y se gana 1.98 soles. Los otros tratamientos incluyendo al testigo, tienen una rentabilidad positiva por ser mayor a 1.00, sin embargo, el testigo presenta el índice de rentabilidad más bajo a diferencia de los tratamientos que se les aplicó fertilizantes vía foliar; y el mayor detalle está en el precio del café, ya que al obtener mayor rendimiento físico (% exportable) y mayor puntaje en taza, se obtiene una mayor ganancia en la venta del café. Por consiguiente, podemos decir que esta investigación que consistió en aplicar nutrientes vía foliar si es rentable. (Ver tabla 25 y 26)

Tabla 25

Análisis económico del 3% de concentración de las mezclas solubles de nutrientes para aplicación foliar en café (Coffea arabica L.), Cultivar Catimor.

| | Insumos | Unidad | Requerimiento (g) | P.U | Costo (S/.) |
|----------------------------|----------------------|--------|-------------------|-------|---------------|
| Macronutrientes | Nitrato de Amonio | g | 1000 | 0.004 | 4.00 |
| | Fosfato Monopotásico | g | 1000 | 0.004 | 4.00 |
| | Nitrato de Calcio | g | 1000 | 0.004 | 4.00 |
| | Sulfato de Magnesio | g | 1000 | 0.004 | 4.00 |
| Micronutrientes | Quelato de Hierro | g | 60 | 0.25 | 15.00 |
| | Sulfato de Manganeso | g | 60 | 0.12 | 7.20 |
| | Sulfato de Zinc | g | 60 | 0.10 | 6.00 |
| | Sulfato de Cobre | g | 60 | 0.10 | 6.00 |
| | Molibdato de Amonio | g | 6 | 9.00 | 54.00 |
| | Ácido Bórico | g | 60 | 0.08 | 4.80 |
| COSTO Mezcla (L/ha) | | | | | 109.00 |

Nota: Elaboración propia (2022)

Tabla 26

Análisis económico: Influencia de aplicación foliar de nutrientes y tiempos de fermentación, en la calidad física y organoléptica del café (Coffea arabica L.) Cultivar Catimor, en el CP. Calabozo, Distrito de San José de Lourdes – San Ignacio.

| T | TRATAMIENTOS (Mezcla de Nutrientes) | RENDIMIENTO EXPORTABLE (%) | TAZA (Puntos) | RENDIMIENTO PRODUCTIVO Kg/ha | PRECIO CAFÉ (\$/Kg) | INGRESO TOTAL (\$/) | COSTO MEZCLA DE NUTRIENTES (\$/) | COSTO DE APLICACIÓN (\$/) | COSTO DE PRODUCCIÓN (\$/) | COSTO TOTAL (\$/) | BENEFICIO IT-CT (\$/) | RENTABILIDAD IT/CT |
|----|---|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| T1 | 33 g/L Nitrato de Amonio 20 g/L Fosfato Monopotásico 40 g/L Nitrato de Calcio 65 g/L Sulfato de Mg 20 g/L Quelato de Fe 20 g/L Sulfato de Mn 20 g/L Sulfato de Zn 20 g/L Sulfato de Cu 6 g/L Mo de Amonio 20 g/L Ácido Bórico | 77.46 | 83.39 | 2484 | 13.5 | 33534 | 249 | 180 | 12000 | 12429 | 21105 | 2.70 |
| T2 | 66 g/L Nitrato de Amonio 40 g/L Fosfato Monopotásico 80 g/L Nitrato de Calcio 130 g/L Sulfato de Mg 40 g/L Quelato de Fe 40 g/L Sulfato de Mn 40 g/L Sulfato de Zn 40 g/L Sulfato de Cu 6 g/L Mo de Amonio 40 g/L Ácido Bórico | 77.32 | 83.48 | 2484 | 13.5 | 33534 | 288 | 180 | 12000 | 12468 | 21066 | 2.69 |
| T3 | 99 g/L Nitrato de Amonio 60 g/L Fosfato Monopotásico 120 g/L Nitrato de Calcio 195 g/L Sulfato de Mg 60 g/L Quelato de Fe 60 g/L Sulfato de Mn 60 g/L Sulfato de Zn 60 g/L Sulfato de Cu 6 g/L Mo de Amonio 60 g/L Ácido Bórico | 78.01 | 84.21 | 2484 | 15 | 37260 | 327 | 180 | 12000 | 12507 | 24753 | 2.98 |
| T4 | 133 g/L Nitrato de Amonio 80 g/L Fosfato Monopotásico 160 g/L Nitrato de Calcio 260 g/L Sulfato de Mg 80 g/L Quelato de Fe 80 g/L Sulfato de Mn 80 g/L Sulfato de Zn 80 g/L Sulfato de Cu 6 g/L Mo de Amonio 80 g/L Ácido Bórico | 78.47 | 83.12 | 2484 | 13.5 | 33534 | 366 | 180 | 12000 | 12546 | 20988 | 2.67 |
| T0 | TESTIGO | 75.09 | 82.66 | 2484 | 12.5 | 31050 | 0 | 0 | 12000 | 12000 | 19050 | 2.58 |

