

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL PRIMER AÑO DE
CRECIMIENTO DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.) VARIEDAD CATIMOR T-8667 A
PLENO SOL EN TINGO MARÍA**

TESIS

**Para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
NENE NEHEMIAS GRANADOS DOMINGUEZ**

**Tingo María – Perú
2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 016 -2020-FA-UNAS

BACHILLER : Nene Nehemías GRANADOS DOMÍNGUEZ

TÍTULO : "NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL PRIMER AÑO DE CRECIMIENTO DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.) VARIEDAD CATIMOR T-8667 A PLENO SOL EN TINGO MARÍA"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing° Luis Germán MANSILLA MINAYA
VOCAL : Ing° Jaime Josseph CHÁVEZ MATÍAS
VOCAL : Ing° Carlos MIRANDA ARMAS

ASESOR : Ing° Jorge Luis ADRIAZOLA DEL AGUILA

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 26 de Noviembre de 2020

HORA DE SUSTENTACIÓN : 11:00 am

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Plataforma Teams

CALIFICATIVO : MUY BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 27 DE NOVIEMBRE DE 2020

LUIS MANSILLA MINAYA
PRESIDENTE

CARLOS MIRANDA ARMAS
MIEMBRO

JAIME CHAVEZ MATIAS
MIEMBRO

JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 066 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL PRIMER AÑO DE CRECIMIENTO DEL CAFETO (Coffea arabica L.) VARIEDAD CATIMOR T-8667 A PLENO SOL EN TINGO MARÍA	NENE NEHEMIAS GRANADOS DOMINGUEZ	13% Trece

Tingo María, 31 de marzo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)



VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Niveles de fertilización nitrogenada en el primer año de crecimiento del cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) variedad Catimor T-8667 a pleno sol en Tingo María
Autor	: Bach. Nene Nehemias Granados Dominguez
Asesor de Tesis	: Ing. Mg. Sc. Jorge Luis Adriazola del Aguila
Escuela Profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Fertilidad, clasificación, recuperación y manejo de suelos.
Línea (s) de Investigación	: Suelos y fertilizantes - RYMSDYC
Eje temático de investigación	: Fertilización en café
Lugar de Ejecución	: Caserío Bella Alta, Tingo María
Duración	: 10 meses
Fecha de Inicio	: 01/01/2018
Término	: 01/10/2018
Financiamiento	: S/. 5,500.00
FEDU	:
Propio	: Si
Otros	:

DEDICATORIA

A Dios, que desde antes de la creación del mundo ya tenía un plan perfecto para mi vida y a Él le debo todo lo que soy.

A mis padres, Simón Tadeo Granados Yllanes y Faustina Domínguez Espinoza, por inculcarme en los caminos de Dios y motivarme en mi superación como profesional exitoso.

A mis hermanos Melvin Tadeo, José Luís y Nayda Nataly Granados Dominguez, por sus consejos y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por ser prioridad en mi vida, porque nos dio su amor, cuidado, motivación, guía y sobre todo su salvación, por lo cual le rindo todo mi ser honrando y exaltando su nombre para siempre.
- A mis padres, por estar siempre pendientes de mí y por apoyarme en todo momento, en especial a mi madre que hizo posible este sueño.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser mi Alma Mater y por acogerme en sus ambientes.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía, por brindarme sus enseñanzas y experiencias para lograr mi formación como profesional competitivo.
- Al mi asesor el Ing. Mg. Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila, por brindarme su apoyo en la elaboración del proyecto de tesis, ejecución y redacción. Por su aporte de sus conocimientos en el cultivo del cafeto.
- A los miembros del jurado calificador el Ing. Luis Mansilla Minaya, Ing. Carlos Miguel Miranda Armas e Ing. Jaime J. Chávez Matías por sus correcciones y que este trabajo tenga más valor para los lectores.
- A la familia del Sr. Felipe Contreras Durand, por cederme el terreno de su finca para la instalación del trabajo experimental.
- A mis colegas de la promoción 2013 Jefer Guzmán, Caleb Gonzales, Quiler Flores, David Pino, entre otros, quienes individualmente brindaron su tiempo valioso en la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del cultivo de café	3
2.1.1. Requerimientos edafoclimáticos del café	3
2.1.2. Variedad Catimor	4
2.2. Sistemas a pleno sol en el Perú	5
2.3. Nutrición mineral del café	5
2.3.1. Requerimientos nutricionales del cultivo de café	6
2.3.2. Funciones de los nutrientes	6
2.3.3. Síntomas de deficiencia y toxicidad de los elementos	7
2.4. Formas de absorción del nitrógeno por las plantas	7
2.5. Principales procesos fisiológicos del café	8
2.6. Etapas o fases del café	9
2.6.1. Etapa de germinación	9
2.6.2. Etapa de almácigo	9
2.6.3. Etapa de crecimiento vegetativa	9
2.6.4. Fase reproductiva	11
2.7. Trabajos de investigación en sistemas a pleno sol	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de Ejecución	14
3.2. Materiales y Métodos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Incremento en altura de planta	25
4.2. Incremento en diámetro de tallo	29
4.3. Incremento del número de hojas	32
4.4. Número de ramas plagiotrópicas	37
4.5. Área foliar	40
4.6. Determinación de costos	42
V. CONCLUSIONES	45
VI. PROPUESTAS A FUTURO	46
VII. REFERENCIAS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Recomendaciones para la fertilización en plantas de cafeto después del trasplante.....	11
2. Datos climatológicos correspondientes al periodo experimental.	15
3. Análisis físico – químico del suelo donde se instaló el experimento.	16
4. Descripción de los tratamientos en estudio de los niveles de fertilización nitrogenada en el primer año de crecimiento del cafeto variedad Catimor T-8667.	17
5. Esquema del análisis de variancia (ANVA).	18
6. Dosis de nitrógeno y urea aplicados en cada tratamiento.....	22
7. Fechas programadas de actividades y evaluaciones en campo.....	23
8. Análisis de varianza para el incremento en altura de planta de los cafetos evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.....	25
9. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el incremento en altura de planta del cafeto evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.....	26
10. Análisis de varianza para el incremento en diámetro del tallo de la planta de cafeto a los nueve meses después del trasplante.	30
11. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el incremento en diámetro del tallo de la planta de cafeto a los nueve meses después del trasplante.....	31
12. Análisis de varianza para el incremento del número de hojas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.....	33
13. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el incremento del número de hojas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.	34
14. Análisis de varianza para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.	37
15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.	38
16. Análisis de varianza para el área foliar por hoja y planta de cafeto evaluadas a los nueve meses después del trasplante.	40
17. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el área foliar por hoja y planta de cafeto evaluadas a los nueve meses después del trasplante.....	41

18. Costo de instalación y mantenimiento para una hectárea de cafetal a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio.....	66
19. Promedio de la evaluación inicial después del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.....	70
20. Promedio de la evaluación a los tres meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.....	71
21. Promedio de la evaluación a los seis meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.....	72
22. Promedio de la evaluación a los nueve meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Promedio de la altura inicial, final e incrementada evaluada a los nueve meses después del trasplante.	29
2. Promedio del diámetro inicial del tallo, final e incremento en plantas de cafeto, en la tercera evaluación a los nueve meses después del trasplante.....	32
3. Promedio del número de hojas inicial, final e incrementada en la tercera evaluación, a los nueve meses después del trasplante.	36
4. Costo de instalación y mantenimiento para una hectárea de cafetal a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio.	44
5. Plantones de café listos para ser instaladas en campo.	53
6. Campo experimental, donde predomina la maleza macorrilla.	53
7. Limpieza del campo experimental.....	54
8. Muestreo de suelo para realizar el análisis físico-químico.....	54
9. Preparación de hoyos, capa superior e interior respectivamente.	55
10. Trasplante de plantones de café, más aplicación de fuente fosfórica.	55
11. Planta de café después de ser instalada en campo definitivo.....	56
12. Primera fertilización (N y P), al primer mes después del trasplante.	56
13. Primera evaluación, a los tres meses después del trasplante.	57
14. Visita del presidente de jurado Ing. Luis Mansilla Minaya, y asesor Ing. Jorge Adriazola del Águila.....	57
15. Observaciones del presidente de jurado Ing. Luis Mansilla Minaya.....	58
16. Visto bueno por los docentes responsables del Proyecto de Tesis	58
17. Tercera fertilización, a los siete meses después del trasplante.	59
18. Tercera evaluación, a los nueve meses después del trasplante.....	59
19. Tercera evaluación del tratamiento con nivel bajo de nitrógeno.....	60
20. Tercera evaluación del tratamiento con nivel medio de nitrógeno.....	60
21. Tercera evaluación del tratamiento con nivel alto de nitrógeno.....	61
22. Tercera evaluación del tratamiento testigo sin nitrógeno, mas P y K.	61
23. Tercera evaluación del tratamiento testigo absoluto, sin N, P y K.....	62
24. Vista del campo experimental a los 9 meses después del trasplante.	62
25. Muestras de hojas para determinar el área foliar de la planta a los nueve meses después del trasplante.	63

26. Comparación de los tratamientos en estudio a los nueve meses después del trasplante.....	64
27. Croquis del campo experimental y el detalle de la parcela experimental.	65
28. Análisis de suelo del campo experimental.....	67
29. Plantas de café a los 21 meses después del trasplante de los tratamientos con nivel medio y bajo de nitrógeno respectivamente.	68
30. Plantas de café a los 21 meses después del trasplante de los tratamientos testigo y testigo absoluto.	69

RESUMEN

La investigación se realizó en la localidad de Bella Alta, distrito Mariano Dámaso Beraún, con altitud de 942.23 m.s.n.m, el cafetal se estableció el 17 de enero del 2018 a pleno sol, con distanciamiento de 1 x 2 m entre planta y calle respectivamente, en suelos franco arcilloso, deficiente materia orgánica, fósforo y potasio, con pH de 5.60. Donde se evaluó incrementos de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas; el número de ramas plagiotrópicas y área foliar; y se determinó costos de instalación y mantenimientos.

Las dosis 60 y 90 kg N/ha obtuvieron los mejores resultados; mientras que la dosis con 120 kg N/ha mostró resultados inferiores. Sin embargo, el testigo absoluto y la dosis 0 kg N/ha, presentaron crecimientos estadísticamente bajos a comparación de los demás tratamientos.

Al noveno mes del trasplante, se evaluaron los efectos de las dosis de 60 y 90 kg N/ha, registrándose incrementos en: altura de 29.92 y 29.97 cm; diámetro del tallo de 4.23 y 4.31 mm; hojas de 65.91 y 66.22; ramas plagiotrópicas de 10.4 y 10.7; área foliar de 53.88 y 56.82 cm² respectivamente.

Los costos en instalación y mantenimiento por hectárea de cafetal, resultaron que en la dosis 0 kg N/ha y testigo absoluto la inversión fueron 6,028.00 y 7,948.82 soles respectivamente, mientras que las dosis 60, 90 y 120 kg N/ha requieren inversiones de 8,399.38; 8,513.78 y 8,628.18 soles respectivamente, los niveles bajo y medio con dosis 60 y 90 kg de nitrógeno/hectárea/año los mejores.

Palabras clave: Fertilización, nitrógeno, plantones, variedad y costos.

ABSTRACT

The research was carried out in the town of Bella Alta in the Mariano Damaso Beraun district of Peru, with an altitude of 942.23 m.a.s.l. The coffee was established on January 17, 2018, under full sun, with a distance of 1 x 2 m between the plants and rows, respectively. The soil was loamy clay, deficient in organic matter, phosphorous, and potassium, and had a pH of 5.60. The increases in plant height, stalk diameter, number of leaves, number of plagiotropic, and the foliar area were determined; the installation and maintenance costs were determined.

The best results were obtained with the doses of 60 and 90 kg of N/ac, while the dose of 120 kg of N/ac showed inferior results. Notwithstanding, the absolute control and the dose of 0 kg of N/ac presented statistically low growth in comparison to the rest of the treatments.

At nine months after transplant, the effects of the 60 and 90 kg of N/ac were evaluated, where an increase was recorded of 29.92 and 29.97 cm for the height; 4.23 and 4.31 mm for the stalk diameter; 65.91 and 66.22 for the leaves; 10.4 and 10.7 for the plagiotropic branches; and 53.88 and 56.82 cm² for the foliar area, respectively.

The results of the installation and maintenance costs per acre of coffee were that the 0 kg of N/ac dose and the absolute control were 6,028.00 and 7,948.82 soles, respectively; while the doses of 60, 90, and 120 kg of N/ac required investments of 8,399.38, 8,513.78, and 8,628.18 soles, respectively. The low and average levels for the doses of 60 and 90 kg of nitrogen/acre/year [were] the best.

Keywords: fertilization, nitrogen, seedlings, variety, costs

I. INTRODUCCIÓN

En el territorio peruano, existen 425,416 hectáreas que son manejados por 223,482 pequeños productores, donde el 95% cuentan con menos de cinco hectáreas. Se dice que el café abarca el 6% de las tierras agrícolas de la nación; sin embargo, los suelos aptos para café pueden ser dos millones de hectáreas. Los cafetales están ubicados en 17 regiones y 338 distritos, en donde dos millones de personas se benefician de este cultivo. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2018). Nuestros agricultores no tienen asistencia técnica, no tienen un programa de fertilización (análisis de suelos, fraccionamientos y dosis adecuadas) y sin un programa de manejo de enfermedades, que afectan directamente el crecimiento y desarrollo de los cafetos desde su instalación a campo definitivo hasta su producción (Banco Agropecuario, 2007).

A diferencia de este sistema bajo sombra, el sistema de caficultura moderna propone que el cultivo de cafeto se cultive a pleno sol, manejado técnicamente, con altos insumos químicos, análisis de suelos, abonos foliares, material encalante, etc. EL sistema de cafetales a pleno sol, va a permitir mayor tasa fotosintética y mayor rendimiento con el soporte de un eficaz programa de fertilización (fertilización química) y demás agroquímicos como controladores de plagas, enfermedades y malezas, convirtiéndose en un cultivo intensivo, debido al mayor número de plantas por hectárea, no asociado a otros cultivos facilitando el manejo de la plantación (Anzueto, 2013; Gast et al., 2013; Ramírez, 2013; Sánchez, 2015).

El establecimiento en Tingo María, de parcelas con este sistema nos obliga a dar soporte técnico a estos suelos degradados y hay que determinar el comportamiento del crecimiento de las plantas de cafeto, trasplantados en campo definitivo a pleno sol y continuar su manejo con este sistema. Planteamos la hipótesis de que uno de los niveles de nitrógeno: nivel alto, medio y bajo superan en crecimiento a las plantas que no reciben nitrógeno.

Objetivo general:

- Evaluar cuatro niveles de fertilización nitrogenada que producen un mayor crecimiento de las plantas de cafeto en su primer año en campo definitivo a pleno sol.

Objetivos específicos:

- Determinar los tratamientos con mayor incremento en altura, diámetro de tallo y número de hojas, como también el número de ramas plagiotrópicas y área foliar.
- Determinar el costo de inversión que se requiere para la instalación y mantenimiento por hectárea/año del cultivo de cafeto bajo el sistema a pleno sol.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de cafeto

El centro de origen del cafeto son las montañas de Etiopía, caracterizadas por estar ubicadas entre 6 y 9 grados de latitud norte, entre 1,300 y 1,800 m.s.n.m; tiene una estación seca de cuatro a cinco meses de duración y lluvias anuales entre 1,500 y 1,800 milímetros. La temperatura óptima fluctúa entre 20 y 25 °C con mínimas de 4 ó 5 °C y máximas de 30 a 31 °C. En el sur de Brasil se ubica la producción más importante del mundo (zona subtropical) de 20 a 30 grados de latitud sur y en altitudes entre 600 y 800 m.s.n.m. En esta región es posible recibir temperaturas bajas extraordinarias que causan heladas (-7,-8 °C) y afectan a millones de plantas de cafeto (Coste, 1968).

En el ámbito peruano existen diversas variedades de la especie Arábica de importancia económica y de exportación, que pertenecen al grupo “Cafés suaves”. Las variedades representativas son el caturra, típica, catimor y borbón (Banco Agropecuario, 2007).

2.1.1. Requerimientos edafoclimáticos del cafeto

2.1.1.1. Altitud

Castañeda (1997), menciona tres zonas en donde se cultiva el cafeto en el Perú; una es la denominada zona baja (600 a 900 m.s.n.m), zona media (900 a 1200 m.s.n.m) y la zona alta (1200 a 1800 m.s.n.m.). Pero el 75% de los cafetales se cultivan sobre los 1,000 m.s.n.m (Banco Agropecuario, 2007).

