

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DEL HUMUS Y FOSFATO DIAMONICO EN LAS PROPIEDADES
QUÍMICAS DEL SUELO Y CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CAFÉ (*Coffea
arabica* L.) EN VIVERO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

YESENIA MELIZA TOLENTINO LAVADO

Tingo María - Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°030-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de marzo de 2023, a horas 4:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DEL HUMUS Y FOSFATO DIAMONICO EN LAS PROPIEDADES
QUÍMICAS DEL SUELO Y CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) EN VIVERO”**

Presentado por el Bachiller: **YESENIA MELIZA TOLENTINO LAVADO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENO**”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 19 de abril de 2023

Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO

Ing. M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
MIEMBRO

Ing. M.Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
ASESOR

Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ
CO 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° 142 - 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 Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL HUMUS Y FOSFATO DIAMONICO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO Y CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CAFÉ (Coffea arabica L.) EN VIVERO	YESENIA MELIZA TOLENTINO LAVADO	22% Veintidós

Tingo María, 08 de junio de 2023


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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL HUMUS Y FOSFATO DIAMONICO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO Y CRECIMIENTO DE PLANTONES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN VIVERO

Autor	:	TOLENTINO LAVADO, Yesenia Meliza
Asesor	:	Ing. M.Sc. QUIROZ RAMÍREZ José Victor
Asesor	:	Ing. M.Sc. OTTOS DIAZ, Elvis
Programa de Investigación	:	Ciencias Básicas
Línea de Investigación	:	Física y química del suelo
Eje Temático de Investigación	:	Indicadores Físicos y químicos del suelo
Lugar de Ejecución	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	Inicio	: Octubre del 2019
	Término	: Marzo de 2020
Financiamiento	Propio	: S/.5,327.85

DEDICATORIA

A Dios el que en todo momento está conmigo, bendiciendo cada día de mi vida y ayudándome aprender de mis errores. Es quien guía el destino de mi vida.

A mi padre; Solano Tolentino Cazo por su ejemplo de superación, comprensión, apoyo incondicional y haberme formado como persona

A mi madre Antolina Lavado Dimas por apoyarme incondicionalmente y sus sabios consejos en el proceso de mi carrera en todo momento,

A mis queridos hermanos: Maruja, Sunilda, Leonel y Roy por su amor y apoyo incondicional, en todo momento.

A mi amigos y amigas por su apoyo y fortaleza incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS y a todo el personal que la conforman, por contribuir y ser parte en mi formación profesional.

A los miembros del jurado de tesis: Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo, Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, Ing. MSc. Jaime J. Chávez Matías, por su aporte y contribución en la revisión académica científica al presente trabajo de tesis.

A mis asesores de tesis: Ing. MSc. Quiroz Ramírez José Victor, Ing. MSc. Ottos Diaz Elvis, por su incondicional apoyo en el proyecto, ejecución, contribución científico y culminación.

A todos mis profesores, docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que me brindaron su conocimiento, ayuda y sobre todo su amistad.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	15
	2.1. Marco teórico.....	15
	2.1.1. El cultivo de café	15
	2.1.2. Café variedad “catimor”	16
	2.1.3. Vivero y manejo.....	16
	2.1.4. Materia orgánica	17
	2.1.5. Humus.....	17
	2.1.6. Biomasa	19
	2.2. Estado del arte.....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
	3.1. Lugar de ejecución	24
	3.1.1. Ubicación geográfica.....	24
	3.1.2. Ubicación política	24
	3.1.3. Altitud.....	24
	3.1.4. Características climáticas	24
	3.2. Materiales y métodos	25
	3.2.1. Materiales y equipos.....	25
	3.2.2. Metodología	25
	3.2.2.1. Efecto del humus y fosfato diamonico en las propiedades químicas (N, P, K, MO, y pH) del suelo	25
	3.2.2.2. Efecto del humus y fosfato diamonico en el crecimiento, diámetro, volumen radicular, área foliar de plantones de café en vivero.....	27
	3.2.2.3. Efecto del humus y fosfato diamonico en la producción de biomasa de plantones de café.	29
	3.2.2.4. Variables de investigación	29
	3.2.2.5. Análisis estadístico	31
	3.2.2.6. Disposición experimental.....	32
	3.2.2.7. Germinador (almacigo) de las semillas de café.....	34
	3.2.2.8. Construcción del tinglado (vivero).....	34