Nota: Elaboración propia (2022)

V. CONCLUSIONES

Considerando los objetivos planteados, los materiales y los resultados obtenidos después de realizar el trabajo en campo, evaluaciones en laboratorios y análisis y procesado la información recolectada en gabinete, se concluye:

1. La aplicación foliar de mezcla de nutrientes y evaluación de tiempos en el proceso de fermentación; influye de manera positiva en el rendimiento físico, aumentando 6% comparando con el testigo y en puntaje en taza, aumentando 3.69 puntos a comparación del testigo.
2. La concentración de mezclas de nutrientes aplicados vía foliar, que mejora el rendimiento físico del café (*Coffea arabica L.*) Cultivar Catimor es de 4% y 3% obteniendo 78.47% y 78.01% de exportación respectivamente; y la mejor concentración de mezclas de nutrientes para lograr la mayor puntuación en taza, es de **3%** (macronutrientes: 99 g/L Nitrato de Amonio, 60 g/L Fosfato Monopotásico, 120 g/L Nitrato de Calcio, 195 g/L Sulfato de Mg, y micronutrientes: 60 g/L Quelato de Fe, 60 g/L Sulfato de Mn, 60 g/L Sulfato de Zn, 60 g/L Sulfato de Cu, 6 g/L Mo de Amonio y 60 g/L Ácido Bórico), obteniendo 84.21 puntos en taza a una altitud de la finca de 1600 msnm.
3. El mejor tiempo de fermentación para lograr una mejor calificación en calidad en taza, a una altitud de planta beneficio de 1460 msnm; es de 18 horas, llegando a obtener 85 puntos en taza.
4. Estando ubicada la planta de beneficio a una altitud de 1460 m.s.n.m. Los rangos más adecuados de grados brix del fruto de café, pH y temperatura del proceso de fermentación, que influyeron a incrementar la calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica L.*)

Cultivar Catimor, fueron los siguientes: Grados brix: entre los 18.70 a 19.40 °Brix; pH de fermentación: 3.37 a 3.53 y Temperatura del proceso en fermentación: 25.8 a 27.6 °C

5. El testigo es uno de los tratamientos que nos dio la segunda mejor puntuación en taza (84 puntos) del primer momento de cosecha considerado, esto se debe en gran manera por el tiempo de fermentación que se dejó, que fue de 18 horas, estas determinadas horas influyeron al momento de evaluar la calidad en taza, resaltando el aroma a floral, sabor durazno, algarrobina, cuerpo cremoso, y mayor consistencia en la bebida.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda realizar aplicaciones edáficas (600 Kg de fertilizante/ha/año) y vía foliar de mezclas solubles de nutrientes. Según el trabajo de investigación; la mejor concentración que resaltó fue del 3% (macronutrientes: 99 g/L Nitrato de Amonio, 60 g/L Fosfato Monopotásico, 120 g/L Nitrato de Calcio, 195 g/L Sulfato de Mg, y micronutrientes: 60 g/L Quelato de Fe, 60 g/L Sulfato de Mn, 60 g/L Sulfato de Zn, 60 g/L Sulfato de Cu, 6 g/L Mo de Amonio y 60 g/L Ácido Bórico), con aplicaciones periódicas según la etapa de la planta; como complemento de la aplicación de nutrientes vía edáfica, con una dosis de 1.5 L/ha y de este modo mejorar la calidad del café tanto físico y en taza.
2. Para el café Cultivar Catimor y altitudes entre los 1400 a 1600 m.s.n.m., se recomienda realizar 18 horas de fermentación y así produciremos cafés mejores en taza, mayores a 84 puntos. Asimismo, seguir instalando ensayos para determinar horas de fermentación para cada cultivar de café, en diferentes altitudes y si es posible por cada finca, que ayuden a mejorar las características evaluadas.
3. Se recomienda seguir instalando ensayos para determinar dosis, por cada concentración de los elementos nutrientes y además se cree necesario realizar aplicaciones foliares al iniciar la etapa fisiológica de la planta, para evaluar el aporte de los nutrientes en la etapa productiva.