2.1.1.2. Precipitación

Távora et al. (2013), mencionan que, para un normal desarrollo y crecimiento del cafeto, se requiere precipitaciones anuales entre 1,800 a 2,000 milímetros. Las precipitaciones anuales menores a 1,000 mm ocasionarían muerte por sequía y mayores a 3,000 mm afectarían en su crecimiento, calidad del grano y taza. Sin embargo, Castañeda (1997), menciona que la distribución óptima de lluvias es de 1,200 mm anuales. Por otro lado, Jaramillo et al. (2011), recomiendan que un cafetal bajo el sistema a pleno sol no debe carecer de lluvias con precipitaciones inferiores a 100 mm mensuales y prolongadas por más de dos meses.

2.1.1.3. Temperatura

La temperatura media anual óptima varía de 15 a 25 °C, que determinan brotes florales normales, floración y fructificación abundante (Sánchez, 2014). Castañeda (1997) añade que puede variar en 12 °C entre la máxima y mínima.

2.1.1.4. Humedad relativa

Távora et al. (2013), recomiendan que no deben ascender mayor 85 %, son propicios para la proliferación de patógenos.

2.1.1.5. Luminosidad

En las zonas cafetaleras del Perú existe buena luminosidad, siendo lo ideal 150 horas sol por mes. Esta favorece el mayor desarrollo de la planta, esto demanda la exigencia de minerales y agua que deben estar disponibles en el suelo. La luminosidad está ligada a la fertilización y las lluvias, para un desarrollo de las plantas (Castañeda, 1997).

Según Ramírez (2013), menciona que el brillo solar ayuda en el metabolismo de las plantas de cafeto, mejor fotosíntesis, respiración y foto respiración, otro factor indispensable es la temperatura de aire. En Colombia si la temperatura media asciende los 22 °C, la máxima llega a 27 °C, y la tasa fotosintética disminuye a partir de los 25 °C, que es desventaja para cafetales sin sombra. La recomendación para temperaturas medias por encima de 22 °C es instalar cafetales con sombra o árboles forestales. Cuando los rayos del sol son fuertes, existe la saturación lumínica para el cafeto, entonces la planta se exige sombra, ya que puede ocurrir un estrés hídrico.

2.1.1.6. Suelo

Según Sánchez (2014) existen sólo dos órdenes de suelos ideales para este cultivo: los Inceptisoles, que son los suelos muy pobres, que con técnica son aprovechados para obtener buenas cosechas, y los Alfisoles de fertilidad intermedia, adecuado pH, y bueno en nutrientes, y que se encuentran en la Selva Alta. Según Benito (1996) el pH debe ser ligeramente ácido de 5.0 a 6.5; los suelos muy ácidos muestran toxicidad de aluminio o fierro. Por otra parte, Ramírez (2013) menciona que un suelo ideal para un sistema a pleno sol, tiene la capacidad de retener agua superior a 80 milímetros y no dificultaría en periodos críticos de agua.

2.1.2. Variedad Catimor

Sotomayor Herrera (1993), mencionan que el Centro de Investigación de la Roya del café (CIFC), Oeiras, Portugal, ha desarrollado el híbrido “Catimor”, resultado del cruzamiento entre Caturra x Híbrido de Timor; las plantas de este Híbrido presentan gran variabilidad genética y resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Según Anzueto

(2013), esta variedad tiene porte bajo homogéneo, brote bronceado, vigor y producción alta, bien adaptadas en zonas de media altitud, taza estándar o menos que estándar.

2.2. Sistemas a pleno sol en el Perú

En el Perú existen zonas cafetaleras con hectáreas cultivadas (%) a pleno sol como: Amazonas – Bagua (20%), Ayacucho – Valle del río Apurímac (25%), Cajamarca – Jaén (18%), Cusco – Quillabamba (30%), Huánuco – Tingo María (15%), Junín – Chanchamayo (5%), Pasco – Villa Rica (10%), Piura – Montero (30%), Puno – San Juan del Oro (50%), San Martín – Tocache (50%) (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2003). En el Perú la mayor parte de los cafetales son conducidas bajo sombra, sin embargo, se puede instalar el cultivo de cafeto a pleno sol (sin árboles de sombra) cuando se tiene plantas previamente adaptadas al sol y cuando se tiene materia orgánica en cantidades adecuadas (Sánchez, 2015). Si se piensa instalar una variedad en un sistema a pleno sol, se debe tener en cuenta la disponibilidad hídrica y la temperatura antes mencionadas (Anzueto, 2013). Para trasplantar a pleno sol, Ramírez (2013) recomienda tener en cuenta la disponibilidad de una capital, un plan de manejo del cultivo (fertilización, control de plagas enfermedades, control de malezas, podas sincronizadas, etc.). Según Gast et al. (2013), el objetivo del sistema de producción sin sombra, es sinónimo de especialización productiva lo que garantiza tener altos rendimientos por hectárea en comparación a lo tradicional.

2.3. Nutrición mineral del cafeto

Alcanzar un significativo crecimiento, desarrollo y productividad del cafeto, amerita contar con un plan de fertilización garantizado, ideal y óptimo, de nutrimentos indispensables para alcanzar buenos resultados todos los años en producción, rentable para el productor, y amigable con el medio ambiente (Gruhn et al., 2000 y Sadeghian, 2014).

Para implantar un plan de nutrición, se debe conocer el ciclo de vida y comportamiento vegetal desde la instalación hasta la producción del cafeto, cada fase ameritan diferentes cantidades de nutrimentos (Arcila et al., 2001). Las fertilizaciones se deben programar según el comportamiento de lluvias para un buen aprovechamiento en la absorción de los elementos esenciales de la solución suelo (Arcila & Jaramillo, 2003), teniendo en cuenta el aporte de nutrientes del suelo, mediante los análisis de suelos que indicará cuanto se debe aportar para un buen desarrollo del cafeto (Sadeghian, 2003); en caso de que se instale bajo el sistema a pleno sol y sin asociar con otros cultivos, la fertilización es mayor, a comparación de cafetales con especies arbóreas (Cardona & Sadeghian, 2005).

2.3.1. Requerimientos nutricionales del cultivo de cafeto

Según Malavolta (2006), un cafetal, al igual que otros cultivos de importancia, exigen nutrimentos considerados indispensables para su óptimo incremento y cambio de su morfología y adecuado metabolismo. El carbono, hidrógeno y oxígeno son captados del agua y la atmósfera, estos constituyen un 95 % de la estructura de la planta, y el 5 % de los minerales son extraídos de la solución suelo como el nitrógeno, fósforo y potasio en mayores cantidades, así también es el magnesio y azufre; y en mínimas cantidades el hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, cloro, molibdeno y níquel.

Según Barceló et al. (2009), la forma utilizable de cada elemento por la planta son: Hidrógeno (H_2O), Carbono (CO_2), Oxígeno (O_2 , H_2O), Nitrógeno (NO_3^- , NH_4^+), Potasio (K^+), Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Fósforo ($H_2PO_4^-$, $HPO_4^{=}$), Azufre ($SO_4^{=}$), Cloro (Cl^-), Boro (BO_3^{\equiv} , $BO_4O_7^{=}$), Hierro (Fe^{+++} , Fe^{++}), Manganeso (Mn^{++}), Zinc (Zn^{++}), Cobre (Cu^+ , Cu^{++}) y Molibdeno ($MoO_4^{=}$). Los iones cargados positivamente (cationes), como el K^+ , y el Ca^{++} , son la mayoría de las veces, absorbidos por los coloides del suelo, mientras que los iones cargados negativamente (aniones) tales como el sulfato ($SO_4^{=}$), nitrato (NO_3^-), fosfato ($HPO_4^{=}$) y otros suelen encontrarse en la solución suelo. La solución del suelo es la más importante fuente de nutrientes para ser absorbidas por las raíces de las plantas. La capacidad de intercambio de cationes del suelo determina su nivel de disponibilidad de los iones.

2.3.2. Funciones de los nutrientes

El nitrógeno según Sotomayor Herrera (1993), es un nutriente que se encuentra en la planta, exactamente en las proteínas, clorofila, alcaloides. Internamente es muy móvil y su baja disponibilidad en el suelo influye en la fotosíntesis, altura de planta, tamaño de hoja, cantidad de nudos de producción, llenado del producto y cantidad de fruto. Por su parte, el fósforo es parte de las nucleoproteínas y tiene la función de promover los procesos de respiración y fotosíntesis. El potasio ayuda a sostener una tasa de respiración adecuada, y evita la reducción de formación de carbohidratos si existiera una deficiencia; cuando las plantas son adultas, requieren más de este elemento, especialmente son más exigentes en la etapa de llenado de grano y maduración. En la fruta se acumula, provenientes de las hojas adultas. También el potasio ayuda a que la planta no sufra un estrés hídrico, incrementando la supervivencia en épocas de sequía, por consiguiente, la nutriente ayuda a la planta a la resistencia de plagas y enfermedades.

Según la Asociación Ecosistemas Andinos (2010), los nutrientes esenciales para las plantas intervienen en el crecimiento y desarrollo de la siguiente forma: en el almacén de la planta (C, H y O), crecimiento de la planta (N, K, Ca, S, Mg, B y Mn), desarrollo de las raíces (P, Ca, Zn y Mo), formación, desarrollo y calidad de los frutos y semillas (N, K, P, S, Mg, B, Zn, Cu, Mn y Cl) y dan color verde a las hojas (Mg, N, S, Cu, Fe y Mn).

2.3.3. Síntomas de deficiencia y toxicidad de los elementos

Azcón-Bieto y Talón (2008) mencionan que las deficiencias nutricionales que reducen ligeramente el crecimiento, no presentan síntomas visibles claros. Normalmente, los síntomas se hacen patentes cuando la deficiencia nutricional es aguda y el ritmo de crecimiento disminuye significativamente; muchas especies vegetales adaptadas a lugares pobres en nutrientes, ajustan su crecimiento al nutriente limitante, por lo que no se desarrollan síntomas visibles.

El síntoma de deficiencia del nitrógeno en las plantas se da siempre en hojas adultas, cambiando de color verde oscura a amarillo, y con frecuencia caen de la planta antes de volverse necróticas (Azcón-Bieto & Talón, 2008). Esta decoloración de la hoja “clorosis” se debe a la escases de clorofila, y por ser muy móvil dentro de la planta, afecta a las hojas adultas; en casos severos, existe clorosis en hojas más nuevas, seguida por la muerte descendente de las ramas y paloteo (Gast et al., 2013).

La deficiencia del fósforo se manifiesta con un amarillamiento con manchas rojizas en hojas adultas, ocasionando caída de hojas (Gast et al., 2013). En caso del potasio inicia con un síntoma de clorosis en el ápice de las hojas viejas, que posteriormente va cambiando hasta adquirir un color pardo-rojizo, y si persiste por mas tiempo se necrosan y el crecimiento se retrasa (Azcón-Bieto & Talón, 2008).

Por otra parte, Havlin et al. (2007) mencionan que, si existe excesivas cantidades de ciertos elementos esenciales o no, causarían daño en el cultivo. El nitrógeno y el potasio en exceso en el suelo, no causarían toxicidad a las plantas, mientras que los micronutrientes podrían causar toxicidad, este daño va depender de la cantidad incorporada en el suelo, puede ser ligero a muy severo, causando daño a la célula, e interfiriendo a la asimilación y funciones de otros nutrientes.

2.4. Formas de absorción del nitrógeno por las plantas

Existen formas de absorción de nitrógeno por la planta, entre ellas está el nitrato (NO₃-), compuestos orgánicos y urea. Las plantas lo encuentran en mayor cantidad como

ocurre la transpiración que son los estomas que son encargadas de refrigerar a la planta de café, también interviene en la absorción de minerales y H₂O (Arcila, 2007).

2.6. Etapas o fases del cafeto

2.6.1. Etapa de germinación

Ocurre en un periodo de 2 meses después de poner las semillas al germinador. El sustrato recomendado es únicamente la arena lavada de río, el cotiledón de las semillas son las encargadas de alimentarlas durante esta etapa (Sadeghian, 2008).

2.6.2. Etapa de almácigo

Una vez germinada los fosforitos o mariposas son llevadas al almacigo donde van continuar su crecimiento hasta la instalación en el terreno definitivo, el tiempo que dura esta etapa es aproximadamente 180 días. Las raíces inician absorber nutrientes como el nitrógeno y fósforo, el potasio no se requiere en esta etapa. Se recomienda usar como sustrato compost y tierra agrícola en proporción 2:2, que favorecen las exigencias de las plántulas (Sadeghian, 2008).

2.6.3. Etapa de crecimiento vegetativa

Sadeghian (2008), menciona que la etapa vegetativa del cafeto comprende desde el trasplante en campo definitivo, hasta el momento en que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido, también Riaño et al. (2004) y Sadeghian (2008) mencionan que esta etapa la planta instalada cumple entre 1 año y 6 meses hasta 2 años de edad, según los factores de clima y suelo; según Uribe & Salazar (1984) mencionan que el crecimiento radicular, incremento de ramas plagiotropicas y alta foliación del cafeto exigen un buen aporte de fuentes nitrogenados y fosfóricos. Según Gros (1981) en el caso del cafeto recién sembrado a pleno sol debemos disponer una buena provisión de nitrógeno, para propiciar una fotosíntesis más efectiva; y fósforo que induciría mayor crecimiento radicular, y otras funciones fenológicas de la planta que le permitirán superar los limitantes del campo y acelerar un mayor crecimiento, lo que asegura su supervivencia en el campo.

Por otra parte, Sadeghian (2010) recomienda aportar nitrógeno en cantidades que varía de 0.05 a 0.06 kg por cafeto, según los cálculos se requeriría en 5 mil plantas por hectárea 250 kilogramos de nitrógeno. Fertilizar oportunamente influye en la cantidad de cosecha, si se aplica a los 60 días después del trasplante se obtiene buenos resultados en comparación a los 180 días después del trasplante con pérdidas de 2 kilos por cada 100 kilos de pergamino seco; ahora si no se fertiliza en más de 180 días después del trasplante se puede

perder hasta 40 kilos por cada 100 de café pergamino (Hernández & Suárez, 2002). Luego si la fertilización nitrogenada en cafetales a libre exposición solar es la adecuada, usando como fuente nitrogenada la urea, causan un efecto positivo en comparación al no aplicar nitrógeno, que ocasionan pérdidas de la mitad de la producción a los 4 años (Sadeghian, 2011).

El lugar correcto de dosificación de los nutrientes se encuentra en la rizosfera, el fraccionamiento se debe realizar no menor a tres aplicaciones, y cuando el suelo este húmedo. A los dos años de edad el cafeto se puede fertilizar al voleo en la zona de aplicación (Sadeghian, 2008). A continuación, se detallan las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio requeridas desde el trasplante en campo definitivo en el primer año de crecimiento.

2.6.3.1. Fertilización fosfórica al trasplante

Durante el trasplante Castañeda (1997), recomienda aplicar 125 g de roca fosfórica (22 % de P_2O_5) más 25 g de guano de islas (12 % P_2O_5) esto es equivalente a aplicar 25 g de P_2O_5 por planta durante el trasplante. Por otra parte, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2014) y Sánchez (2014) mencionan que en suelos ácidos se debe aplicar 100 g de roca fosfórica, lo cual contiene 22 g de P_2O_5 . Estas recomendaciones pertenecen a suelos de nuestro país, para un café convencional y orgánico, por lo cual los tres autores coinciden en la dosis de fósforo aplicado al momento del trasplante. El promedio de las dosis es de 23.5 g de P_2O_5 por planta/pozo.

2.6.3.2. Fertilización nitrogenada después del trasplante

Luego del trasplante de las plantas de cafeto, este requiere tres aplicaciones de fertilizante nitrogenado distribuidos durante un año; en Perú Schuller y Silvera (2011), recomiendan fertilizar en esta etapa, a los tres, seis y diez meses después del trasplante; con las dosis de 13 g, 16 g y 16 g de urea respectivamente, que equivalen a 6, 7.5 y 7.5 g de nitrógeno respectivamente, con un total de 21 g de nitrógeno/planta/año. Por otro lado, Loli y Aquino (2011) recomiendan aplicar al primero, quinto y noveno mes después del trasplante la cantidad de 2 g, 7 g y 9 g de nitrógeno respectivamente, con un total de 18 g de nitrógeno/planta/año. También Sánchez (2014), recomienda en el primer mes aplicar 2 g de urea (más 2 g de cloruro de potasio, una pizca de sulfato de cobre, sulfato de zinc y sulfato de manganeso), y al cuarto y octavo mes con 2 g de urea (más 2 g de cloruro de potasio); luego de la aplicación se debe tapar con abundante “mulch”. Caso contrario la dosis de fertilización de nitrógeno y potasio se quintuplica a 10 g de urea y 10 g de cloruro de potasio. En Colombia

Sadeghian y Gaona (2005), recomiendan aplicar una dosis mayor de nitrógeno, aumentándose la dosis según se incrementa la edad de la planta, como se aprecia en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Recomendaciones para la fertilización en plantas de cafeto después del trasplante.