3.2.2.9. Preparación de sustrato y embolsado	35
3.2.2.10. Repique de las plántulas de café a las bolsas.....	35
3.2.2.11. Cuidados durante la fase de evaluación	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	36
4.1. Efecto del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas (pH, MO, N, P, K) del suelo.....	36
4.1.1. Efecto principal del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas (pH, M.O, N, P, K) del suelo.	40
4.1.2. Efecto de interacción (simple) del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas (Ph, M.O, N, P, K) del suelo	44
4.2. Efecto del humus y fosfato diamónico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántulas de café en vivero.....	51
4.2.1. Efecto principal del humus y fosfato diamónico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántulas de café en vivero.	57
4.2.2. Efecto simple (interacción) del humus y fosfato diamónico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántulas de café en vivero	62
4.3. Efecto del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plántulas de café.....	66
4.3.1. Efecto principal del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plántulas de café.....	67
4.3.2. Efecto simple (interacción) del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plántulas de café	68
V. CONCLUSIONES	72
VI. PROPUESTA A FUTURO	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
VIII. ANEXO.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Métodos analíticos para el análisis de suelos	26
2. Esquema del análisis de variancia (ANVA).	32
3. Descripción de los tratamientos.	30
4. Análisis de varianza de pH del suelo a los 110 días después del repique.	37
5. Análisis de varianza de la materia orgánica (M.O) del suelo a los 110 días después del repique.	38
6. Análisis de varianza del nitrógeno del suelo a los 110 días después del repique	38
7. Análisis de varianza del fosforo del suelo a los 110 días después del repique.	39
8. Análisis de varianza del potasio disponible (K) del suelo a los 110 días después del repique	40
9. Duncan del pH, M.O, N, P y K del suelo por efecto de los niveles de humus aplicado (A).	43
10. Duncan del pH, M.O, N, P y K del sustrato por efecto de los niveles del FDA aplicado (B).	44
11. Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor A (niveles de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo	48
12. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo	50
13. Análisis de varianza de la altura de la planta a los 30, 50, 90, 110 días después del repique.....	53
14. Análisis de varianza del diámetro de planta	55
15. Análisis de variancia para a los 110 días para el volumen radicular, área foliar	:
16. Duncan de la altura de planta (cm) a los 30, 50, 70 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A).	58
17. Duncan de la altura de planta a los 30, 50, 70 y 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B).....	58

18. Duncan del volumen radicular y área foliar de planta a los 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A)	60
19. Duncan del volumen radicular y área foliar a los 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B)	61
20. Duncan de efecto simple de interacción del factor A (niv. de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la altura de planta, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar del café a los 110 ddr.	63
21. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) de la altura de planta, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar a los 110 días del repique.	65
22. Análisis de varianza de la biomasa a los 110 días después del repique	66
23. Duncan de la biomasa de los plantones de café a los 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus (A), y niveles de FDA (B) aplicado.	67
24. Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor A (niveles de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la biomasa de los plantones de cacao a 110 días del repique.	69
25. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la biomasa del café a los 110 días del repique.	71
26. Concentración de Materia orgánica (%), nitrógeno (%) y pH en cada repetición de los tratamientos del sustrato al finalizar el experimento	81
27. Concentración de Fosforo disponible (ppm), potasio disponible (ppm) en cada repetición de los tratamientos del sustrato al finalizar el experimento.	82
28. Análisis de varianza de efectos simples del pH, M.O, N, P, K del suelo.....	82
29. Altura de planta (cm) a los 30, 50, 70, 90 y 110 después del repique (ddr).....	85
30. Diámetro de tallo (cm) a los 30, 50, 70, 90 y 110 después del repique (ddr).....	85
31. Duncan del diámetro de tallo de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado.....	86
32. Duncan de diámetro de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B).....	86
33. Volumen radicular y área foliar de plantones de café a 110 días después del repique	87

34. Análisis de varianza de efectos simples resumido de altura de plantas, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar de plantones de café a 110 días después del repique	87
35. Biomasa (%) de los plantones de café a los 110 días después del repique	88
36. Análisis de varianza de efectos simples de la biomasa del café a los 110 días después del repique.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujograma del método de estudio.....	27
2. Croquis del campo experimental.	33
3. Repique y riego de las plantas de café.....	89
4. Riego de los plantones de café en etapa de emergencia.....	89
5. Evaluación de altura de planta y riego de los plantones de café.....	90
6. Riego de los plantones de café con 50 días después del trasplante.	90
7. Evaluación de altura de planta, numero de hoja y diámetro de tallo.....	91
8. Aplicación del fosfato diamonico a los plantones de café.	91