REFERENCIAS

- AGROBANCO. (2013). *Cosecha y poscosecha en el cultivo de café*. San Martín: UNALM.
http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/cafe/fertilizacion_y_post_cosecha_de_cafe.pdf.
- ANDINA. (2021). Taza de Excelencia Perú: conoce qué es un café especial, cómo se cultiva y sus variedades. *Andina agencia peruana de noticias*.
<https://andina.pe/agencia/noticia-taza-excelencia-peru-conoce-es-un-cafe-especial-como-se-cultiva-y-sus-variedades-860858.aspx>
- CENICAFE. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*. Ed. Cenicafé
<https://www.cenicafe.org/es/publications/bot032.pdf>
- Córdova, R. (2022). *Altitudes ideales para el cultivo de café en la zona de San Ignacio y Jaén*. Docente del Departamento Académico de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque - Perú.
- De la Cruz, J., y Zurita, A. (2021). *Efecto de la fertilización foliar como complemento en el rendimiento y calidad en taza del cultivo de cafeto (Coffea arabica L.) Var. Catimor, en la provincia de San Ignacio - Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/9531>
- Devida. (s.f.). *Buenas Prácticas en el Cultivo de Café*. Ed. Midagri.
<https://www.devida.gob.pe/documents/20182/331779/MANUAL+DE+PROTOCOLOS+T%C3%89CNICOS+DE+CAFE/7b266502-5fd1-470e-8d6a-1818d55db307>

Díaz, C., y Carmen, M. (2017). Línea de Base del Sector Café en el Perú. Ed. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD.

<https://www.midagri.gob.pe/portal/download/2017/pncafe/sector-cafe-peru.pdf>.

FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*.

<https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>

González, P. (2019). Fertilizantes foliares. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile* , 1-3.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27247/1/Fertilizantes_Foliares.pdf.

Jaramillo, A., y Guzmán, O (1984) *Relación entre la temperatura y el crecimiento en Coffea arabica L., variedad Caturra*. *Cenicafé* 35:57-65.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/708/1/arc035%2803%2957-65.pdf>

Jimenez, T. (2021). *Evaluación de fertilización edáfica y foliar en el rendimiento productivo del café criollo (Coffea arabica L)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala].

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17478>.

Jiménez, T., Meneses, B., y García, J. (s.f.). *ALIFE: Caracterización térmica de la fermentación del café*.

https://oa.upm.es/12620/1/INVE_MEM_2012_106736.pdf

Junta Nacional del Café. (s.f.). *Junta Nacional del Café*.

<https://juntadelcafe.org.pe/cafe-especiales/>

- Mamani, O., y Condori, S. (2019). *Evaluación de la Calidad Física y Sensorial de tres variedades de Café (Coffea arabica L.) en tres zonas agroecológicas del Distrito de San Juan del Oro - Sandia*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3224952>
- Matita de café -Specialty coffee. (2018). *¿QUÉ SON LOS GRADOS BRUX?*
<https://www.facebook.com/calidadencadagranodecafe/photos/qu%C3%A9-son-los-grados-brux-los-grados-brux-s%C3%ADmbolo-bx-miden-el-cociente-total-de-sac/2119532645000964/>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo de Café*. Ed. minagri.
<http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/609>.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017). *Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo de Café*.
midragri.gob.pe: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/ficha07-cafe.pdf>
- Molina, E. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Universidad de Costa Rica.
http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf
- Peña, N., Barrera, O., & Gutiérrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza de café (coffea arabica). *Revista Ingeniería y Región*, 111-116.
doi:<https://doi.org/10.25054/22161325.762>