Elemento – Insumo	Dosificación (g/planta)			(g/planta/año)
	1ro/2do mes	6to mes	10mo mes	Total
Nitrógeno (N)	5 - 7	7 - 9	9 - 12	21 – 28
Urea (46 %, N)	10 - 15	15 - 20	20 - 25	45 – 60

Fuente: Sadeghian y Gaona (2005).

2.6.3.3. Fertilización potásica después del trasplante

Sánchez (2014), recomienda aplicar al primero, cuarto y octavo mes después del trasplante entre 2 a 10 gramos de cloruro de potasio (60 % de K₂O) por planta, sin embargo Sadeghian (2008), recomienda no aplicar en el primer año, pero si en la etapa de floración y llenado de frutos, incrementándose según la edad de la planta.

2.6.3.4. Encalamiento

Loli y Aquino (2011), recomiendan incorporar al trasplante, según lo que indique el análisis de suelos, cal agrícola, cal dolomítica o roca fosfórica. Mientras Sadeghian (2008), menciona que al incorporar la cal en el suelo al trasplante tiene mayor efectividad, dada su baja solubilidad; en pH 4 a 5 se debe aplicar entre 60 hasta 100 gramos por punto de trasplante y en suelos por debajo de 4 de pH aplicar entre 80 y 120 gramos por punto de trasplante.

2.6.4. Fase reproductiva

Esta etapa inicia cuando los cafetos florecen por primera vez al menos en un 50% de la plantación, influyendo la fecha del trasplante, el calor del aire y el agua, también ocurre el llenado de granos y termina cuando el cerezo está maduro (Sadeghian, 2008).

2.7. Trabajos de investigación en sistemas a pleno sol

Llanco (2014), registró a los 270 días en plantas de cafeto a pleno sol con fertilización incrementos en altura de planta de 26.7 cm, incremento del diámetro del tallo obtuvo 10.88 mm e incrementos en número de ramas plagiotrópicas 9.9, las plantas con este sistema no compiten por luminosidad, y el alargamiento de los entrenudos del eje ortotrópico

son mínimos a comparación con el sistema bajo sombra que alcanzan mayor altura. Las plantas a pleno sol concentran su desarrollo en el diámetro y ramas productivas.

Freire et al. (2006), observaron crecimientos en variedades de Icatu (porte alto) y Obata (porte bajo) cuando se evaluaron a los 8 meses después del trasplante, la variedad Icatu alcanzó una altura de 49.1 cm a pleno sol y 49.3 cm sombreado, así mismo ocurre en la variedad Obata con una altura de 29.0 cm a pleno sol y 26.7 cm sombreado, no encontrando diferencias. Por otra parte, Morais et al. (2003), mencionan registrar en la variedad IPR 99 una altura a los 8 meses de 51.5 cm a pleno sol y 51.0 cm sombreado.

Según Freire et al. (2006), observaron que el sistema sombreado redujo el diámetro de tallo en cafetos, encontrando en la variedad Icatu de 3.5 años un diámetro de 1.80 cm, sin embargo, a pleno sol fue de 2.12 cm. Por otro lado, en la variedad Obata puede alcanzar un diámetro de 2.02 cm a pleno sol y 1.69 cm sombreado.

Morais et al. (2003), mencionan que el cafeto sombreado causa aumento de tamaño de las hojas individuales de los cafetos, pero las plantas a pleno sol desarrollaron hojas más pequeñas y más gruesas con gran espesor de pared celular, cutícula y mesófila caracterizando el desarrollo de refuerzos mecánicos para evitar la pérdida de agua, y más rústico. Así mismo, Arcila (2007), menciona que cada 25 o 30 días se van formando un par de hojas o un nudo en el tallo; y además Buitrago (1983) citado por Arcila (2007), observo que cada 20 días brotan en las ramas plagiotrópicas dos hojas. La cantidad de hojas depende de la edad de la planta y la densidad de trasplante, así mismo, de la presencia de nitrógeno y magnesio que favorecen en la fotosíntesis y evita la caída de hojas (Arcila, 2007). Una hoja sana según Arcila (1987), su ciclo de vida en cafetales con sombra varía entre 300 a 450 días, sin embargo en plantaciones sin sombra varía entre 270 a 420 días.

Según Morais et al. (2003), mencionan que el cafeto cultivados a pleno sol presentaron mayor número de ramas primarias y más vigorosos, una variedad IPR 99 a los 8 meses después del trasplante llega alcanzar 15.2 ramas a pleno sol y 14 ramas sombreado; también Arcila et al. (2001), mencionan que a los 210 y 240 días se formarían las ramas iniciales, contando desde el trasplante en terreno seleccionado, quienes son los responsables de la producción; formándose anualmente 12 y 14 pares de ramas plagiotrópicas aproximadamente (Arcila, 2007).

Para finalizar Arcila y Chávez (1995), evaluaron el área foliar de cafetos sembrados bajo un sistema libre de sombra, en donde encontraron hojas con 30 a 40 cm² de área, estas dependieron de los años de instalación, variedades, número de plantas por hectárea. También añade Freire et al. (2006), que el área foliar de una hoja de la variedad Icatu puede alcanzar 42.2 cm² en pleno sol, pero sombreado solo a 33.8 cm²; pero en la variedad Obata puede alcanzar 59.4 cm² a pleno sol 58.0 cm² sombreado, siendo más favorable en un sistema a pleno sol. El tamaño de hojas individuales en la variedad IPR 99 fueron 49.63 cm² a pleno sol y 64.53 cm² sombreado (Morais et al., 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo “Contreras” del señor Felipe Contreras Durand, ubicado en el caserío Bella Alta, Localidad de Bella, Distrito de Mariano Dámaso Beraún, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

Las coordenadas UTM del campo experimental se determinaron con equipo GPS navegador, cuyas unidades son las siguientes:

UTM: 18L : 383873.73 mE
: 8966216.88 mN
Altitud :942 m.s.n.m.

3.1.2. Características del campo experimental

El campo experimental es de topografía inclinada con pendiente aproximada de 100% (45°) ex cocal, macorillal (Macorilla o Helecho del águila, maleza predominante *Pteridium aquilinum* L.) y suelo degradado.

3.1.3. Características de los plántones

Los plántones de café tuvieron las siguientes características: 10 meses de edad, con un promedio de 25.06 cm de altura, 5 a 6 pares de hojas y con 4.43 mm de diámetro. Fueron manejados en el vivero de la Facultad de Agronomía.

3.1.4. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos registrados durante el periodo de ejecución (enero – octubre del 2018), fueron obtenidos de la Estación Meteorológica “José Abelardo Quiñones” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (**Tabla 2**).

En la **Tabla 2**, se observa que la temperatura osciló entre 24.6 y 26.4°C con un promedio de 25.4°C, con una humedad relativa promedio de 84%, las precipitaciones oscilaron entre 62.4 y 485.5 mm, con un promedio mensual de 262.7 mm y con 151.8 horas sol promedio mensual.

Tabla 2. Datos climatológicos correspondientes al periodo experimental.

Mes	Temperatura (°C)			H.R° (%)	Precipitación (mm)	Horas de sol
	Máx.	Min.	Med.			
Enero	30.1	20.6	25.4	86	404.4	131.3
Febrero	29.8	21.3	25.6	85	305.9	101.0
Marzo	29.9	20.8	25.3	85	485.0	116.9
Abril	29.9	20.6	25.4	86	224.8	140.2
Mayo	30.6	20.7	25.6	84	181.2	177.2
Junio	29.4	19.7	24.6	85	182.6	160.0
Julio	30.4	19.5	24.9	83	62.4	175.4
Agosto	30.7	19.0	25.1	82	214.6	196.3
Setiembre	32.3	20.0	26.4	79	80.4	195.4
Octubre	30.5	21.0	25.7	83	485.5	124.2
Total	303.6	203.2	254.0	838	2626.8	1517.9
Promedio	30.4	20.3	25.4	84	262.7	151.8

Fuente: Estación Meteorológica “José Abelardo Quiñones” – UNAS.

3.1.5. Análisis de suelo

El análisis físico – químico del suelo del campo experimental, se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y los resultados se muestran en la **Tabla 3**. Las sub-muestras se tomaron de una profundidad de 0 – 20 cm.

Según el análisis físico y químico del suelo, se tiene un suelo franco arcilloso, reacción moderadamente ácida (pH = 5.6), bajo en materia orgánica y nitrógeno total, bajo en fósforo y medio en potasio. De acuerdo a los resultados se puede indicar que es un suelo apto para cultivos perennes (café), por presentar buena textura y pH óptimo para la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 3. Análisis físico – químico del suelo donde se instaló el experimento.

Parámetros	Contenido	Método
Análisis físico		
Arena (%)	39.20	Hidrómetro
Limo (%)	30.40	Hidrómetro
Arcilla (%)	30.40	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcilloso	Triángulo textural
Análisis químico		
pH (1:1)	5.60	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	1.24	Walkley y Black
N total (%)	0.06	Micro Kjeldahl
P disponible (ppm)	6.55	Olsen modificado
K disponible (ppm)	111.70	Acetato de amonio 1N
CIC (cmol/kg)	5.90	Acetato de amonio 1N
Ca cambiable (cmol/kg)	4.97	Absorción atómica
Mg cambiable (cmol/kg)	0.75	Absorción atómica
K cambiable (cmol/kg)	0.11	Absorción atómica
Na cambiable (cmol/kg)	0.07	Absorción atómica
Al cambiable (cmol/kg)	0.00	Yuan
H cambiable (cmol/kg)	0.00	Yuan
CICe (cmol/kg)	0.00	Desplazamiento con KCl
Saturación de Al (%)	0.00	(Al/CICe) x 100

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Fertilizantes utilizados

- Urea (46% de N)
- Superfosfato triple (46% de P₂O₅)
- Cloruro de potasio (60% de KCl)

3.2.2. Componentes en estudio

3.2.2.1. Cultivo

- Cafeto: *Coffea arabica* L. Var. Catimor T-8667

3.2.2.2. Niveles de Nitrógeno (N)

- Testigo : 0 kg N/ha
- Bajo : 60 kg N/ha
- Medio : 90 kg N/ha
- Alto : 120 kg N/ha

3.2.3. Tratamientos en estudio

En la **Tabla 4**, se muestra la descripción de los tratamientos en estudio de los niveles de fertilización nitrogenada en el primer año de crecimiento del cafeto variedad Catimor T-8667. Consta de cinco tratamientos, con las respectivas dosis de N, P₂O₅ y K₂O en kilogramos por hectárea y gramos por planta. Los niveles de fósforo y potasio fueron similares en todos los tratamientos con excepción del Testigo absoluto que no llevó ningún nutriente. Los niveles de N, P₂O₅ y K₂O se determinaron mediante la base bibliográfica, según los autores que recomiendan aplicar entre 90 a 140 kg de N/ha/año. En cuanto al fósforo recomiendan aplicar entre 110 a 125 kg de P₂O₅/ha/año al trasplante y el potasio recomiendan aplicar entre 10 a 50 kg de K₂O/ha/año.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos en estudio de los niveles de fertilización nitrogenada en el primer año de crecimiento del cafeto variedad Catimor T-8667.

Tratamientos	Cantidad (kg/ha/año)			Cantidad (g/planta/año)			Descripción
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	T ₁	0	0	0	0	0	
T ₂	0	125	30	0	25	6	0 kg N/ha (testigo + PK)
T ₃	60	125	30	12	25	6	60 kg N/ha (nivel bajo)
T ₄	90	125	30	18	25	6	90 kg N/ha (nivel medio)
T ₅	120	125	30	24	25	6	120 kg N/ha (nivel alto)

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Diseño experimental

Se usó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro bloques o repeticiones y cinco tratamientos; estos fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANVA) y a la prueba de significación de Duncan al nivel de significancia de 5% (**Tabla 5**).

Tabla 5. Esquema del análisis de variancia (ANVA).

Fuente de variación	Fórmula	Grado de libertad
Bloques	$r-1$	3
Tratamientos	$t-1$	4
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	12
Total	$tr-1$	19

3.2.4.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en la j -ésima bloque a la cual se le aplicó el i -ésimo nivel de nitrógeno.

μ = Es el efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i -ésimo nivel de nitrógeno.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el efecto aleatorio del error experimental obtenido en la unidad experimental correspondiente al j -ésimo bloque a la cual se aplicó el i -ésimo nivel de nitrógeno.

Para:

$i= 1, 2, 3, 4, 5$ niveles de nitrógeno

$j= 1, 2, 3, 4$ bloque / repetición

3.2.5. Disposición del campo experimental

3.2.5.1. Bloques

- Número de bloques : 4
- Largo de bloque : 20 m

- Ancho del bloque	:	6 m
- Área del bloque	:	120 m ²

3.2.5.2. Parcelas

- Número de parcelas por bloque	:	5
- Número total de parcelas	:	20
- Largo de la parcela	:	6 m
- Ancho de la parcela	:	4 m
- Área de la parcela	:	24 m ²

3.2.5.3. Número de plantas

- Plantas por parcela	:	12
- Plantas por parcela neta	:	8
- Plantas por bloque	:	60
- Distancia entre plantas	:	1.0 m
- Distancia entre hileras	:	2.0 m

3.2.5.4. Dimensiones del campo experimental

- Largo	:	24 m
- Ancho	:	20 m
- Área total	:	480 m ²

3.2.6. Metodología de la ejecución del experimento

3.2.6.1. Preparación del terreno

Consistió en el control de las malezas, que se realizó manualmente utilizando machete; toda la parcela estuvo poblada de macorilla. Luego se realizó la demarcación de las parcelas.

3.2.6.2. Demarcación de las parcelas

Las parcelas han sido demarcadas según las medidas diseñadas en el croquis del campo experimental; se utilizó postes de palo para marcar los vértices de los cuatro bloques, en cada bloque se demarcó los cinco tratamientos según la medida requerida, y se puso un código para diferenciar los tratamientos (véase en el anexo la **Figura 27**).

3.2.6.3. Transporte de los plántones

Los plántones se transportaron desde el vivero de la Facultad de Agronomía hasta el campo definitivo, en la parcela de la Finca “Contreras”.

3.2.6.4. Preparación de los hoyos

Se confeccionaron los hoyos con una barreta poceadora y en total se hicieron 240 hoyos con dimensiones de 20 cm x 20 cm x 30 cm de profundidad. El sustrato extraído del hoyo se separó en capa superior (los primeros 20 cm) y capa inferior (de 20 cm a más), con el fin de realizar el trasplante con suelo de la capa superior. (véase en el anexo la **Figura 9**).

3.2.6.5. Trasplante de los plántones

Para realizar el trasplante, se cogió el plánton y con la mano rompimos la bolsa cuidadosamente, de modo que el sustrato quede intacto. Luego se colocó en el hoyo, mezclando el suelo de la capa superficial con 25 g de P_2O_5 (55 g de superfosfato triple). Este insumo se aplicó a todos los tratamientos, menos al testigo absoluto (T_1) y se tapó el hoyo con la mezcla realizada, de modo que cubra hasta el cuello de la planta, y se añadió el resto de suelo de la capa inferior, y presionando con los dedos el suelo a fin de no dejar espacios de aire.

3.2.6.6. Aplicación de abonos foliares y control de enfermedades

Luego de terminar el trasplante, en las últimas horas de la tarde se aplicó un fertilizante foliar llamado Foliasin (30 – 10 – 10) a dosis de 100 ml/mochila, con el fin de que las plantas superen el estrés de su manipulación y el trasplante. Al segundo mes del trasplante se controló *Cercospora coffeicola* “Mancha de hierro” con el fungicida Amistobin (Azoxystrobin) a dosis de 50 g/mochila; este último se aplicó durante dos meses consecutivos.

3.2.6.7. Aplicación de enmiendas

No se aplicó ninguna enmienda agrícola, debido a que el pH es 5.60, óptimo para el cultivo de cafeto, pero siempre se debe tener en cuenta que esto puede cambiar con el transcurso de los años.

3.2.6.8. Control de malezas

Para el control de las malezas se utilizó machete, para evitar la toxicidad de los herbicidas; esta labor se realizó cada dos meses, debido al rápido crecimiento de la macorilla.

3.2.6.9. Aplicación de los tratamientos

Después de transcurridos un mes del trasplante, se aplicó la primera fracción de fertilización nitrogenada más el total del K_2O (10 gramos de cloruro de potasio por planta); luego al cuarto mes y séptimo mes se aplicó sólo nitrógeno. En la **Tabla 6**, se presenta la dosis de nitrógeno y urea aplicados en cada tratamiento. Los fertilizantes se aplicaron a unos cuatro dedos del tallo, debido a que los pelos absorbentes se encuentran en mayor concentración; sin embargo, según la planta va creciendo el lugar de aplicación será más distante al tallo, más o menos a la altura de la copa de la planta.