RESUMEN

El estudio fue realizado entre octubre y marzo del 2020, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los objetivos fueron (1) determinar el efecto del humus y fosfato diamónico (PDA) en las propiedades químicas del suelo. (2) Evaluar el efecto del humus y PDA en el crecimiento, diámetro, volumen radicular, área foliar del café en vivero. (3) Determinar el efecto del humus y PDA en la producción de biomasa del café, con el diseño completamente al azar (DCA), en cuatro repeticiones con arreglo factorial (0, 10, 20, 30 % de humus) x (0, 2, 4, 6 g/bolsa de PDA). Se realizó el repique de plántones (café) sobre el sustrato y fertilizo con PDA, la biomasa se evaluó a 110 ddr. Los resultados demostraron que la concentración del suelo en materia orgánica, N, y P fue menor en a2b2, por efecto de la absorción del café. La preparación del sustrato con 20 y 30 % de humus incremento el pH y supero con diferencias estadísticas significativas al sustrato con 10 % de humus. El fósforo disponible fue mayor con la aplicación del 20 y 30 % de humus. Con la aplicación del 10 % de humus fue mayor la concentración de materia orgánica y potasio disponible. La altura, diámetro, volumen radicular, área foliar del café en vivero fue mayor en la interacción a2b2. La biomasa de plántones de café fue mayor con la iteración de la aplicación de 10 % de humus (sustrato) y 2 g/bolsa de FDA.

Palabras claves: Sustrato, materia orgánica, fósforo disponible, biomasa.

ABSTRACT

The study was carried out between October and March 2020, at the National Agrarian University of La Selva. The objectives were (1) to determine the effect of humus and diammonium phosphate (PDA) on the chemical properties of the soil. (2) Evaluate the effect of humus and PDA on growth, diameter, root volume, leaf area of coffee in the nursery. (3) Determine the effect of humus and PDA on coffee biomass production, with a completely randomized design (DCA), in four repetitions with a factorial arrangement (0, 10, 20, 30% humus) x (0, 2, 4, 6g/PDA bag). The seedlings (coffee) were pricked on the substrate and fertilized with PDA, the biomass was evaluated at 110 ddr. The results showed that the soil concentration in organic matter, N, and P was lower in a2b2, due to the absorption of coffee. The preparation of the substrate with 20 and 30% humus increased the pH and exceeded the substrate with 10% humus with significant statistical differences. The available phosphorus was higher with the application of 20 and 30% of humus. With the application of 10 % humus, the concentration of organic matter and available potassium was higher. The height, diameter, root volume, leaf area of the coffee in the nursery was greater in the a2b2 interaction. The biomass of coffee seedlings was higher with the iteration of the application of 10 % humus (substrate) and 2 g/bag of FDA.

Keywords: Substrate, organic matter, available phosphorus, biomass

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es uno de los cultivos de sustancial importancia económica para el Perú, viene a ser el primer producto de agro exportación (95% de la producción nacional) (INIA, 2011), en el Perú la actividad cafetalera constituye la principal fuente de ingreso económico de un gran número de familias que se ocupan de su manejo, procesamiento y comercialización, dando ocupación directa e indirectamente y este sector agrícola está generando divisas.

La producción de plántulas de café de alta calidad es afectada significativamente por una mala selección del sustrato, materia orgánica y nutrición fosforada utilizada en el vivero. El sustrato más utilizado para la producción de plántulas de café es la turba (materiales orgánicos), que en su mayoría son mal seleccionadas por desconocimiento y no aportan beneficios en cuanto a las características físicas, químicas y biológicas del suelo y que afectan negativamente el crecimiento de las plántulas del café en vivero, en efecto la inadecuada selección del sustrato y aplicación de dosis incorrectas de la fertilización fosforada con inclusión del fosfato diamónico constituyen un problema que afectan negativamente las propiedades químicas del suelo y crecimiento de los plántulas de café en etapa de vivero generando plantas de mala calidad en vivero que no alcanzarán altos rendimientos en campo definitivo afectando negativamente la economía de los caficultores en el Perú.