- Peñuela, A. (2010). *Estudio de la remoción del mucilago de café a través de fermentación natural*. [Tesis de grado, Universidad de Manizales]
- https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1072/Pe%C3%B1uela_Martinez_Aida_Esther_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, J. (2016). Determinación de los grados Brix durante la maduración del café y su efecto sobre la calidad de taza. *Ramirez Caficultura desde Costa Rica*, pág. 67.
- <https://www.ramirezcaficulturadesdecostarica.com/ct67#:~:text=Existen%20antecedentes%20que%20indican%20que,15%20hasta%2024%20grados%20Brix.>
- Ramírez, V. (2014). La Fenología del Café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones. *Cenicafé*, 1-8.
- <http://hdl.handle.net/10778/489>.
- Romheld, V., & El-Fouly, M. (1999). Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. *Informaciones agronómicas*, págs. 10 - 14.
- [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/E88FD559C305BF37852579A3007815CB/\\$FILE/Aplicaci%C3%B3n%20foliar%20de%20nutrientes.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/E88FD559C305BF37852579A3007815CB/$FILE/Aplicaci%C3%B3n%20foliar%20de%20nutrientes.pdf)
- Sadeghian, S. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*. Ed. Cenicafé.
- <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot032.pdf>.
- Sadeghian, S., y Salamanca, A. (2015). Micronutrientes en frutos y hojas de café. *Cenicafé*, págs. 73-87.
- <https://www.cenicafe.org/es/publications/5.Micronutrientes.pdf>.

Salas, R. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Ed. Costa Rica.

http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf

Segura, Á. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Universidad de Costa Rica.

http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf

Senamhi. (2021). *Ficha técnica agroclimática del café (Coffea arabica L.)*. Senamhi.

https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1417/Caf%C3%A9-ficha-t%C3%A9cnica-agroclim%C3%A1tica_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Specialty Coffee Association of America (SCAA). (2015). *Cupping Specialty Coffee, USA*. pág. 10 p.

<https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>

Vidal, M. (2014). *Rango ideal de concentración de sólidos solubles durante la maduración del café y su influencia sobre la calidad de taza en dos variedades y tres niveles altitudinales*. Tesis. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/14/Vidal-Marco.pdf>

ANEXOS

Tabla 1A*Rango de macronutrientes foliares según varios autores.*

| | Materia seca (%) | | | | | |
|------------------------------|------------------|-------------|-----------|------------|-------------|--------------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Cenicafe – 2002 | 2.3 – 2.8 | 0.1 – 0.18 | 1.5 – 2.0 | 0.5 – 1.3 | 0.3 – 0.4 | Na |
| Malavolta – 1993 | 2.7 – 3.2 | 0.15 – 0.2 | 1.9 – 2.4 | 1.0 – 1.4 | 0.31 – 0.36 | 0.15 - 0.2 |
| Matiello et al – 2005 | 2.0 – 3.5 | 0.12 – 0.15 | 1.8 – 2.3 | 1.0 – 1.5 | 0.35 – 0.5 | 0.15 – 0.2 |
| Plant Analysis Manual – 1991 | 2.3 – 3.0 | 0.12 – 0.2 | 2.0 – 2.5 | 1.0 – 2.5 | 0.25 – 0.4 | 0.1 – 0.2 |
| Reuter & Robinson – 1997 | 2.5 – 3.0 | 0.15 – 0.2 | 2.1 – 2.6 | 0.75 – 1.5 | 0.25 – 0.4 | 0.02 – 0.1 * |
| Wilson – 1999 – Arabica | 2.6 – 3.0 | 0.15 – 0.2 | 2.1 – 2.6 | 0.75 – 1.5 | 0.25 – 0.4 | 0.15 – 0.2 |
| Wilson – 1999 – Robusta | 2.7 – 3.3 | 0.13 – 0.15 | 1.8 – 2.2 | 0.8 – 1.5 | 0.3 – 0.36 | 0.18 – 0.26 |