En el mes de febrero, las lluvias son intensas y con la finalidad de disminuir las pérdidas por lixiviación o arrastre del N, fraccionamos su aplicación en tres partes (cada 3 meses) como se muestra en la **Tabla 6**. Se calculó la cantidad de urea que se empleó para una hectárea con una densidad de 5,000 plantas, cada tratamiento recibió las siguientes cantidades: los tratamientos testigo y testigo absoluto no recibieron urea, mientras los tratamientos con nivel bajo, medio y alto nitrógeno recibieron 131; 196 y 261 Kg de urea por hectárea.

Tabla 6. Dosis de nitrógeno y urea aplicados en cada tratamiento.

Tratamientos	Nitrógeno			Nitrógeno	Urea			Urea
	gramos/planta			gramos/planta/año	gramos/planta			gramos/planta/año
	1 mdt	4 mdt	7 mdt	Total	1 mdt	4 mdt	7 mdt	Total
T ₁ : Testigo absoluto	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	2	4	6	12	5	8	13	26
T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	4	6	8	18	8	13	18	39
T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	6	8	10	24	13	18	21	52

Leyenda: mdt (meses después del trasplante).

3.2.7. Observaciones registradas

La duración del experimento fue de 10 meses, desde enero a octubre del 2018. Se realizaron tres evaluaciones, estas se evaluaron a dos meses después de cada fertilización. Al trasplante se realizó una evaluación inicial, de altura de planta, diámetro y número de hojas, para determinar el incremento de las características agronómicas mencionadas, y también se midió el número de ramas plagiotrópicas y área foliar. El tiempo de evaluación de las plantas de cafeto fueron hasta los 9 meses después del trasplante. Se evaluó 8 plantas de cada repetición (4), siendo un total de 32 plantas por tratamiento. En la **Tabla 7**, se muestra la fecha exacta de las actividades y evaluaciones realizadas.

Tabla 7. Fechas programadas de actividades y evaluaciones en campo.

Actividades	Fecha	Evaluaciones	Fecha
Trasplante	17/01/2018	Medidas iniciales *	17/01/2018
Primera fertilización	17/02/2018	Primera evaluación	17/04/2018
Segunda fertilización	17/05/2018	Segunda evaluación	17/07/2018
Tercera fertilización	17/08/2018	Tercera evaluación	17/10/2018

(*) Se realizó el mismo día del trasplante a las plantas en campo definitivo.

3.2.7.1. Incremento en altura de planta

Para calcular el incremento en altura de planta, se midió con una regla y se realizó la diferencia entre la altura final y la altura inicial; este procedimiento fue para todas las evaluaciones de los tratamientos en estudio.

3.2.7.2. Incremento en diámetro de tallo

Se realizó la medición del diámetro del tallo inicial y final, con la finalidad de medir el incremento del diámetro del tallo, utilizándose un vernier digital y se midió por debajo de la primera rama plagiotrópica, a los nueve meses después del trasplante.

3.2.7.3. Incremento en número de hojas

Se contó el número de hojas totales y se restó el número de hojas iniciales, para determinar el incremento del número de hojas; para ello sólo se consideraron las hojas maduras, dejando los brotes para las siguientes evaluaciones.

3.2.7.4. Número de ramas plagiotrópicas

Se registró las ramas plagiotrópicas tiernas y desarrolladas, desde su diferenciación hasta su desarrollo, sin importar el tamaño ni el número de nudos, y tener una relación entre el número y el tiempo.

3.2.7.5. Área foliar

El área foliar se determinó al final de la evaluación a los nueve meses después del trasplante, con el software de dominio público ImageJ®, mediante el análisis digital de imágenes; los pasos fueron los siguientes:

- Se tuvo en total 20 hojas por cada tratamiento, se usó una regla como medida de referencia (véase la **Figura 25** del anexo).
- Abrimos el programa, para cargar la imagen y seleccionamos en la herramienta Archivo/abrir y buscamos la imagen que queremos.
- Después para definir la escala de referencia, seleccionamos la herramienta Línea y trazamos una distancia conocida sobre la regla.
- Luego seleccionamos en Analizar/definir-escala y cambiamos la distancia conocida y la unidad de longitud, y aceptamos.
- Luego vamos a Imagen/Tipo/8-bit, y nuevamente seleccionamos imagen/ajustar/límite, y se van a poner todo el fondo blanco y las áreas seleccionadas de color negro.
- Después hacemos selección en Analizar/herramientas/ROI Manager, luego con la Varita-mágica hacemos selección en cada uno de las áreas de color negro y agregamos, y para ver el área hacemos selección en medida.

3.2.7.6. Determinación de los costos

Se determinó el costo de instalación y mantenimiento para una hectárea de cafetal a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio para cada uno de los tratamientos, detallándose el costo de mano de obra, costo de insumos y los imprevistos (10 % del gasto del cultivo). La inversión del cultivo de café, debe justificarse con el buen crecimiento de las plantas de cafeto. Los costos nos ayudarán a tomar buenas decisiones en el momento de la instalación del cultivo, para una mejor rentabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incremento en altura de planta

En la **Tabla 8**, se muestra el análisis de variancia para el incremento en altura de planta del cafeto evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. Para bloques, de acuerdo con la prueba de F del ANVA ($\alpha=0.05$), no se encontró diferencias estadísticas significativas en las tres evaluaciones; es decir que hubo uniformidad entre bloques. Para tratamientos, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en las tres evaluaciones, es decir que con al menos uno de los niveles de nitrógeno (N), se logró diferencias en el incremento en altura de planta del cafeto.

Tabla 8. Análisis de varianza para el incremento en altura de planta de los cafetos evaluados a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

F.V.	GL	3 mdt		6 mdt		9 mdt	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Bloque	3	2.1449	N.S.	10.3192	N.S.	20.0058	N.S.
Tratamiento	4	22.8751	**	118.4756	**	381.1609	**
Error exp.	12	1.1192		7.9555		16.2761	
Total	19						
		CV: 21.34 %		CV: 19.91 %		CV: 18.32 %	

(**) Diferencias estadísticas altamente significativas

N.S.: No existen diferencias estadísticas significativas

CV: coeficiente de variación

mdt: meses después del trasplante

Los coeficientes de variación fueron de 21.34 %, 19.91 % y 18.32 % según orden de evaluación; estos valores nos indica que la variación del incremento en altura de planta del cafeto tuvo una dispersión de regular, bueno y buena homogeneidad, respectivamente.

En la **Tabla 9**, se muestra la Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el incremento en altura de planta del cafeto evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la

primera evaluación, se observa que los tratamientos con 90 (nivel medio), 120 (nivel alto) y 60 (nivel bajo) kg N/ha no presentaron diferencias estadísticas significativas, es decir que tienen resultados similares y los mejores; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, obteniendo bajos resultados. En la segunda y tercera evaluación, se observa que los tratamientos con 90 (nivel medio), 60 (nivel bajo) y 90 (nivel alto) kg N/ha no presentan diferencias estadísticas significativas, y son los mejores resultados, pero, existen diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto no presentan diferencias estadísticas significativas, y los resultados son bajos.

En la **Tabla 9**, también se muestran los promedios del incremento en altura de planta del cafeto evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la primera evaluación se muestran los siguientes resultados según su orden de mérito: 90 kg N (nivel medio) con 7.23 cm, 120 kg N (nivel alto) con 6.37 cm, 60 kg N (nivel bajo) con 6.22 cm, 0 kg N (testigo + PK) con 3.46 cm y testigo absoluto con 1.51 cm. En la segunda evaluación según el orden de mérito fueron: 90 kg N (nivel medio) con 18.66 cm, 60 kg N (nivel bajo) con 18.17 cm, 120 kg N (nivel alto) con 17.23 cm, 0 kg N (testigo + PK) con 10.12 cm y el testigo absoluto con 6.65 cm. En la tercera evaluación los tratamientos alcanzaron los siguientes resultados según su orden de mérito: 90 kg N (nivel medio) con 29.97 cm, 60 kg N (nivel bajo) con 29.92 cm, 120 kg N (nivel alto) con 27.08 cm, 0 kg N (testigo + PK) con 14.01 cm y el testigo absoluto con 9.15 cm. Por lo tanto, se puede observar notoriamente el efecto de los niveles de fertilización nitrogenada (N) más una dosis básica de P_2O_5 y K_2O en el incremento de la altura de planta del cafeto. También se puede deducir que la aplicación sólo con una dosis básica de P_2O_5 y K_2O (en el tratamiento testigo) se obtiene un efecto deficiente en el crecimiento de la planta. Por otro lado, si no existe una aplicación con uno de los tres macronutrientes esenciales (N, P y K) (testigo absoluto), se tendrá un efecto negativo en el crecimiento ideal de la planta de cafeto.

Tabla 9. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el incremento en altura de planta del cafeto evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

3 mdt			6 mdt			9 mdt		
Trat.	Prom. (cm)	Sig.	Trat.	Prom. (cm)	Sig.	Trat.	Prom. (cm)	Sig.
T ₄	7.23	a	T ₄	18.66	a	T ₄	29.97	a
T ₅	6.37	a	T ₃	18.17	a	T ₃	29.92	a
T ₃	6.22	a	T ₅	17.23	a	T ₅	27.08	a
T ₂	3.46	b	T ₂	10.12	b	T ₂	14.01	b
T ₁	1.51	c	T ₁	6.65	b	T ₁	9.15	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la misma columna, no existe significación estadística

Leyenda:

T₁: Testigo absoluto

Trat.: Tratamientos

T₂: 0 kg N (testigo + PK)

Prom.: Promedios

T₃: 60 kg N (nivel bajo)

Sig.: Significancia

T₄: 90 kg N (nivel medio)

mdt: meses después del trasplante

T₅: 120 kg N (nivel alto)

En la **Figura 1**, se muestra el promedio de la altura inicial, final e incrementada, evaluada a los nueve meses después del trasplante. Se observa que las plantas de café alcanzaron una altura final diferente en los tratamientos estudiados; estos datos nos sirven para diferenciar el tamaño final obtenido en campo definitivo. Aquí se presentan en base a los tratamientos que han obtenido mayor incremento en altura, que son: Primero el tratamiento con 90 kg N (nivel medio) que alcanzó 55.00 cm, segundo con 60 kg N (nivel bajo) que alcanzó 55.02 cm, siguiente con 120 kg N (nivel alto) que alcanzó 52.43 cm, luego el tratamiento con 0 kg N (testigo + PK) que alcanzó 38.49 cm y por último el tratamiento testigo absoluto que alcanzó 34.47 cm.

En los tratamientos con nivel medio y nivel bajo de nitrógeno que se aplicó 90 y 60 kg N / ha, alcanzaron incrementos de 29.97 cm y 29.92 cm en la altura de las plantas a los nueve meses después del trasplante respectivamente, siendo las mejores dosis, coincidiendo en parte con Loli y Aquino (2011) que recomiendan aplicar una dosis de 90 kg N / ha. Por otro lado, en el tratamiento con nivel alto de nitrógeno en el que aplicó 120 kg N / ha se obtuvo 27.08 cm, reduciéndose en casi 10 % en su altura, respecto a los mejores tratamientos, siendo una cantidad inapropiada de nitrógeno para las condiciones de nuestro trabajo, que provocaría un efecto negativo para el crecimiento normal de las plantas de cafeto; sin embargo, Sadeghian y Gaona (2005) y Schuller y Silvera (2011), recomiendan aplicar mayores dosis entre 105 a 140 kg N / ha. Por otra parte, el buen suministro de nitrógeno causó este efecto positivo, coincidiendo con Arcila (2007) que un crecimiento es más activo cuando hay buen suministro de energía solar, agua y nutrientes; nuestra plantación se condujo en un sistema a pleno sol, en un suelo moderadamente ácido de pH 5.6 y un terreno con pendiente inclinada aproximadamente 45°, y son suelos representativos de zonas de ex cicales; existen resultados de altura de planta en cafetos a pleno sol por Morais et al. (2003) y Freire et al. (2006), quienes registran una altura final a los 8 meses después del trasplante de 51.5 cm y 49.1 cm respectivamente; coincidiendo con nuestros resultados a los 9 meses después del trasplante donde alcanzaron 55.00 cm y 55.02 cm de altura final de los tratamientos con 90 y 60 kg N / ha respectivamente; por otra parte, Sotomayor Herrera (1993) menciona que el nitrógeno forma parte de las proteínas, clorofila y otros compuestos que ayudan al crecimiento y alcanzar mayor biomasa. Así mismo, la aplicación de una fertilización a base de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) ayudaron al crecimiento normal, debido que son elementos fundamentales del cafeto.

Sin embargo, los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto tuvieron incrementos en altura de planta de 9.15 cm y 14.01 cm a los nueve meses después del trasplante respectivamente; este bajo resultado se debería a la falta de nitrógeno y también de otros elementos, que ocasionaron reducciones de 69 % y 53 % respectivamente, respecto a los mejores tratamientos. Los tratamientos mencionados sólo dependían para su crecimiento del bajo contenido de nitrógeno existente en el suelo (0.06 %), siendo deficiente para las plantas de cafeto, de acuerdo con Azcón-Bieto y Talón (2008) quienes mencionan que los síntomas por escasez nutricional son visibles cuando estos son agudos y el ritmo de crecimiento disminuye significativamente. Sin embargo, las plantas de cafetos crecieron mínimamente, debido a que (según los autores antes mencionados) algunas especies vegetales adaptadas a lugares pobres en nutrientes, ajustan su crecimiento al nutriente limitante. En consecuencia, Sotomayor

Herrera (1993) menciona que el nitrógeno según su grado de deficiencia afectaría a la tasa fotosintética y por ende al crecimiento y producción.

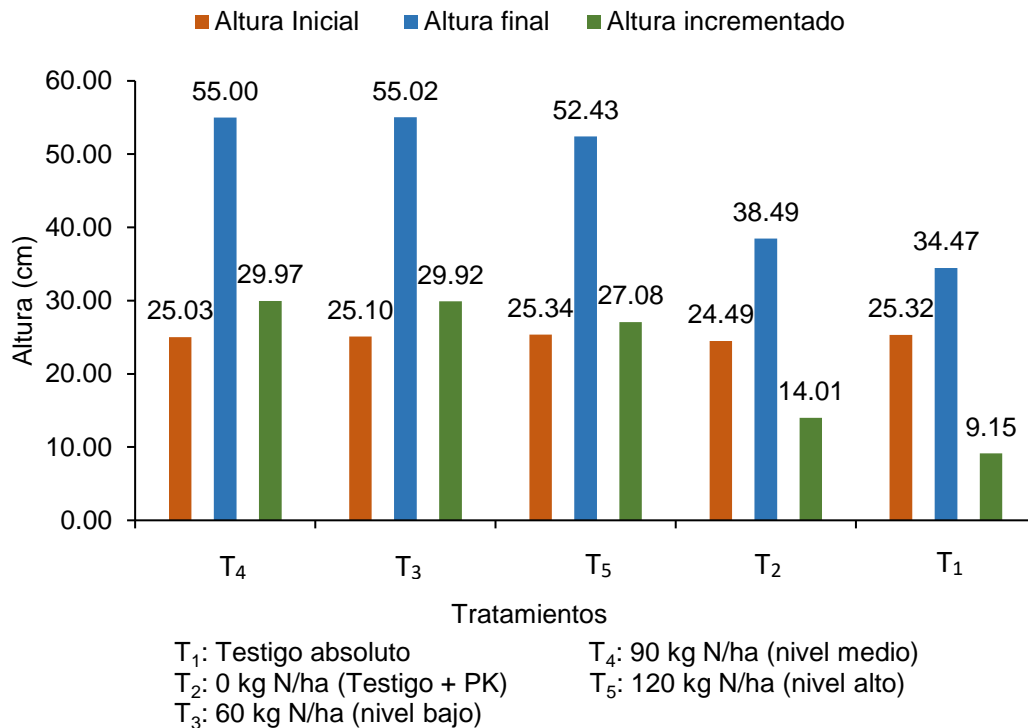


Figura 1. Promedio de la altura inicial, final e incrementado evaluada a los nueve meses después del trasplante.

4.2. Incremento en diámetro de tallo

En la **Tabla 10**, se muestra el análisis de variancia para el incremento en diámetro del tallo de la planta de café a los nueve meses después del trasplante. Para bloque, de acuerdo con la prueba de F del ANVA ($\alpha=0.05$), no se encontró diferencias estadísticas significativas; es decir los bloques tuvieron diferencias similares. Para tratamientos, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, es decir que al menos con uno de los niveles de nitrógeno (N), se logró diferencias para el incremento en diámetro del tallo de la planta de café. El coeficiente de variación fue 22.91 %, que es considerado como regular en evaluaciones de campo, lo que nos indica que la variación del incremento en diámetro del tallo en la planta de café tiene una dispersión de regular homogeneidad.