El éxito de una plantación cafetalera se inicia con una buena selección de semilla y con la producción de plántulas de calidad en el vivero, calidad que no depende únicamente de las características genéticas de la semilla sino también de las propiedades de los sustratos utilizados, dado que es en este medio que las plántulas desarrollarán sus primeros estadios de vida y garantizar un buen prendimiento y posterior desarrollo con excelente potencial productivo. La presencia de compuestos orgánicos solubles como los humatos y los ácidos húmicos, fulvicos y huminas del humus de lombriz más la adición oportuna y dosis adecuada de fuentes fosforadas al sustrato en etapa de vivero contribuirían favorablemente sobre el crecimiento y obtención de plántulas de café de calidad, además las sustancias húmicas mejorarían las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo permitiendo mejor absorción de los nutrientes y mayor crecimiento (altura de planta), diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar.

Por lo tanto ante esta interrogante se plantea la hipótesis: La adición del humus y fosfato diamónico al sustrato mejora las propiedades químicas del suelo y contribuye el crecimiento del café. Frente a este contexto se ha planteado los siguientes objetivos.

1.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas del suelo y crecimiento de plántones de café en vivero.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas ((N, P, K, MO y pH) del suelo
- Evaluar el efecto del humus y fosfato diamónico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántones de café en vivero.
- Determinar el efecto del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plántones de café.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. El cultivo de café

La planta de café (*Coffea arabica* L.) al parecer tiene como centro de origen a Abisinia (Actualmente es conocida como: Etiopía), ubicado por el Nororiente Africano. Este cultivo sobresale en el mundo por tener gran importancia comercial, son dos las principales especies; arábigos y robusta. Los cafés arábigos abarcan la producción mundial aproximadamente las tres cuartas partes cultivados principalmente en Centro América y Sur de América (León, 2000). El café se cultiva en las regiones tropicales por sus características climáticas que son favorables para una producción de cafés de buena calidad, estas regiones productoras de cafés también conocidos como países o regiones en desarrollo, actividad agrícola que contribuye significativamente la economía generando divisas y muestra grandes perspectivas para el desarrollo por su comercio internacional (MINAG, 2013).

El café arábico oficialmente es reconocido como nuestro producto bandera por ser importante para la economía, además para la ecología, con influencia social favorable, además es el principal producto de agroexportación, del Perú y de ello dependen la economía de alrededor de 200 mil familias incluyendo pequeñas y medianas familias dedicados a su producción (INIA, 2011). El cultivo de café tiene gran importancia para la economía nacional e internacional siendo considerado como el cultivo que contribuye económicamente más que otros cultivos. El café es considerado un arbusto que crece en las zonas (regiones) tropicales pertenece al género *Coffea*, y familia rubiáceas. Cuba (2010) reportó cuatro principales especies comercializadas, estos son; *Coffea arabica* (Café arábico), *Coffea canephora* (Café robusta), *Coffea liberica* (Café liberiano) y *Coffea excelsa* (Café excelso).

Fischersworing y Robkamp (2001), sostiene que un excelente desarrollo y producción de este cultivo (café), requiere microclima (ecotopos) fresco, con pisos altitudinales de 1200 a 2000 msnm, con gran influencia de la latitud (trópico o subtropico) con sombrío o a libre exposición con humedad y asociación, con requerimiento de suelos con buen drenaje, con buena profundidad, fértiles, con textura franca. Jaramillo (2005), en muchos estudios identifico una temperatura adecuada (óptima) para que crezca el café estaría entre 19 y 21°C, con un límite inferior de 13°C y uno superior de 32°C. Fuera de los valores límites el café afecta su crecimiento y productividad.

2.1.2. Café variedad “catimor”

La variedad catimor se origina por el cruzamiento de caturra rojo con el híbrido Timor, este cultivar (Catimor) fue caracterizado por su porte bajo, tiene un tallo de grosor intermedio, numerosas ramas laterales (plagiotropicas) y forma una copa muy vigorosa además compacta, y resalta su buena productividad que es muy alta mostrando un comportamiento de tolerancia favorable frente a la enfermedad de la roya, y ligera susceptibilidad a “*Hemileia vastratix*” (Figueroa, 1998).