Fuente: YARA

Tabla 2A*Rango de microelementos foliares según varios autores.*

| | Materia seca (ppm) | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------|-----------|-----------|------------|---------|
| | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
| Cenicafe – 2002 | 40 – 60 | 16 – 20 | 90 – 140 | 150 – 220 | Na | 15 – 30 |
| Malavolta – 1993 | 59 – 80 | 8 – 16 | 150 – 300 | 120 – 210 | 0.15 – 0.2 | 8 – 16 |
| Matiello et al – 2005 | 40 – 80 | 10 – 50 | 70 – 200 | 50 – 200 | Na | 10 – 20 |
| Plant Analysis Manual – 1991 | 40 – 75 | 10 – 25 | 70 – 125 | 50 – 200 | 0.1 – 0.5 | 12 – 30 |
| Reuter & Robinson – 1997 | 40 – 100 | 16 – 20 | 70 – 200 | 50 – 100 | Na | 15 – 30 |
| Wilson – 1999 – Arabica | 40 – 90 | 7 – 20 | 70 – 200 | 50 – 100 | 0.8 | 15 – 30 |
| Wilson – 1999 – Robusta | 35 - 90 | 20 - 40 | 70 - 200 | 30 - 70 | 0.5 | 15 - 30 |

Fuente: YARA

Tabla 3A

Tabla resumen de los promedios de las características evaluadas.

| T | Tratamientos | Longitud de fruto | Ancho de fruto | Grados Brix | Proceso de fermentación | | Calidad física | Calidad en taza |
|----|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|-------------------------|------|----------------|-----------------|
| | | | | | Temperatura (°C) | pH | | |
| T0 | Testigo | 1.69 | 1.44 | 17.35 | 24.54 | 3.79 | 75.09 | 82.92 |
| T1 | 1% Mezcla de nutrientes | 1.83 | 1.60 | 18.35 | 24.39 | 3.69 | 77.46 | 83.40 |
| T2 | 2% Mezcla de nutrientes | 1.89 | 1.58 | 18.85 | 24.49 | 3.77 | 77.32 | 83.48 |
| T3 | 3% Mezcla de nutrientes | 1.83 | 1.56 | 19.03 | 24.38 | 3.74 | 78.01 | 84.21 |
| T4 | 4% Mezcla de nutrientes | 1.85 | 1.57 | 18.48 | 24.83 | 3.95 | 78.47 | 83.13 |

Tabla 4A

Tabla resumen de los 3 tiempos de fermentación.

| T | Tratamientos | Proceso de fermentación | | Calidad física | Calidad en taza |
|-----|--------------|-------------------------|------|----------------|-----------------|
| | | Temperatura (°C) | pH | | |
| FT1 | 12 horas | 21.64 | 4.68 | 77.80 | 82.89 |
| FT2 | 18 horas | 26.72 | 3.41 | 77.61 | 84.10 |
| FT3 | 24 horas | 25.23 | 3.27 | 76.39 | 83.29 |

Tabla 5A*ANAVA Longitud del fruto*

| F. V. | S. C. | G. L. | C. M. | F | P-Valor | CV |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 0.10 | 7 | 0.01 | 9.14 | 0.0005 | |
| TRATAMIENTOS | 0.09 | 4 | 0.02 | 15.28 | 0.0001 | |
| REPETICIONES | 4.4E-03 | 3 | 1.5E-03 | 0.95 | 0.4491 | 2.16 |
| Error | 0.02 | 12 | 1.5E-03 | | | |
| Total | 0.12 | 19 | | | | |

Tabla 6A*ANAVA Ancho del fruto*

| F. V. | S. C. | G. L. | C. M. | F | P-Valor | CV |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 0.07 | 7 | 0.01 | 8.81 | 0.0006 | |
| TRATAMIENTOS | 0.06 | 4 | 0.02 | 14.18 | 0.0002 | |
| REPETICIONES | 0.01 | 3 | 1.8E-03 | 1.65 | 0.2298 | 2.13 |
| Error | 0.01 | 12 | 1.1E-03 | | | |
| Total | 0.08 | 19 | | | | |