Tabla 10. Análisis de varianza para el incremento en diámetro del tallo de la planta de café a los nueve meses después del trasplante.

FV	GL	9 meses después de trasplante	
		CM	Significancia
Bloque	3	0.3888	N.S.
Tratamiento	4	10.8763	**
Error experimental	12	0.4548	
Total	19		

CV: 22.91 %

(**) Diferencias estadísticas altamente significativas

N.S.: No existen diferencias estadísticas significativas

CV: coeficiente de variación

En la **Tabla 11**, se muestra la Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el incremento en diámetro del tallo de la planta de café a los nueve meses después del trasplante, y se observa que los tratamientos con 90 kg N (nivel medio), 60 kg N (nivel bajo) y 120 kg N (nivel alto) no presentaron diferencias estadísticas significativas, es decir que tienen diámetros similares, teniendo resultados altos; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 0 kg N (testigo + PK) y testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos testigo y testigo absoluto no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, que reflejaron resultados bajos.

En la **Tabla 11**, también se muestra el promedio del incremento en diámetro del tallo de la planta de café evaluadas a los nueve meses después del trasplante; durante la evaluación se obtuvieron los siguientes incrementos en orden descendente: 90 kg N/ha (nivel medio) con 4.31 mm, 60 kg N/ha (nivel bajo) con 4.23 mm, 120 kg N/ha (nivel alto) con 3.84 mm, 0 kg N/ha (testigo + PK) con 1.54 mm y el testigo absoluto con 0.8 mm; observándose notoriamente el efecto de los niveles de fertilización nitrogenada más la dosis básica de P_2O_5 y K_2O en el incremento en diámetro del tallo de la planta de café. Por otra parte, se puede deducir que la fertilización sólo con una dosis básica de P_2O_5 y K_2O (en el tratamiento testigo)

se tendrá un efecto deficiente en el diámetro de la planta. Sin embargo, si la labor de fertilización es nula (caso del tratamiento testigo absoluto), se tendrá un efecto negativo en el diámetro ideal de la planta de café.

Tabla 11. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el incremento en diámetro del tallo de la planta de café a los nueve meses después del trasplante.

Tratamientos	Descripción	9 mdt	
		Promedio (mm)	Significancia
T ₄	90 kg N/ha (nivel medio)	4.31	a
T ₃	60 kg N/ha (nivel bajo)	4.23	a
T ₅	120 kg N (nivel alto)	3.84	a
T ₂	0 kg N/ha (testigo + PK)	1.54	b
T ₁	Testigo absoluto	0.80	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la misma columna, no existe significación estadística

mdt: meses después del trasplante.

En la **Figura 2**, se muestra el promedio del diámetro inicial del tallo, final e incremento de la planta de café, en la tercera evaluación a los nueve meses después del trasplante, se observa en el diámetro final que existen diferencias numéricas, es una referencia de las plantas que se llegaron a visualizar en el campo definitivo en la última evaluación; a continuación se presentan los tratamientos de mayor a menor incremento en diámetro, y son los siguientes: Primero el tratamiento 90 kg N/ha (nivel medio) que alcanzó 8.71 mm, segundo el tratamiento 60 kg N/ha (nivel bajo) que alcanzó 8.78 mm, siguiente el tratamiento 120 kg N/ha (nivel alto) que alcanzó 8.21 mm, luego el tratamiento con 0 kg N/ha (testigo + PK) que alcanzó 6.08 mm y por último el tratamiento testigo absoluto que alcanzó 5.11 mm.

Se observó que los mejores tratamientos con nivel medio y nivel bajo de nitrógeno que se aplicaron 90 kg N/ha y 60 kg N/ha incrementos de 4.31 mm y 4.23 mm en el diámetro del tallo a los nueve meses después del trasplante respectivamente, obtenidos en un sistema a pleno sol y en un suelo de ex cacaes, también el diámetro del café a pleno sol fueron registrados por Freire et al. (2006), quienes encontraron diámetros superiores en estos sistemas comparados con sistemas sombreados en plantas de 3.5 años. Sin embargo, el tratamiento con nivel alto de nitrógeno donde se aplicó 120 kg N/ha obtuvo 3.84 mm, que no supera a los niveles

inferiores de fertilización nitrogenada, sino que ocasionó una reducción de 9 % a 11 % en el incremento de su diámetro comparado a los mejores resultados.

En caso de los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo + PK) y el testigo absoluto mostraron un bajo incremento en el diámetro y se observó un tallo débil en las plantas de cafeto, alcanzando un 0.80 mm y 1.54 mm a los nueve meses después del trasplante respectivamente; en el testigo con PK por la falta de aplicación de una dosis de nitrógeno provocó una reducción del 64 % en el incremento del diámetro en función a los mejores tratamientos. Mientras en el tratamiento testigo absoluto al no realizar la fertilización con ninguno de los tres elementos esenciales en las plantas de cafeto, se evidenció una reducción mayor del 80 % en el incremento del diámetro, respecto a los mejores tratamientos.

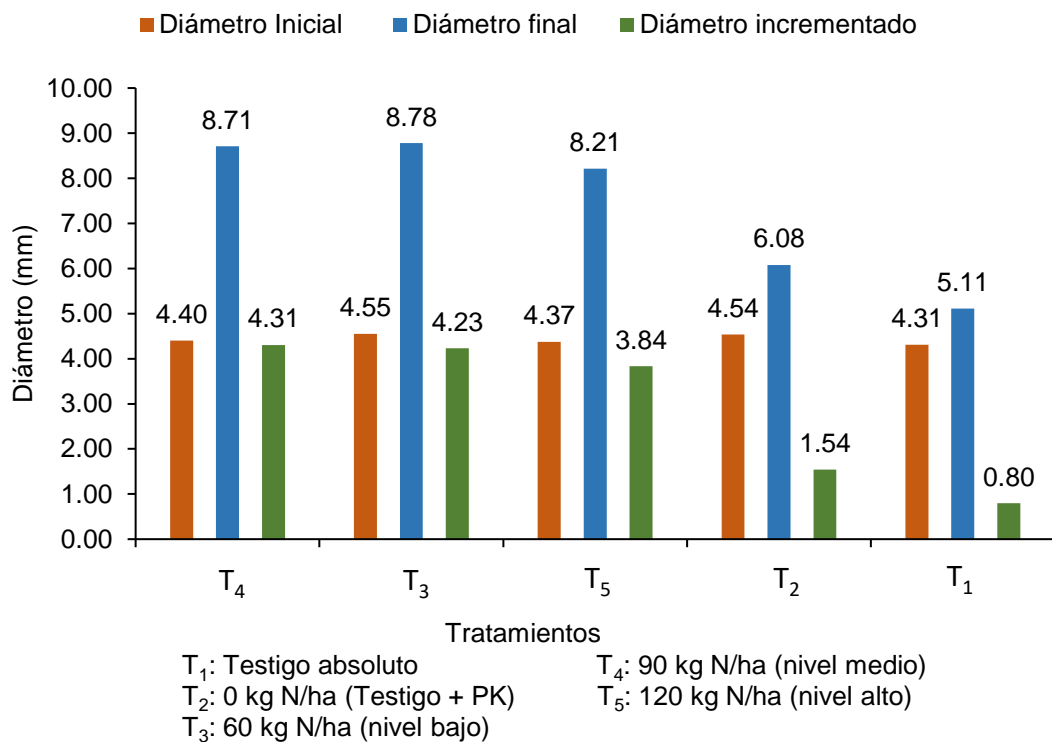


Figura 2. Promedio del diámetro inicial del tallo, final e incremento en plantas de cafeto, en la tercera evaluación a los nueve meses después del trasplante.

4.3. Incremento del número de hojas

En la **Tabla 12**, se muestra la prueba de análisis de variancia para el incremento del número de hojas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. Para bloque, de acuerdo con la prueba de F del ANVA ($\alpha=0.05$), no se encontró diferencias estadísticas significativas, es decir los bloques tuvieron diferencias similares. Para tratamiento, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, es decir que con al menos con uno

de los niveles de nitrógeno (N), se logró diferencias en el incremento del número de hojas de la planta de cafeto.

Tabla 12. Análisis de varianza para el incremento del número de hojas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

F.V.	GL	3 mdt		6 mdt		9 mdt	
		CM	SIG.	CM	SIG	CM	SIG
Bloque	3	0.3591	N.S.	0.8198	N.S.	75.8719	N.S.
Tratamiento	4	25.0012	**	556.3742	**	3637.1055	**
E. exp	12	0.8559		6.1518		112.2690	
Total	19						
		CV: 28.63 %		CV: 15.51 %		CV: 26.61 %	

(**) Diferencias estadísticas altamente significativas

N.S.: No existen diferencias estadísticas significativas

CV: coeficiente de variación

mdt: meses después del trasplante

Los coeficientes de variación fueron 28.63 %, 15.51 % y 26.61 %, según el orden de evaluación, valores que nos indican que la variación del incremento del número de hojas de la planta de cafeto tiene una dispersión variable, bueno y variable respectivamente.

En la **Tabla 13**, se muestra la Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el incremento del número de hojas de la planta de cafeto a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la primera evaluación, se observa que los tratamientos con 120 kg N/ha (nivel alto), 90 kg N/ha (nivel medio) y 60 kg N/ha (nivel bajo) no presentaron diferencias estadísticas significativas, es decir que tienen sus resultados similares, considerados mejores resultados; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo + PK) y el testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos testigo con PK y el testigo absoluto presentan diferencias estadísticas significativas, llegando tener bajos resultados. En la segunda

evaluación, se observa que el tratamiento con 60 kg N/ha (nivel bajo) tiene diferencias significativas con todos los tratamientos, siendo el mejor de todos; los tratamientos con 90 kg N/ha (nivel medio) y 120 kg N/ha (nivel alto) no presentan diferencias estadísticas significativas, sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a los con 0 kg N/ha (testigo + PK) y el testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos testigo y testigo absoluto presentaron diferencias estadísticas significativas y menores resultados. En la tercera evaluación, se observa que el tratamiento con 90 kg N/ha (nivel medio), 60 kg N/ha (nivel bajo) y 120 kg N/ha (nivel alto) no presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto al testigo y testigo absoluto; estos dos últimos no presentan diferencias estadísticas significativas, obteniendo los menores resultados.

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el incremento del número de hojas de la planta de café a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

3 mdt			6 mdt			9 mdt		
Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.
T ₅	5.09	a	T ₃	26.31	a	T ₄	66.22	a
T ₄	4.88	a	T ₄	24.47	b	T ₃	65.91	a
T ₃	4.63	a	T ₅	21.72	b	T ₅	51.47	a
T ₂	2.34	b	T ₂	8.41	c	T ₂	13.44	b
T ₁	-0.78	c	T ₁	-0.97	d	T ₁	2.03	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la misma columna, no existe significación estadística

Leyenda:

T₁: Testigo absoluto

Trat.: Tratamientos

T₂: 0 kg N (testigo + PK)

Prom.: Promedios

T₃: 60 kg N (nivel bajo)

Sig.: Significancia

T₄: 90 kg N (nivel medio)

mdt: meses después del trasplante

T₅: 120 kg N (nivel alto)

En la **Tabla 13**, también se observa los promedios del número de hojas en plantas de café evaluadas a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la primera evaluación, los tratamientos con 120 kg N/ha (nivel alto), 90 kg N/ha (nivel medio); y 60 kg

N/ha (nivel bajo) alcanzaron incrementos de 5.09; 4.88 y 4.63 hojas respectivamente, con 0 kg N/ha (testigo + PK) se alcanzó 2.34 hojas y el testigo absoluto presentó pérdida de -0.78 hojas. En la segunda evaluación, los tratamientos con 60 kg N/ha (nivel bajo), 90 kg N/ha (nivel medio) y 120 kg N/ha (nivel alto) alcanzaron incrementos de 26.31, 24.47 y 21.72 hojas respectivamente; el testigo con PK alcanzó 8.41 hojas y el testigo absoluto perdió -0.97 hojas. En la tercera evaluación, los incrementos alcanzados fueron: 90 kg N/ha (nivel medio), 60 kg N/ha (nivel bajo) y 120 kg N/ha (nivel alto) alcanzaron 66.22; 65.91 y 51.47 hojas respectivamente; el testigo con PK incrementó en 13.44 hojas y el testigo absoluto en 2.03 hojas. Se observa el efecto positivo de los niveles de fertilización nitrogenada más una dosis básica de P_2O_5 y K_2O en el incremento del número de hojas de la planta de café. En caso del testigo al aplicar con una dosis básica de P_2O_5 y K_2O se obtiene resultados menores y en el testigo absoluto el incremento de hojas es muy bajo, debido a que no se aplicó ningún macro elemento indispensable para el crecimiento de las plantas de café.

En la **Figura 3**, se observa el promedio del número de hojas inicial, final e incrementada en la tercera evaluación, a los nueve meses después del trasplante; registrándose observar resultados diferentes en cada tratamientos, estos datos nos dan una referencia de la cantidad final que se logró obtener en campo definitivo; aquí se presentan en base a los tratamientos que han obtenido mayor incremento en número de hojas, estas son: con 90 kg N/ha (nivel medio) que alcanzó 77.72 hojas totales; segundo el tratamiento con 60 kg N/ha (nivel bajo) con 77.13 hojas totales; y con 120 kg N/ha (nivel alto) alcanzó 62.41 hojas totales; luego el testigo con PK tuvieron 24.19 hojas totales y por último el tratamiento testigo absoluto con 13.16 hojas totales.

A los nueve meses después del trasplante los tratamientos con niveles medio y bajo donde se aplicaron 90 kg N/ha y 60 kg N/ha respectivamente obtuvieron resultados similares con incrementos de 66.22 y 65.91 hojas, siendo los mejores resultados. El número de las hojas dependen de la edad de la planta, y del número de nudos en el tallo y las ramas; de acuerdo con Arcila (2007), un par de hojas en el nudo del tallo se origina en promedio cada 25 ó 30 días, y en las ramas aparece cada 20 días. Por otra parte, el tratamiento con nivel alto con dosis de 120 kg N/ha superó a los niveles medio y bajo de fertilización nitrogenada, obteniendo un incremento en 51.47 hojas, reduciéndose en un 22 % con respecto al promedio de los mejores resultados. La mayor cantidad de hojas en la planta ayudaron a realizar más fotosíntesis, esto es debido a que la plantación fue manejado a pleno sol y una buena dosis de nitrógeno que contribuyeron al crecimiento de las plantas, coincidiendo con Gros (1981), quien menciona que

el café recién trasplantado a pleno sol necesita una buena provisión de nitrógeno para propiciar una fotosíntesis más efectiva. El café depende de las hojas para la elaboración de la savia elaborada mediante el proceso de fotosíntesis, de acuerdo con Arcila (2007), quien menciona que las hojas realizan tres procesos fisiológicos más importantes: la fotosíntesis en la elaboración de toda la materia hidrocarbonada, la respiración para obtener la energía necesaria para los procesos de crecimiento y desarrollo, y la transpiración que es la eliminación del exceso de agua a través de los estomas, también se da la absorción de agua y nutrientes, y es un mecanismo de refrigeración de la planta. En los tratamientos con 0 kg de N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto, se registraron incrementos del número de hojas de 13.44 y 2.03 respectivamente. Además, se puede mencionar que el testigo absoluto al no realizar la labor de fertilización con los tres elementos importantes y el testigo al no aplicar una fuente nitrogenada, redujeron en un 97 % y 80 % en el incremento del número de hojas con respecto a los mejores tratamientos. De acuerdo a Sotomayor Herrera (1993), el nitrógeno según su grado de deficiencia afectaría a la tasa fotosintética, y la baja cantidad de hojas en la planta provocaría una escasa producción de clorofila y puede presentarse defoliación (Arcila, 2007).