2.1.3. Vivero y manejo

El vivero es un ambiente (instalación) que se destina para manejar y producir plántones vigorosos de café en cantidades requeridos para trasplantarlos en el campo definitivo (Chávez y Suárez, 1997). Antes de establecer nuestro vivero debemos escoger el terreno sin inclinación, con buen drenaje, libre de piedras y grava, debemos quitar todo resto que pueda hacer que la raíz crezca torcida, también debemos tener cerca una fuente de agua para el riego, también debemos considerar la protección contra animales, personas extrañas al manejo del vivero (Castañeda, 2004). Para realizar el vivero debemos escoger el terreno sin inclinación o con ligera pendiente y con fácil accesibilidad y cercanía (CENICAFE, 2010).

El tinglado es la estructura que cubrirá las plantas brindando protección del sol y lluvia. Se sugiere usar materiales de fácil disponibilidad en la zona, estos pueden ser listones, y vigas. Se recomienda soportes con medidas de 2.50 metros de longitud; 50 cm. se coloca bajo del suelo y 2 metros quedara en la superficie del suelo hasta el techo, entre los postes se considera 3 metros de distancia, y cubrimos el techo con paja, hojas de palmeras y otros, brindando hasta un 75 a 80 % de sombrero al inicio (Salvador et al., 2012); podemos usar opcionalmente materiales comerciales como los polisombra o mallas (raschel), estos deben estar templados y sujetos en cada poste, adicionalmente se utilizar alambre maleables y se utilizan principalmente la costura de cadeneta para que los postes queden bien tensionados y así evitando que se recoja (Palencia *et al.*, 2009). La etapa (fase) de vivero tiene una duración de siete meses aproximadamente, dos meses primeros meses es la etapa de germinador y cinco meses corresponde a la cama de almácigo (Castañeda, 2004).

En toda la fase de vivero debemos realizar el riego constante, durante la estación seca debemos tener mucha precaución y cuidando manteniendo un riego adecuado con frecuencias que pueden variar, incrementándose durante el día soleado el encharcamiento en

el vivero (Miguel *et al.*, 2011). El control de las malezas se debe realizar extrayéndolo de forma manual, así evitamos la competencia del café con las malezas por los nutrientes, agua y luz (Salvador *et al.*, 2012).

2.1.4. Materia orgánica

La materia orgánica o material orgánico es todo compuesto que contienen carbono (C) orgánico presente en el suelo, se incluyen a estos los organismos vivos, muertos, restos de insectos (animales) y vegetales en diversas etapas de descomposición, biomasa microbiana, las raicillas (raíz), el humus (Bayer y Mielniczuk, 1999). La MOS cumple un papel fundamental sobre las funciones del suelo, siendo así considerado como la más importante característica e indicador de su calidad, por presentar una fuerte interrelación con casi todas las propiedades físicas, químicas y, biológicas del suelo, así ejerce fuerte influencia en la capacidad productiva y característica nutricional de la planta (Acosta *et al.*, 2014).

La materia orgánica del suelo (MOS) es el componente esencial que está presente en el ecosistema del suelo, donde destacan: estructura, disminución de los contaminantes del agua, acción buffer, facilita la disponibilidad del agua y minerales (nutrientes) hacia las raíces mejorando la absorción y fomentando el desarrollo radicular (Conceição *et al.*, 2015). En las zonas del trópico, por su característica fertilidad química en su mayoría, con limitada reserva de nutriente, poca concentración de materia orgánica, rápida oxidación, mucha demanda de fósforo, con alta acidez (Ma, 2000). Son muchos los factores, entre estos el clima, la vegetación natural, físicas (textura), tipo y manejo del suelo, el tamaño, calidad de los restos vegetales son los principales elementos que controlan la MOS (Acosta *et al.*, 2014)

2.1.5. Humus

Las deyecciones de lombrices constituyen y presentan más nutrientes que los suelos en su condición natural. El aporte de la lombriz no incrementa el contenido total de nutrientes de los suelos, pero si mejora su asimilación y el reciclaje de los elementos. Se ha considerado que la fuente de nutriente básicamente afectada por las lombrices es el material orgánico que se compone también de fuentes vegetales muerto, en la superficie del suelo, y también raicillas y otros materiales orgánicos del suelo, también la micro fauna y microflora, en mayor profundidad (Syers y Springett, 1983).