Tabla 7A*ANAVA Grados Brix*

| F. V. | S. C. | G. L. | C. M. | F | P-Valor | CV |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 7.14 | 7 | 1.02 | 14.17 | 0.0001 | |
| TRATAMIENTOS | 6.81 | 4 | 1.70 | 23.68 | <0.0001 | |
| REPETICIONES | 0.32 | 3 | 0.11 | 1.49 | 0.2665 | 1.46 |
| Error | 0.86 | 12 | 0.07 | | | |
| Total | 8.00 | 19 | | | | |

Tabla 8A*ANAVA pH de fermentación*

| F. V. | S. C. | G. L. | C. M. | F | P-Valor | CV |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 25.95 | 17 | 1.53 | 50.34 | <0.0001 | |
| TRATAMIENTOS | 24.98 | 14 | 1.78 | 58.82 | <0.0001 | |
| REPETICIONES | 0.98 | 3 | 0.33 | 10.73 | <0.0001 | 4.60 |
| Error | 1.27 | 42 | 0.03 | | | |
| Total | 27.23 | 59 | | | | |

Tabla 9A*ANAVA Temperatura de fermentación*

| F. V. | SC | gl | CM | F | p-valor | CV |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 293.88 | 17 | 17.29 | 2.83 | 0.0031 | |
| TRATAMIENTOS | 285.85 | 14 | 20.42 | 3.34 | 0.0012 | |
| REPETICIONES | 8.04 | 3 | 2.68 | 0.44 | 0.7267 | 10.08 |
| Error | 256.65 | 42 | 6.11 | | | |
| Total | 550.53 | 59 | | | | |

Tabla 10A*ANAVA Rendimiento físico_1er momento de cosecha*

| F. V. | SC | gl | CM | F | p-valor | CV |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 144.42 | 17 | 8.50 | 4.16 | 0.0001 | |
| TRATAMIENTOS | 123.25 | 14 | 8.80 | 4.31 | 0.0001 | |
| REPETICIONES | 21.16 | 3 | 7.05 | 3.45 | 0.0248 | 1.85 |
| Error | 85.82 | 42 | 2.04 | | | |
| Total | 230.24 | 59 | | | | |

Tabla 11A*ANAVA Rendimiento físico_2do momento de cosecha*

| F. V. | SC | gl | CM | F | p-valor | CV |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 76.41 | 17 | 4.49 | 9.14 | 0.0120 | |
| TRATAMIENTOS | 69.89 | 14 | 4.99 | 15.28 | 0.0079 | |
| REPETICIONES | 6.51 | 3 | 2.17 | 0.95 | 0.34311 | 1.81 |
| Error | 79.84 | 42 | 1.90 | | | |
| Total | 156.25 | 59 | | | | |

Tabla 12A*ANAVA Calidad en taza_1er momento de cosecha*

| F. V. | SC | gl | CM | F | p-valor | CV |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 35.54 | 17 | 2.27 | 2.38 | 0.0114 | |
| TRATAMIENTOS | 34.82 | 14 | 2.49 | 2.61 | 0.0082 | |
| REPETICIONES | 3.72 | 3 | 1.24 | 1.30 | 0.2863 | 1.17 |
| Error | 40.00 | 42 | 0.95 | | | |
| Total | 78.54 | 59 | | | | |

Tabla 13A*ANAVA Calidad en taza_2do momento de cosecha*

| F. V. | SC | gl | CM | F | p-valor | CV |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Modelo | 58.62 | 17 | 3.45 | 5.19 | <0.0001 | |
| TRATAMIENTOS | 48.52 | 14 | 3.47 | 5.22 | <0.0001 | |
| REPETICIONES | 10.08 | 3 | 3.36 | 5.05 | 0.0044 | 0.98 |
| Error | 27.92 | 42 | 0.66 | | | |
| Total | 86.54 | 59 | | | | |



Figura 1A. Resultados de análisis de suelo del área del experimento.