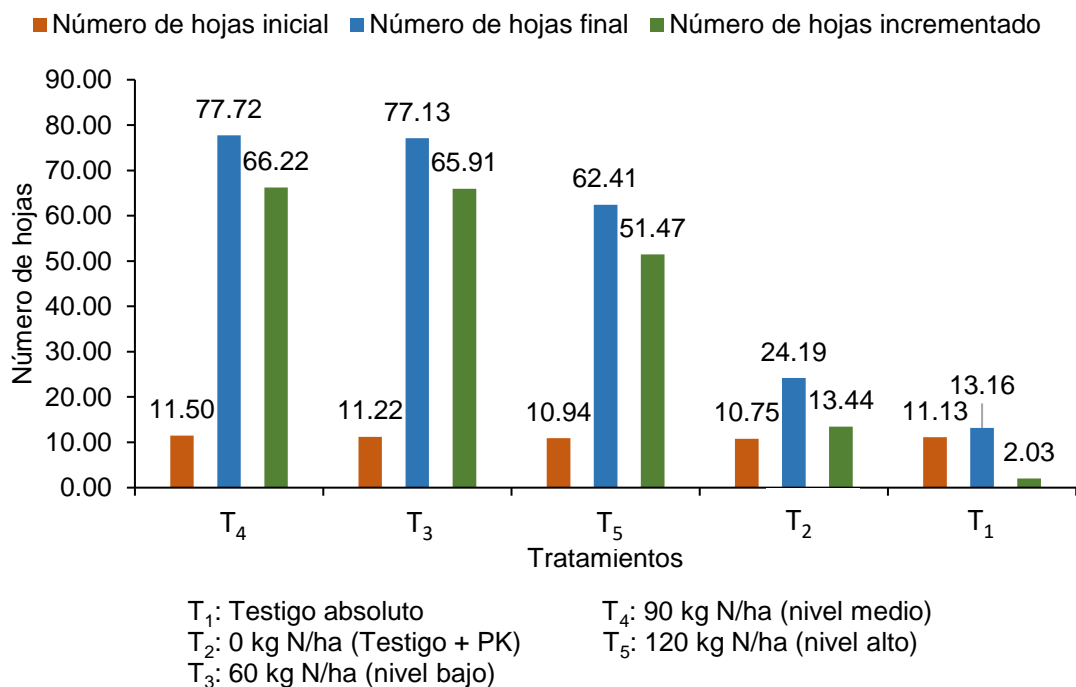


Figura 3. Promedio del número de hojas inicial, final e incrementado en la tercera evaluación, a los nueve meses después del trasplante.

4.4. Número de ramas plagiotrópicas

En la **Tabla 14**, se muestra la prueba de análisis de variancia para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de café a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. Para bloques, de acuerdo con la prueba de F del ANVA ($\alpha=0.05$), no se encontró diferencias estadísticas significativas en las tres evaluaciones, es decir los bloques tuvieron diferencias similares. Para tratamientos, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en las tres evaluaciones, es decir que con al menos uno de los niveles de nitrógeno se logró diferencias. Los coeficientes de variación fueron 24.82 %, 25.57 % y 19.66 %, según el orden de evaluación; estos valores nos indican que la variación del número de ramas plagiotrópicas de la planta de café tiene una dispersión regular, variable y buena, válida para evaluaciones en campo.

Tabla 14. Análisis de variancia para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de café a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

F.V.	G.L.	3 mdt		6 mdt		9 mdt	
		CM	SIG.	CM	SIG	CM	SIG
Bloque	3	0.0094	N.S.	0.9716	N.S.	2.5281	N.S.
Tratamiento	4	1.8313	**	9.7473	**	46.2879	**
E. exp	12	0.0458		1.1025		2.4520	
Total	19						
		CV: 24.82%		CV: 25.57%		CV: 19.66%	

(**) Diferencias estadísticas altamente significativas / mdt: meses después del trasplante.

N.S.: No existen diferencias estadísticas significativas / CV: coeficiente de variación.

En la **Tabla 15**, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de café a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la primera evaluación, se observa que los tratamientos con 120 kg N/ha (nivel alto), 60 kg N/ha (nivel bajo) y 90 kg N/ha (nivel medio) no presentan diferencias estadísticas significativas, es decir que tienen resultados similares y son los mejores; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos antes mencionados presentaron diferencias estadísticas significativas y los más bajos resultados. En la segunda evaluación, los tratamientos con 60 kg

N/ha (nivel bajo), 90 kg N/ha (nivel medio) y 120 kg N/ha (nivel alto) no presentan diferencias estadísticas significativas, es decir que tienen resultados similares y más altos; los tratamientos con 120 kg N/ha (nivel alto) y 0 kg N/ha (testigo + PK) no presentan diferencias estadísticas significativas; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto al testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos con 0kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto presentaron diferencias estadísticas significativas y bajos resultados. En la tercera evaluación, se observa que los tratamientos con niveles medio, bajo y alto con dosis de 90, 60 y 120 kg N/ha, no presentaron diferencias estadísticas significativas, pero si altos resultados; sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas respecto a la dosis 0 kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto; por otra parte, los tratamientos antes mencionados no presentaron diferencias estadísticas significativas, pero si bajos resultados.

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha=0.5$) para el número de ramas plagiotrópicas de la planta de café a los tres, seis y nueve meses después del trasplante.

3 mdt			6 mdt			9 mdt		
Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.
T ₅	1.5	a	T ₃	5.3	a	T ₄	10.7	a
T ₃	1.3	a	T ₄	5.2	a	T ₃	10.4	a
T ₄	1.2	a	T ₅	5.0	ab	T ₅	10.0	a
T ₂	0.3	b	T ₂	3.4	b	T ₂	5.6	b
T ₁	0.0	c	T ₁	1.7	c	T ₁	3.1	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la misma columna, no existe significación estadística

Leyenda:

T₁: Testigo absoluto

Trat.: Tratamientos

T₂: 0 kg N (testigo + PK)

Prom.: Promedios

T₃: 60 kg N (nivel bajo)

Sig.: Significancia

T₄: 90 kg N (nivel medio)

mdt: meses después del trasplante

T₅: 120 kg N (nivel alto)

En la **Tabla 15**, también se observa el promedio del número de ramas plagiotrópicas de la planta de café, a los tres, seis y nueve meses después del trasplante. En la primera evaluación, los tratamientos alcanzaron los siguientes números de ramas plagiotrópicas y se presentan según su orden de mérito: 90 kg N/ha (nivel medio) con 1.5 ramas; 60 kg N/ha (nivel bajo) con 1.3 ramas y 120 kg N/ha (nivel alto) con 1.2 ramas; 0 kg N/ha (testigo con PK) con 0.3 ramas y testigo absoluto con 0.0 ramas. En la segunda evaluación, de igual forma se muestra según orden de mérito: 90 kg N/ha (nivel medio) con 5.3 ramas; 60 kg N/ha (nivel bajo) con 5.2 ramas; 120 kg N/ha (nivel alto) con 5.0 ramas; 0 kg N/ha (testigo + PK) con 3.4 ramas y testigo absoluto con 1.7 ramas. En la tercera evaluación, se puede apreciar los siguientes incrementos en orden de mérito fueron: 90 kg N/ha (nivel medio) con 10.7 ramas; 60 kg N/ha (nivel bajo) con 10.4 ramas; 120 kg N/ha (nivel alto) con 10.0 ramas; 0 kg N/ha (testigo + PK) con 5.6 ramas y testigo absoluto con 3.1 ramas. El efecto de los niveles de fertilización nitrogenada es positivo, más una dosis básica de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) en el número de ramas plagiotrópicas. Pero no pasa lo mismo si se fertiliza sólo con una dosis básica de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) (en el tratamiento testigo) y sin aplicar los tres elementos (testigo absoluto), provocando menores ramas plagiotrópicas en el café.

Al comparar los tratamientos que fueron aplicados los diferentes niveles de fertilización nitrogenada (bajo, medio y alto) en la última evaluación a los nueve meses después del trasplante, observamos que el niveles medio y bajo con dosis 90 kg N/ha y 60 kg N/ha obtuvieron 10.7 y 10.4 ramas plagiotrópicas en promedio respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con nivel alto con dosis 120 kg N/ha obtuvo 10.0 ramas plagiotrópicas, la cual no superó a los niveles medio y bajo de nitrógeno. Según Uribe y Salazar (1984), mencionan que durante el periodo vegetativo la planta exige una demanda alta de nitrógeno, debido a que se está formando principalmente ramas productivas y otros órganos de la planta. Podemos deducir que el primer par de ramas de los niveles medio y bajo de nitrógeno se formaron entre los 4 y 5 meses aproximadamente después del trasplante en campo definitivo bajo un sistema a pleno sol, a los nueve meses después del trasplante alcanzando más de 5 pares de ramas aproximadamente. Sin embargo, en un sistema bajo sombra Arcila et al. (2001) mencionan que ocurre entre los 7 y 8 meses después del trasplante en campo definitivo; formando en un año 12 a 14 pares de ramas plagiotrópicas (Arcila, 2007). Es importante el número de ramas plagiotrópicas, porque en ellas existirá la formación de nudos, pares de hojas, flores y frutos que son responsables de la producción. En caso de los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo +

PK) y el testigo absoluto, al no aplicar una dosis de fertilización nitrogenada, provocó un bajo número de ramas plagiotrópicas, alcanzando 5.6 y 3.1 en promedio respectivamente.

Pero en los tratamientos sin dosis de nitrógeno 0 kg N/ha (testigo + PK) y (testigo absoluto) se produjeron reducciones del 47 % y 70 % del número de ramas plagiotrópicas respectivamente, con respecto a los mejores tratamientos. El momento oportuno y la fertilización nitrogenada ayudaran la formación de ramas plagiotrópicas responsables de la producción. De acuerdo a Hernández y Suárez (2002), mencionan que es recomendable aplicar a los 1 o 2 meses la fertilización nitrogenada, y a medida que esta labor se retrasa en más de 6 meses provoca pérdidas en la producción; y Sadeghian (2011), menciona que en plantas que no se aplican nitrógeno existen pérdidas hasta alcanzar reducciones cercanas al 50 % en el cuarto año.

4.5. Área foliar

Tabla 16. Análisis de varianza para el área foliar por hoja y planta de cafeto evaluadas a los nueve meses después del trasplante.

F.V.	GL	Área foliar - hoja		Área foliar - planta	
		CM	SIG	CM	SIG
Bloque	3	63.8259	N.S.	858850.6020	N.S.
Tratamiento	4	1056.3658	**	15244180.1651	**
E. exp	12	24.3254		558409.1859	
Total	19				
		CV: 12.19%		CV: 30.22%	

(**) Diferencias estadísticas altamente significativas

N.S.: No existen diferencias estadísticas significativas / CV: coeficiente de variación

En la **Tabla 16**, se muestra la prueba de análisis de varianza para el área foliar por hoja y planta de cafeto evaluadas a los nueve meses después del trasplante. Para bloques, de acuerdo con la prueba de F del ANVA ($\alpha=0.05$), no se encontró diferencias estadísticas significativas en ambos casos, es decir los bloques tuvieron diferencias similares. Para tratamientos, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en ambos casos, es decir que con al menos con uno de los niveles de nitrógeno (bajo, medio y alto), se logró

diferencias para el área foliar por hoja y planta de café. Los coeficientes de variación fueron 12.19 % y 30.22 %, estos valores nos indican que la variación del área foliar por hoja y planta de café respectivamente tiene una dispersión de excelente homogeneidad y muy variables, este último se debe a que los resultados son aproximados.

En la **Tabla 17**, de acuerdo a la Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el área foliar por hoja y planta de café evaluadas a los nueve meses después del trasplante, se observa en los dos casos que los tratamientos con 90 kg N/ha (nivel medio) y 60 kg N/ha (nivel bajo) no presentaron diferencias estadísticas significativas, es decir que obtuvieron resultados similares y los mejores, pero existe diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos con 120 kg N/ha (nivel alto), 0 kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto. Por otra parte, el tratamiento con 120 kg N/ha (nivel alto) tiene diferencias estadísticas significativas con respecto a los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto; y por último los dos tratamientos antes mencionados no presentan diferencias estadísticas significativas, resultando los tratamientos con menor área foliar por hoja y planta del café.

Tabla 17. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el área foliar por hoja y planta de café evaluadas a los nueve meses después del trasplante.

Tratamiento	Área foliar - hoja (cm ²)		Área foliar - planta (cm ²)	
	Promedio	Significancia	Promedio	Significancia
T ₄	56.82	a	4,524.78	a
T ₃	53.88	a	4,150.24	a
T ₅	44.31	b	2,756.53	b
T ₂	27.32	c	667.82	c
T ₁	19.94	c	263.43	c

Tratamientos unidos por la misma letra en la misma columna, no existe significación estadística

Leyenda:

T₁: Testigo absoluto

T₄: 90 kg N (nivel medio)

T₂: 0 kg N (testigo + PK)

T₅: 120 kg N (nivel alto)

T₃: 60 kg N (nivel bajo)

En la **Tabla 17**, también se muestran el promedio del área foliar por hoja y planta de cafeto evaluadas a los nueve meses después del trasplante, a continuación se presentan los tratamientos según orden de mérito: con 90 kg N/ha (nivel medio) alcanzó 56.82 cm² y 4,524.78 cm², con 60 kg N/ha (nivel bajo) alcanzó 53.88 cm² y 4,150.24 cm²; con 120 kg N/ha (nivel alto) obtuvo 44.31 cm² y 2,756.53 cm²; con 0 kg N/ha (testigo + PK) alcanzó 27.32 cm² y 667.82 cm² y el testigo absoluto con 19.94 cm² y 263.43 cm², respectivamente. Los mejores resultados son los niveles medio y bajo de nitrógeno más una dosis básica de P₂O₅ y K₂O, en caso de aplicar el nivel alto de nitrógeno, se obtuvieron inferior área foliar frente a los tratamientos antes mencionados. Los bajos resultados fueron cuando se fertilizó solo con la dosis básica de P₂O₅ y K₂O y cuando no se aplicó ningún nutriente.

De los tratamientos que fueron aplicados los niveles de fertilización nitrogenada (medio, bajo y alto) en la última evaluación a los nueve meses después del trasplante, se observó que los tratamientos con 90 kg N/ha (nivel medio) y 60 kg N/ha (nivel bajo) alcanzaron un área foliar de 56.82 cm²/hoja y 53.88 cm² respectivamente en promedio, coincidiendo con Freire et al. (2006), que registraron en la variedad Obata un área foliar de 59.4 cm²/hoja y en la variedad Icatu 42.2 cm²/hoja en sistemas a pleno sol; pero no coincidiendo con Buitrago (1983) citado por Arcila (2007) menciona que varía según la edad, densidad de población y variedad. Mientras que el tratamiento con 120 kg N/ha (nivel alto) obtuvo 44.31 cm²/hoja no superó a los niveles con dosis menor de fertilización nitrogenada, reduciéndose entre 22 % y 18 % del área foliar con respecto a los mejores tratamientos. A mayor área foliar, luz y nitrógeno mayor fotosíntesis, que se reflejaran en el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas de cafeto.

En caso de los tratamientos con 0 kg N/ha (testigo + PK) y testigo absoluto se observaron una reducción en el área foliar. Debido a que en el tratamiento testigo absoluto no se realizó la labor de fertilización y en el tratamiento con 0 kg N/ha (testigo + PK) no se aplicó ninguna fuente nitrogenada, registrándose áreas foliares de 19.94 y 27.32 cm²/hoja en promedio respectivamente; y reduciéndose entre el 64 % y el 50 % en el área foliar con relación a los mejores tratamientos, es decir presentaron hojas pequeñas, y menor fotosíntesis.

4.6. Determinación de costos

En la **Tabla 18** del anexo, se muestra los costos de instalación y mantenimiento para una hectárea de cafetal a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio. Estos se dividen en gastos de cultivo (mano de obra e insumos) y gastos generales (imprevistos) para ello se considera el 10 % de los gastos de cultivo. A continuación, se detallará

los costos de instalación y mantenimiento de cada uno de los tratamientos: Para el tratamiento testigo absoluto se requiere invertir en mano de obra S/. 5,010.00, en insumos S/. 470.00 y para gastos generales ó imprevistos S/. 548.00 con un total de 6,028.00; seguido el tratamiento con 0 kg N/ha (testigo + PK) se requiere invertir S/. 6,110.00 en mano de obra, en insumos S/. 1,116.20 y para gastos generales ó imprevistos S/. 722.62 con un total de S/. 7,948.82; en el tratamiento con 60 kg N/ha (nivel bajo) se requiere invertir en mano de obra S/. 6,310.00, en insumos S/. 1,325.80 y para gastos generales ó imprevistos S/. 763.58 con un total de S/. 8,399.38; luego en el tratamiento con 90 kg N/ha (nivel medio) se requiere invertir en mano de obra S/. 6,310.00, en insumos S/. 1,429.80 y para gastos generales ó imprevistos S/. 773.98 con un total de S/. 8,513.78 y por último en el tratamiento con 120 kg N/ha (nivel alto) se requiere invertir en mano de obra S/. 6,310.00, en insumos S/. 1,533.80 y para gastos generales ó imprevistos S/. 784.38 con un total de S/. 8,628.18. Por otra parte, la Dirección Regional de Agricultura Huánuco (2018) informa que el costo de instalación y mantenimiento por un año es 8,058.05 soles, donde considera realizar tumba y quema, y dos cultivos (control de maleza) al año con 10 jornales/cultivo. Sin embargo, la proliferación de macorrilla en nuestra instalación requirió 6 cultivos anuales, para que no haya competencia por luz, agua y nutrientes con nuestras plantas de cafeto.