El humus es un componente complejo orgánico homogéneo, amorfa, y oscuro de color, es el producto de la descomposición de distintas fuentes orgánicas y otros que fueron modificados incluso deyecciones de las lombrices, además el producto final de la descomposición del humus son compuestos de sales minerales, dióxido de carbono además componentes nitrogenados, también constituye una excelente fuente de nutriente y mejora las características físico y químicas de los suelos (Morales, 1996). El humus conocido así como fuente obtenido de la lombriz presenta concentraciones importantes de compuestos solubles orgánicos, donde destacan los humatos, y se considera más importante a los ácidos húmicos, y a los ácidos fúlvicos y húmicos, su uso en la agricultura estimula las acciones de mineralización de los compuestos vegetales del suelo (Somarriba y Guzman, 2004).

La fase de compostaje en condición natural hasta la generación del humus necesita un tiempo considerable (puede ser más de un año) tiempo poco aceptado para esperar, así la actividad de la lombricultura requiere un tiempo considerable para el compostaje donde se somete a la materia orgánica de 45 a 90 días. La calidad humus está relacionado directamente con la calidad y su selección, condición actual y tratamiento. La mala elección del material orgánico, producirá un alimento inadecuado aun cuando las lombrices puedan mejorarlo (Schuldt, 2004). La composición del humus es afectado por los efectos de algunos factores como el medio ambientales en la acción microbiana. La composición del humus es muy complejo y su relación C/N es constante, que fluctúa entre valores de 9 y 10 (Gross, 1986).

Las fuentes de origen orgánico y mineral se mezclan cuando están parcialmente desintegrados y estos pueden presentar sustancias entre cenizas, cal y otros compuestos húmicos, esta fuente se denomina comúnmente también como compost (Chilon y Chilon, 2014). El abono natural conocido como compost es un producto natural que resulta de la descomposición y transformación de diversos restos orgánicos de origen animal y vegetal, que fue descompuesto, y la calidad depende de las fuentes (pueden ser estiércoles y restos vegetales) su composición en promedio oscile entre 1,04% de N, 0,8% de P y 1,5% K (Guerrero, 1996). La actividad microbiana de los compost hace que sea asimilable para las plantas, y libera componentes como fósforo, calcio, potasio, magnesio (Medina y Quezada, 2004).

Los subproductos de la digestión de organismos o biosólidos tratados en general, producto estable que resulta del reciclaje de residuos orgánicos también son denominados compost. Se utiliza como acondicionador del suelo y fuente de nutrientes para las

plantas (Sanabria *et al.*, 2007). Brady y Weil (1999), citado por Velasco (2004) definieron al compostaje como un proceso de biooxidación de fuentes orgánicas en condiciones ambientales controlados como la temperatura, humedad y la ventilación, donde participan agentes microbianos, en distintos procesos. El proceso de compostaje, es el paso de una fuente orgánica inestable, hasta un producto estable (Adams *et al.*, 2007).

La calidad del material vegetal (fuente que dará el humus) es definido por sus componentes orgánicos y minerales (nutrientes). La calidad del material orgánico (compuesto de carbono) se define por la presencia del carbón soluble, la celulosa (hemicelulosa) y la lignina; así la calidad hace referencia a la energía presente (disponible) para los organismos que realizan la descomposición (Sánchez *et al.*, 2008). En la fase inicial de descomposición, también influyen las características del material, como son la aireación, la medida de los espacios porosos, y otros que controlan el flujo gaseoso, así puede, regular la tasa respiratoria en el suelo (Luo y Zhou, 2006).

2.1.6. Biomasa

La medición de cosecha es una medición de biomasa, entendiéndose por biomasa el peso seco (materia seca) de sustancias vivientes en un momento determinado (Mollaldo, 2002), la biomasa, incluye todo tipo de vegetación y organismos vivos de todos los ecosistemas (Espinoza *et al.*, 2012). Los niveles de materia orgánica mejoran la calidad del suelo en su estructura y mejoran la absorción de agua y nutrientes, regulan el mantenimiento de bases de cambio, además son fuente de suministro de nutrientes (nitrógeno, fósforo, magnesio y otros elementos nutritivos), en consecuencia se incrementa biomasa aérea de la planta (Reátegui, 2010). El trabajo de investigación realizado en el Centro Experimental de café del Pacífico de Nicaragua UNICAFE (Jardín Botánico), donde evaluaron diferentes porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo en la producción de biomasa (materia seca) de café variedad catimor, obtuvieron mayor materia seca con el sustrato que tenía 75 % de humus de lombriz (Sotelo y Téllez, 2007).