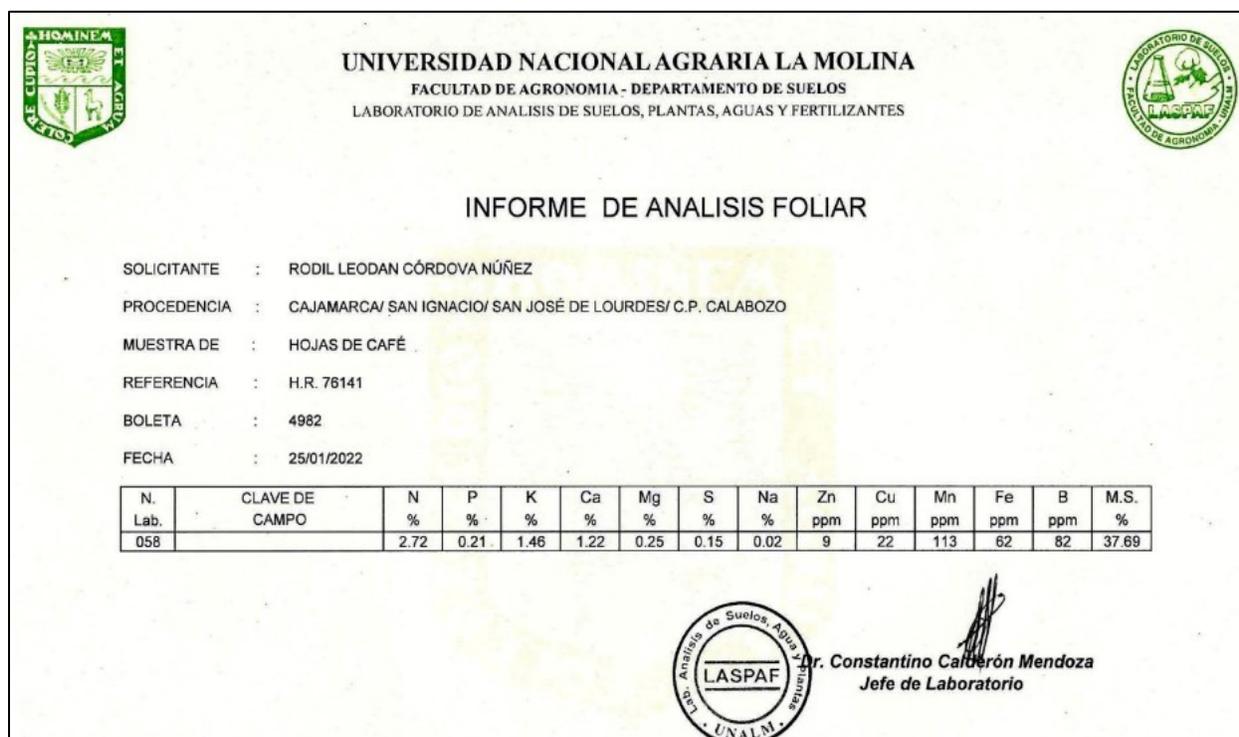


Figura 2A. Resultados de análisis foliar del área del experimento.



Figura 3A. Preparación de mezclas de nutrientes a diferentes concentraciones en el Laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía – UNPRG.



Figura 4A. Concentraciones (%) de nutrientes líquidos envasados en botellas de 1L. preparados en el Laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía – UNPRG.



Figura 5A. Mezcla y aplicación de solución de nutrientes, parcela “La Chorrera”.



Figura 6A. Aplicación de nutrientes vía foliar en el área experimental.



Figura 7A. Medición de la longitud del grano cerezo de café (*Coffea arabica* L)



Figura 8A. Cosecha selectiva de las plantas de café (*Coffea arabica* L) en estudio.



Figura 9A. Síntomas de deficiencia nutricional en las hojas del testigo.



Figura 10A. Proceso de fermentación de las muestras de café.



Figura 11A. Proceso de lavado y rebalse del café.



Figura 12A. Proceso de secado de las muestras de café.



Figura 13A. Almacenamiento de las muestras de café para realizar el análisis físico y sensorial.



Figura 14A. Defectos del café (brocado, conchas, etc.) en el rendimiento físico.



Figura 15A. Proceso de tostado de las muestras de café.



Figura 16A. Preparación de las tazas de café para evaluar la calidad organoléptica.



Figura 17A. Evaluación de la calidad en taza según SCAA de las muestras de café, por parte de los catadores especialistas de la Cooperativa APROCASSI.



Figura 18 A. Visita a la parcela experimental de café, instalado en el CP. Calabozo, San José de Lourdes, San Ignacio.