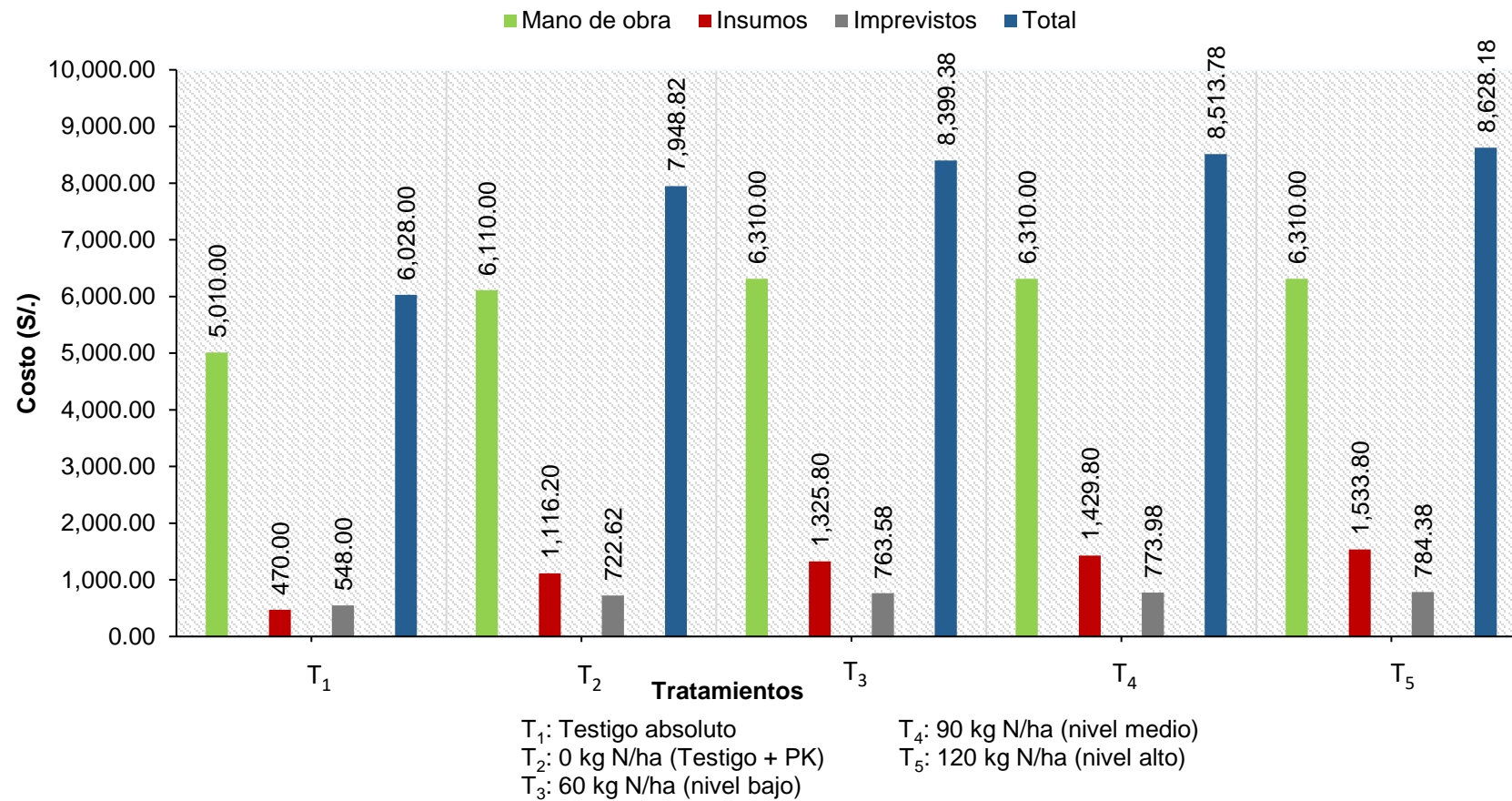


Figura 4. Costo de instalación y mantenimiento para una hectárea de cafetal a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio.

V. CONCLUSIONES

1. A los nueve meses después del trasplante, los tratamientos con niveles de nitrógeno alto, medio y bajo (120-125-30, 90-125-30 y 60-125-30 kg/ha/año) obtuvieron estadísticamente resultados similares respecto al incremento en: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y ramas plagiotrópicas. El área foliar en el nivel medio y bajo superaron estadísticamente al nivel alto.
2. Los tratamientos con nivel medio y bajo de nitrógeno con fórmula de fertilización de 90-125-30 y 60-125-30 kg/ha/año, numéricamente alcanzaron los mejores incrementos en promedio con 29.97 cm y 29.92 cm en altura de planta; 4.31 mm y 4.23 mm en diámetro del tallo; 66.22 hojas y 65.91 hojas; 10.7 y 10.4 ramas plagiotrópicas y 56.82 cm² y 53.88 cm²/hoja de área foliar respectivamente, a los nueve meses después del trasplante, obteniendo mayor biomasa en comparación de las plantas que no recibieron fertilizantes.
3. Los costos requeridos para instalación y mantenimiento de una hectárea de cafetal fueron: el tratamiento T₁ requirió una inversión de S/. 6,028.00; el tratamiento T₂ requirió S/. 7,948.82; el tratamiento T₃ requirió S/. 8,399.38; el tratamiento T₄ requirió S/. 8,513.78 y el tratamiento T₅ requirió S/. 8,628.18 ha/año.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- 1.** Realizar más investigaciones en el cultivo de café, sobre los efectos de los niveles de fertilización fosfórica a pleno sol, considerando la mejor dosis nitrogenada del tratamiento con 90 kg N/ha (nivel medio).
- 2.** Realizar replicas en otras zonas cafetaleras con diferentes suelos y altitudes, para tener mayor soporte técnico a nuestros productores.
- 3.** Comparar el efecto de los fertilizantes nitrogenados en diferentes variedades de cafetos a pleno sol.
- 4.** Proseguir la investigación iniciada hasta la etapa de producción del café.

VII. REFERENCIAS

- Anzueto, F. (2013). *El Cafetal. La Revista del agricultor*. Asociación Nacional del Café <https://www.anacafe.org/uploads/file/994322fc9be142579b05ddaea4c84e43/El-Cafetal-14.pdf>
- Arcila, J. (1987). *Aspectos fisiológicos de la producción del café Coffea arabica L.* Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/717/5/5%20Aspectos%20fisiol%C3%B3gicos%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9.pdf>
- Arcila, J. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Centro Nacional de Investigación del Café. Blanecolor Ltda. https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
- Arcila, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H. y Wicke, H. (2001). *Aplicación de la Escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café*. Centro Nacional de Investigación del Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/578/3/bot0023.pdf>
- Arcila, J. y Chaves, B. (1995). *Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de trasplante*. Centro Nacional de Investigación del Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/692/1/arc046%2801%295-20.pdf>
- Arcila, J. y Jaramillo, A. (2003). *La humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto*. Centro Nacional de Investigación del Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/4215/1/avt0311.pdf>
- Asociación Ecosistemas Andinos. (2010). *Manual del café bajo sombra*. American Bird Conservancy. Pomacochas.
- Azcón-Bieto J. y Talón, M. (2008). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. (2^{da} ed.). McGraw-Hill Interamericana de España, S.L. Universidad de Barcelona.
- Banco Agropecuario. (2007). *Cultivo del café*. Infocafes. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/1_cultivo_del_cafe.pdf
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B. y Sánchez, T. (2009). *Fisiología vegetal*. Pirámide-Grupo Anaya, S.A. Humanes de Madrid.

- Benito, J. (1987). *Bases para la tecnificación del cultivo de café en el Perú*. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria - INIPA, CIPA XIII – Estación Experimental de Tarapoto.
- Bidwell. (1993). *Fisiología vegetal*. A.G.T. Editor, S.A.
- Cardona, D. y Sadeghian, S. (2005). *Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrero de guamo*. Centro Nacional de Investigación del Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/409/1/avt0334.pdf>
- Castañeda, E. (1997). *Manual técnico cafetalero*. ADEX – USAID / MSP.
- Coste, R. (1968). *El café. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Blume.
- Dirección Regional de Agricultura Huánuco. (10 de noviembre del 2018). *Agrícola: Costos de producción*. <http://www.huanucoagrario.gob.pe/index.php>
- Freire R, M. S., Ribeiro C, J., Nogueira P, A. y Silva S., V. L. (2006). *Cultivo orgánico de cafetales a pleno sol y sombra*. Agricultura Brasileña.
- Gast, F., Benavides, P., Sanz, J.R., Herrera, J.C., Ramírez, V.H., Cristancho, M.A. y Marín, S.M. (2013). *Manual del cafetero colombiano Investigación y tecnología para la sostenibilidad en la de la caficultura*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- González O., H. y Sadeghian K., S. (2012). *Volatilización del nitrógeno a partir de diferentes fuentes fertilizantes en la etapa de crecimiento vegetativo del café*. Revista Cenicafé. 63 (1), 132-143.
- Gros, A. (1981). *Abonos: Guía práctica de la fertilización*. Mundi Prensa.
- Gruhn, P., Goletti, F. y Yudelman, M. (2000). *Integrated Nutrient Management, Soil Fertility, and Sustainable Agriculture: Current issues and future challenges*. International Food Policy Research Institute.
- Havlin, L., Beaton, D., Tisdale, L. y Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management*. (6^{ta}. ed.). Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Hernández, E. y Suárez, S. (2002). *Respuesta del café a la fertilización con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento vegetativo*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2014). *Guía básica del caficultor*. Estación Experimental Agraria de Pichanaki.
- Jaramillo, A.; Ramírez, V.; Arcila, J. (2011). *Distribución de la lluvia: Clave para planificar las labores en el cultivo de café en Colombia*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/326>

- Llanco, A. (2014). *Tipología de manejo agronómico en el crecimiento, productividad y calidad física de café (Coffea arabica L. var. Catimor) en el valle de Santa Cruz, Distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo y Región Junín*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/1902>
- Loli, O. y Aquino, R. (2011). *Guía técnica de fertilización y post cosecha de café*.
https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Cafe/FERTILIZACION_Y_POST_COSECHA_DE_CAFE.pdf
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres.
<https://es.scribd.com/document/468454177/Manual-de-Nutricao-Mineral-de-Plantas-Malavolta-Completo-pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2003). *Caracterización de las zonas cafetaleras en el Perú*. PROAMAZONIA.
<https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/576>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2018). *Feria SCAA: El café peruano*.
<http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- Morais, H., Marur, C.J., Caramori, P.H., Ribeiro, A.M. de A. y Gomes, J.C. (2003). *Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol*". Biblioteca Nacional de Agricultura (Binagri), do Ministério da Agricultura. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2004001081>
- National Institutes of Health. (2016). *Image Processing and Analysis in Java*. Estados Unidos.
<https://imagej.nih.gov/ij/>
- Ramírez, V. (2013). Establecimiento de cafetales al sol. En: Gast, F., Benavides, P., Sanz, J., Herrera, J., Ramírez, V., Cristancho, M. y Marín, S.M. (ed.). *Manual del cafetero colombiano*.
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/manualCafetero2p
- Riaño, N.; Arcila, J.; Jaramillo, A.; Cháves, B. (2004). *Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes por Coffea arabica L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central*. Centro Nacional de Investigaciones de Café.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc055%2804%29265-276.pdf>

- Rojas, E. (1987). *Zonificación agroecológica para el cultivo del café (Coffea arabica L.) en Costa Rica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11715>
- Sadeghian, S. (2003). *Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054\(03\)242-257.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054(03)242-257.pdf)
- Sadeghian, S. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4224/1/Cap4.pdf>
- Sadeghian, S. (2010). *Fertilización: Una práctica que determina la producción de los cafetales*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0391.pdf>
- Sadeghian, S. (2011). *Respuesta de cafetales al sol y bajo semi-sombra a nitrógeno y su relación con la materia orgánica del suelo*. Scielo. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a04v64n01.pdf>
- Sadeghian, S. (2013). *Efecto de dosis y fuentes de nitrógeno en la producción de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Sadeghian, S. (2014). *Manejo integrado de nutrientes para una agricultura sostenible*. Suelos Ecuatoriales. 44(2), 74-89. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/40
- Sadeghian, S.; Gaona, S. (2005). *El suelo: formación, fertilidad y conservación*. Programa de capacitación virtual. Nivel 1: Fundamentos agronómicos.
- Sánchez, J. (2014). *Manual para la producción de un café de calidad*. FAO.
- Sánchez, J. (2015). *Plan de manejo de café en el ámbito de VRAEM*. <https://docplayer.es/87138239-Plan-de-manejo-de-cafe-en-el-ambito-del-vraem.html>
- Silvera, C. (2008). *Interpretación de los Resultados de un Análisis de Suelo para la Producción de Café*. Junta Nacional del Café.
- Schuller, S. y Silvera, C. (2011). *Rehabilitación de cafetales: Bases para la transición hacia una Caficultura Empresarial y Sostenible*. Plataforma Nacional-SCAN-Perú-Café: Junta Nacional del Café. <https://docplayer.es/2830954-Rehabilitacion-de-cafetales-bases-para-la-transicion-hacia-una-caficultura-empresarial-y-sostenible.html>

- Sotomayor Herrera, I. (1993). *Manual del cultivo del café*. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1619>
- Távora, J., Benito, J., Ochoa, T. y Cortez, I. (2013). *Manejo integrado de la roya amarilla del café*. INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/757>
- Uribe, A. y Salazar, J. (1984). *Época de fertilización de las zocas de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/681/1/arc067%2801%2981-93.pdf>
- Valencia, G. (1992). Fertilización de los cafetales. Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/498/3/avt0442.pdf>
- Valencia, G. (1998). *Manual de Nutrición y fertilización del cultivo de café*. (2^{da} ed.). Instituto de la Potasa y el Fósforo-Quito Ecuador. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B46042E1BF11BDFB852579A300778DBE/\\$FILE/Inf-Agro%2050.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B46042E1BF11BDFB852579A300778DBE/$FILE/Inf-Agro%2050.pdf)

ANEXO



Figura 5. Plantones de café listos para ser instaladas en campo.



Figura 6. Campo experimental, donde predomina la maleza macorrilla.



Figura 7. Limpieza del campo experimental.



Figura 8. Muestreo de suelo para realizar el análisis físico-químico.



Figura 9. Preparación de hoyos, capa superior e interior respectivamente.



Figura 10. Trasplante de plántones de café, más aplicación de fuente fosfórica.



Figura 11. Planta de café después de ser instalada en campo definitivo.



Figura 12. Primera fertilización (N y P), al primer mes después del trasplante.



Figura 13. Primera evaluación, a los tres meses después del trasplante.



Figura 14. Visita del presidente de jurado Ing. Luis Mansilla Minaya, y asesor Ing. Jorge Adriazola del Águila.



Figura 15. Observaciones del presidente de jurado Ing. Luis Mansilla Minaya.



Figura 16. Visto bueno por los docentes responsables del Proyecto de Tesis



Figura 17. Tercera fertilización, a los siete meses después del trasplante.



Figura 18. Tercera evaluación, a los nueve meses después del trasplante.



Figura 19. Tercera evaluación del tratamiento con nivel bajo de nitrógeno.



Figura 20. Tercera evaluación del tratamiento con nivel medio de nitrógeno.



Figura 21. Tercera evaluación del tratamiento con nivel alto de nitrógeno.



Figura 22. Tercera evaluación del tratamiento testigo sin nitrógeno, mas P y K.



Figura 23. Tercera evaluación del tratamiento testigo absoluto, sin N, P y K.



Figura 24. Vista del campo experimental a los 9 meses después del trasplante.