Se realizó un trabajo de investigación en el vivero productivo de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de Tingo María, con distintas fuentes y niveles de humus de lombriz. Los resultados mostraron que la materia seca de plántones de café a los 186 días después de la siembra con aplicación de humus de lombriz a dosis del 59 % fue estadísticamente superior que el resto de los tratamientos (Escalante, 2011).

Sin embargo, estos resultados pueden ser variables a causa de otros factores como la calidad del material orgánico utilizado (humus), o fuentes nitrogenadas y fosforados disponibles.

En Colombia en la Estación Experimental Santander del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), estudiaron (evaluaron) el efecto de interacción de 3 abonos orgánicos (gallina, pollo y lombríz) con dos materiales (fuentes) de fósforo (Fosfato diamónico “DAP” y Superfosfato triple “SFT”). El resultado de los efectos combinados de fósforo y lombrinaza producido a partir de la pulpa del cafeto fue que al incrementar los niveles de lombrinaza mezclado con el suelo y sin el fertilizante fosfórico, se reduce el peso seco de las planta, sin embargo, este efecto fue mitigado cuando se aplicó el DAP, demostrando que la mezcla del DAP con la lombrinaza podrían tener un efecto favorable e incrementaría la materia seca del cafeto (Avila *et al.*, 2010).

2.2. Estado del arte

El cultivo de *Coffea arabica* L. es de mucha importancia en la economía de nuestro País, es el primer producto agrícola de exportación (aproximadamente 95% de toda la producción nacional) (INIA, 2011), y contribuye favorablemente la economía de numerosas familias, el éxito de una plantación de café se inicia con la buena selección de semilla y producción de plántulas de calidad en la fase de vivero. La fase de vivero debe tener como propósito la producción de plántulas de café de alta calidad, donde una mala elección del sustrato, materia orgánica e inadecuada nutrición fosforada utilizada están afectando negativamente la producción de los plántulas, y en consecuencia a futuro bajos rendimientos del cultivo. El sustrato más utilizado para la producción de plántulas de café son materiales orgánicos descompuestos como el humus y compost, y generalmente son mal elegidos y no aportan beneficios en cuanto a las características físicas, químicas y biológicas del suelo y afectan negativamente el crecimiento de las plántulas.

Las deyecciones de lombrices pueden mejorar la dinámica de los nutrientes y mantener adecuado balance hídrico evitando pérdidas de nutrientes favoreciendo un ambiente radicular con buena actividad microbiana (Syers y Springett, 1983). El humus contiene sustancias húmicas, sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco, además es un excelente mejorador de las características físico-químicas del suelo (Morales, 1996). El humus también presenta concentraciones importantes de compuestos solubles orgánicos, como los ácidos húmicos, fúlvicos (Somarriva y Guzman, 2004). La composición del humus puede ser variable

y es afectada por los factores del ambiente, actividad de los microorganismos su composición es muy compleja (Gross, 1986).

El compost es una fuente orgánica (carácter natural) resultado de la transformación (descomposición) de una mezcla de diversas fuentes orgánicas, en variado estado de descomposición (Guerrero, 1996), la mezcla de las fuentes orgánicas de naturaleza animal y/o vegetal, fuerte o parcialmente triturado o desintegrada con posible presencia de sustancias minerales (Chilon y Chilon, 2014). El microorganismo presente sobre los compost hacen asimilables para las plantas a diversas fuentes como el fósforo, calcio, potasio, magnesio, además a micro elementos (Medina y Quezada, 2004), por lo tanto se puede utilizar como una fuente para acondicionar el suelo y como una fuente de nutrientes disponible para las plantas (Sanabria *et al.*, 2007), sin embargo la calidad del material vegetal (fuente que dará el humus) es definida por sus constituyentes y altos niveles de lignina podrían ser desfavorables para los organismos que realizan la descomposición (Sánchez *et al.*, 2008, Luo y Zhou, 2006).