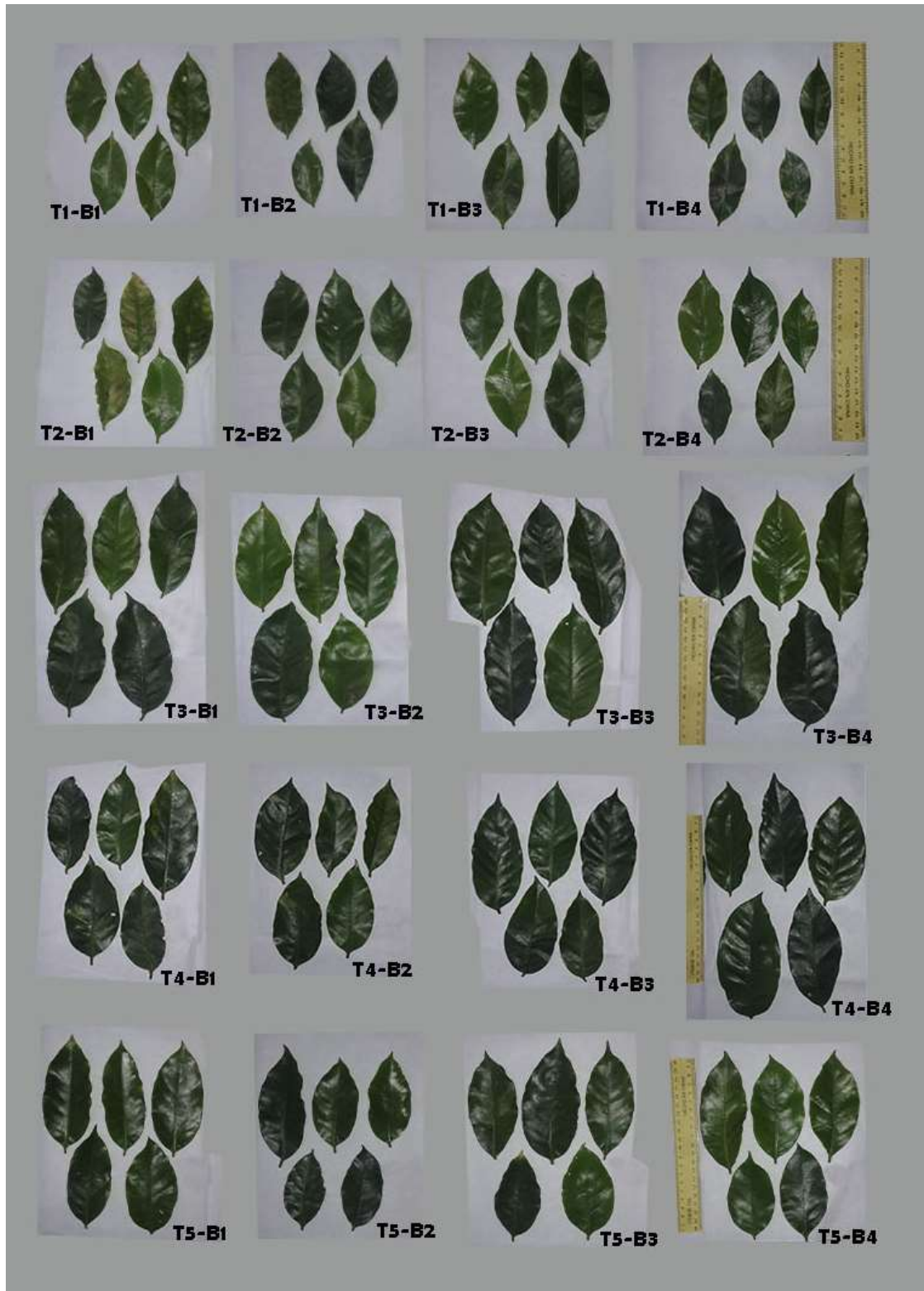


Figura 25. Muestras de hojas para determinar el área foliar de la planta a los nueve meses después del trasplante.



Figura 26. Comparación de los tratamientos en estudio a los nueve meses después del trasplante.

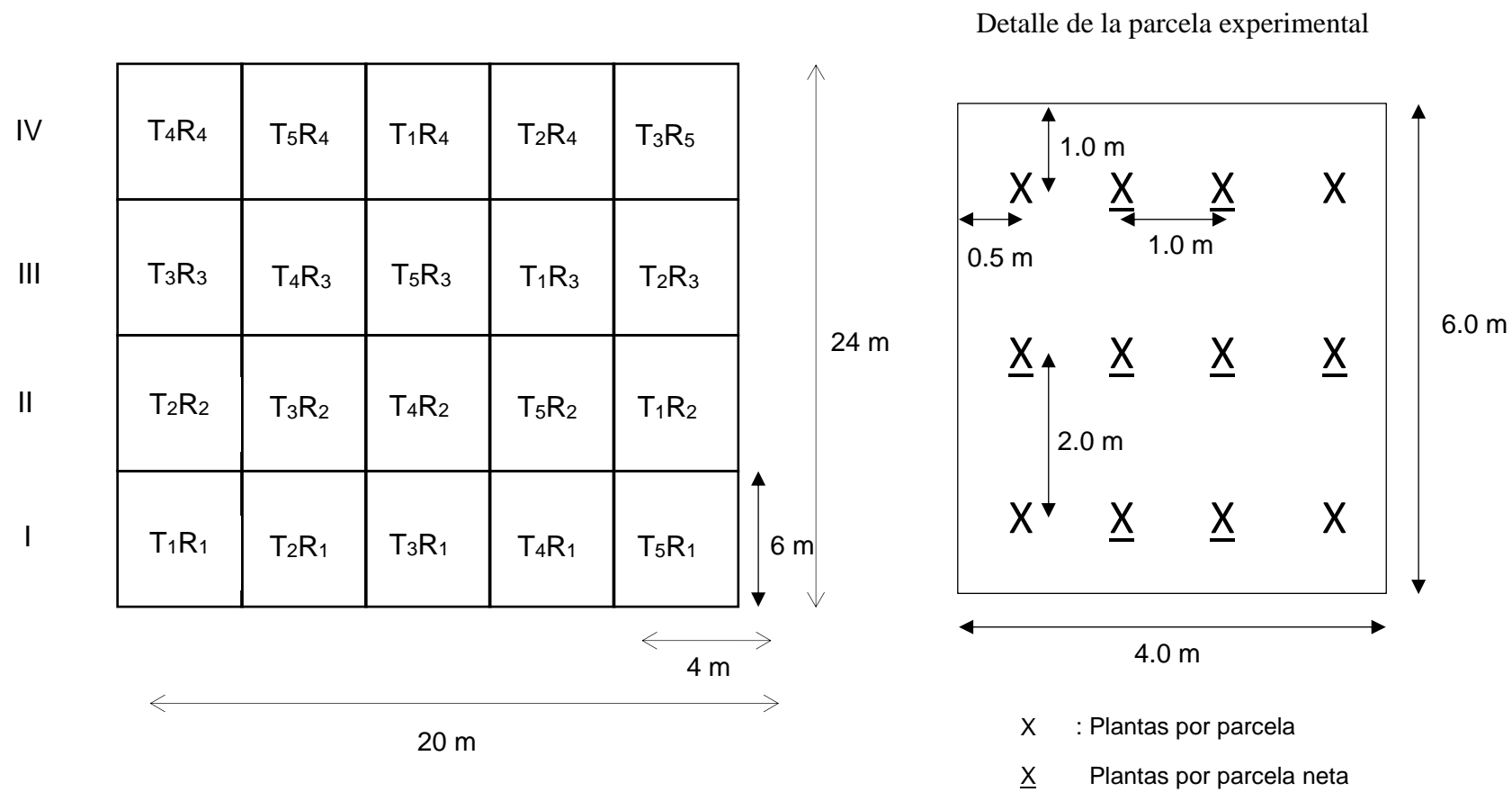


Figura 27. Croquis del campo experimental y el detalle de la parcela experimental.

Tabla 18. Costo de instalación y mantenimiento para una hectárea de café a pleno sol en el primer año de crecimiento de los tratamientos en estudio.

Actividades	Unidad de medida	T1: Testigo absoluto			T2: 0 kg N/ha (testigo + PK)			T3: 60 kg N/ha (nivel bajo)			T4: 90 kg N/ha (nivel medio)			T5: 120 kg N/ha (nivel alto)		
		Unidad	Valor Unitario	Costo Total (S/.)	Unidad	Valor Unitario	Costo Total (S/.)	Unidad	Valor Unitario	Costo Total (S/.)	Unidad	Valor Unitario	Costo Total (S/.)	Unidad	Valor Unitario	Costo Total (S/.)
A. GASTOS DE CULTIVO																
1. Mano de obra																
1.1. Plantones de café																
- Compra de plantones	Unidades	5,000	0.35	1,750.00	5,000	0.35	1,750.00	5,000	0.35	1,750.00	5,000	0.35	1,750.00	5,000	0.35	1,750.00
1.2. Preparación de terreno																
- Limpieza de malezas	Jornales	11	25.00	275.00	11	25.00	275.00	11	25.00	275.00	11	25.00	275.00	11	25.00	275.00
- Alineamiento	Jornales	4	25.00	100.00	4	25.00	100.00	4	25.00	100.00	4	25.00	100.00	4	25.00	100.00
1.3 Instalación (terreno definitivo)																
- Traslado vivero a campo	Contrato	5	60	300.00	5	60	300.00	5	60	300.00	5	60	300.00	5	60	300.00
- Trasplante *	Contrato	5,000	0.30	1,500.00	5,000	0.50	2,500.00	5,000	0.50	2,500.00	5,000	0.50	2,500.00	5,000	0.50	2,500.00
- Recalce	Jornales	1	25.00	25.00	1	25.00	25.00	1	25.00	25.00	1	25.00	25.00	1	25.00	25.00
1.4. Abonamiento																
- Abonamiento (3)	Jornales	0	0.00	0.00	4	25.00	100.00	12	25.00	300.00	12	25.00	300.00	12	25.00	300.00
1.5. Labores Culturales																
- Deshierbos (6)	Jornales	36	25.00	900.00	36	25.00	900.00	36	25.00	900.00	36	25.00	900.00	36	25.00	900.00
1.6 Control Fitosanitario																
- Aplicación fungicida y foliar	Jornales	4	40	160.00	4	40	160.00	4	40	160.00	4	40	160.00	4	40	160.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA				5,010.00	6,110.00			6,310.00			6,310.00			6,310.00		
2. Insumos:																
2.1. Fertilizantes																
- Urea	Kilogramos	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	131	1.60	209.60	196	1.60	313.60	261	1.60	417.60
- Superfosfato Triple	Kilogramos	0	0.00	0.00	272	2.10	571.20	272	2.10	571.20	272	2.10	571.20	272	2.10	571.20
- Cloruro de Potasio	Kilogramos	0	0.00	0.00	50	1.50	75.00	50	1.50	75.00	50	1.50	75.00	50	1.50	75.00
2.2. Fungicida																
- Amistrobim	Kilogramos	1	400.00	400.00	1	400.00	400.00	1	400.00	400.00	1	400.00	400.00	1	400.00	400.00
2.3. Foliar																
- Foliar	Litro	1	40.00	40.00	1	40.00	40.00	1	40.00	40.00	1	40.00	40.00	1	40.00	40.00
- Adherente	Litro	1	30.00	30.00	1	30.00	30.00	1	30.00	30.00	1	30.00	30.00	1	30.00	30.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				470.00	1,116.20			1,325.80			1,429.80			1,533.80		
B. GASTOS GENERALES																
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)																
				548.00	722.62			763.58			773.98			784.38		
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				548.00	722.62			763.58			773.98			784.38		
TOTAL				6,028.00	7,948.82			8,399.38			8,513.78			8,628.18		

(*) Equivale al poceado/abonamiento de fondo/poner los plantones al hoyo/trasplante propiamente dicha.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



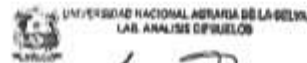
ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE			GRANADOS DOMINGUEZ NENE NEHEMIAS							PROCEDENCIA			BELLA ALTA - MARIANO DAMASO BERAUN - LEONCIO PRADO - HUANUCO									
N°	COD. LAB.	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
		REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	Ca	Mg	K	Na	Al					H
1	S2920	maíz predominante macorita	39.2	30.4	30.4	Franco Arcilloso	5.60	1.24	0.06	6.55	111.70	5.90	4.97	0.75	0.11	0.07	--	--	--	100.00	0.00	0.00

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

FECHA : 07 DE MAYO DEL 2018

RECIBO N° 001-0538931



Ing. Luis G. Mancilla Mireya
JEFE



Figura 28. Análisis de suelo del campo experimental.



Figura 29. Plantas de café a los 21 meses después del trasplante de los tratamientos con nivel medio y bajo de nitrógeno respectivamente.



Figura 30. Plantas de café a los 21 meses después del trasplante de los tratamientos testigo y testigo absoluto.

Tabla 19. Promedio de la evaluación inicial después del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.

Bloques	Tratamientos	Altura inicial (cm)	Diámetro inicial (mm)	Número de hojas
B-I	T ₁ : Testigo absoluto	26.10	4.53	12.50
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	24.19	4.51	11.38
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	26.86	4.86	12.38
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	26.15	4.84	11.88
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	24.58	4.39	11.38
B-II	T ₁ : Testigo absoluto	26.48	4.45	12.75
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	24.18	4.36	11.25
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	25.06	4.48	11.63
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	26.19	4.26	13.25
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	26.04	4.39	11.75
B-III	T ₁ : Testigo absoluto	24.63	4.29	9.75
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	23.34	4.48	9.75
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	24.21	4.54	10.38
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	23.70	4.10	10.88
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	25.31	4.36	10.38
B-IV	T ₁ : Testigo absoluto	24.09	4.23	9.50
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	26.25	4.80	10.63
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	24.26	4.31	10.50
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	24.06	4.43	10.00
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	25.45	4.35	10.25

Tabla 20. Promedio de la evaluación a los tres meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.

Bloques	Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Número de Hojas	Número de ramas plagiotrópicas
B-I	T ₁ : Testigo absoluto	0.76	-2.13	0.00
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	2.90	2.38	0.25
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	6.20	4.25	1.50
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	8.48	5.00	1.50
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	5.49	5.13	1.25
B-II	T ₁ : Testigo absoluto	1.63	-1.50	0.00
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	3.98	2.25	0.25
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	7.23	5.25	1.38
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	6.43	5.25	1.00
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	7.55	4.63	1.75
B-III	T ₁ : Testigo absoluto	1.66	-1.25	0.00
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	4.79	2.50	0.50
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	6.49	4.13	1.13
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	6.79	5.00	1.00
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	8.19	5.88	1.38
B-IV	T ₁ : Testigo absoluto	2.00	1.75	0.00
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	2.16	2.25	0.13
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	4.95	4.88	1.13
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	7.24	4.25	1.38
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	4.26	4.75	1.75

Tabla 21. Promedio de la evaluación a los seis meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.

Bloques	Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Incremento del número de hojas	Número de ramas plagiotrópicas
B-I	T ₁ : Testigo absoluto	4.60	-0.88	2.88
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	8.31	10.00	3.00
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	10.33	30.00	4.38
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	10.85	20.88	3.75
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	9.30	18.88	3.25
B-II	T ₁ : Testigo absoluto	4.84	-2.88	1.50
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	12.26	8.00	4.25
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	12.56	24.13	5.75
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	11.69	25.38	4.25
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	18.40	23.00	5.50
B-III	T ₁ : Testigo absoluto	8.31	-1.75	0.75
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	12.29	9.50	3.63
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	18.98	27.00	6.00
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	20.99	24.38	5.88
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	19.25	22.75	5.50
B-IV	T ₁ : Testigo absoluto	8.85	1.63	1.63
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	7.63	6.13	2.63
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	19.80	24.13	5.00
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	22.13	27.25	7.00
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	14.99	22.25	5.63

Tabla 22. Promedio de la evaluación a los nueve meses del trasplante de los plántones de café Var. Catimor T-8667.

Bloques	Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Diámetro Final (mm)	Incremento del número de hojas	Número de ramas plagiotrópicas	Área foliar / hoja (cm ²)	Área foliar / planta (cm ²)
B-I	T ₁ : Testigo absoluto	8.03	5.15	0.38	3.25	23.26	299.46
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	10.00	5.31	7.00	5.00	25.04	460.14
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	30.48	9.44	74.38	12.75	50.08	4,344.54
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	31.35	8.86	69.25	11.50	54.75	4,441.71
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	29.96	8.55	52.63	10.13	47.77	3,057.22
B-II	T ₁ : Testigo absoluto	7.81	4.93	3.25	3.63	20.21	323.30
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	17.93	6.72	22.50	6.88	27.63	932.56
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	25.49	8.11	57.63	7.00	49.89	3,454.79
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	20.68	7.31	40.25	8.25	45.22	2,419.00
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	27.39	8.21	51.88	10.63	35.18	2,238.09
B-III	T ₁ : Testigo absoluto	10.73	5.14	3.00	2.63	18.15	231.42
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	17.49	6.39	16.38	6.00	30.31	791.83
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	33.24	9.46	77.13	12.63	57.34	5,017.62
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	32.84	8.86	72.75	11.50	61.61	5,151.82
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	29.18	8.60	53.13	10.38	42.85	2,720.94
B-IV	T ₁ : Testigo absoluto	10.04	5.23	1.50	3.00	18.14	199.53
	T ₂ : 0 kg N/ha (testigo + PK)	10.61	5.90	7.88	4.63	26.31	486.76
	T ₃ : 60 kg N/ha (nivel bajo)	30.49	8.10	54.50	9.25	58.22	3,784.03
	T ₄ : 90 kg N/ha (nivel medio)	35.03	9.83	82.63	11.50	65.71	6,086.57
	T ₅ : 120 kg N/ha (nivel alto)	21.81	7.48	48.25	8.75	51.45	3,009.88