Efecto del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas del suelo

La aplicación del fosfato diamónico DAP, y materia orgánica es una actividad común realizada por los agricultores y profesionales dedicados a la caficultura. Existen numerosas investigaciones sin publicar y publicadas que demuestran que el café responde favorablemente a los abonos orgánicos y fósforo en almácigo. La etapa de vivero (almácigo) transcurre desde el trasplante del fosforito (chapolas) a la bolsa hasta el momento del trasplante “siembra” en el campo definitivo, y tiene una duración aproximado de seis meses, dependiendo del tamaño de las bolsas utilizadas (CENICAFE, 2011). Durante la fase (etapa) de almácigo la planta acepta favorablemente a los abonos (Sadeghian y Gaona, 2005), la dosificación con DAP disminuye los efectos negativos de la pulpa o lombriz (Ávila, *et al.*, 2007).

La investigación realizada en Colombia evaluando los efectos del café a la fuente de fósforo (DAP) y otros abonos orgánicas durante la fase de vivero, demostró resultados de incremento de humedad con la aplicación de abonos, mejoró el pH del sustrato y la aplicación de fosfato diamónico en su máxima dosis se habría acidificado del suelo generada por este fertilizante (Avila *et al.*, 2010). Sin embargo, el café es una planta tolerante a los suelos con pH adecuado de 5 – 5.5 (CENICAFE, 2008), además el fosfato diamónico en mezcla con la materia orgánica (M.O) puede generar un efecto de amortiguamiento de la acidez por la capacidad tampón o buffers de la M.O evitándose la reducción del pH.

En Villa Rica el Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo DESCO, (2017), organización no gubernamental de desarrollo y sin fines de lucro, que brinda servicio a la promoción del desarrollo social y del fortalecimiento de las capacidades en el cultivo de café, recomienda y realiza dos aplicaciones de fosfato diamónico (2 g/bolsa), en la producción de vivero de café.

El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, es un mejorador de las propiedades (características) físicas, químicas, mejorando la retención de agua, incrementando, actividad de las fuentes nitrogenadas (nitritos) en los suelos, además mejoran la capacidad de almacenar y de liberan minerales (nutriente) que son absorbidos por las plantas (Fernández y Hernández, 2006).

Efecto del humus y fosfato diamonico en el crecimiento del café en vivero

La evaluación del crecimiento de plántones del café, en la fase (etapa) de vivero en Ecuador mostraron que los sustratos con bocashi 40 %, humus (lombriz) 25 % y fosfoestéircol 20 % tuvieron los mejores resultados (Alejo y Reyes, 2014). El trabajo de investigación realizado en el Centro Experimental de café del Pacífico de Nicaragua UNICAFE (Jardín Botánico), donde evaluaron diferentes porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo en la producción de plántulas de café variedad catimor obtuvieron mayor altura de plantas con el sustrato que tenía 25 y 50 % de compost (Sotelo y Téllez, 2007). La investigación realizada en el caserío de Nuevo Amazonas distrito de Yamón, provincia de Utcubamba, región de Amazonas, con la evaluación de niveles de 25, 50, 75 % de humus de lombriz; obtuvieron mayor altura de planta con la aplicación de 50 % de humus (Jara, 2017). El efecto de la lombrínaza sobre el crecimiento de almácigos de café en Colombia (Chinchiná-Caldas) con diferente concentración de materia orgánica mostraron que los suelos con la porción 25 % de lombrínaza incrementó la biomasa de las plantas entre 1,8 y 1,5 g, con respecto al suelo independiente del nivel de materia orgánica. Las porciones 50 y 75 % de lombrínaza, influyeron de forma negativa el normal crecimiento del café (Salamanca y Sadeghiakh, 2008).

En Chanchamayo estudiaron varias mezclas de guano de isla, gallinaza, pulpa de café, compost, materia orgánica de bosque, y evaluaron; altura, diámetro, peso fresco y peso seco. Las mejores mezclas (sustratos) estudiados sobre los parámetros (altura, diámetro, peso fresco y peso seco de planta), fueron los niveles con 40% gallinaza y 60% tierra de bosque primario (Julca *et al.*, 2000). El experimento con una duración de 05 meses realizado en la

provincia de Satipo, que consistió en la instalación de un vivero de café donde se evaluó distintos tipos de materiales (fuentes) orgánicos sobre el crecimiento (longitud) de plántulas de café. Los resultados de altura de planta fueron: con guano de isla 10.913 cm, seguido del compost con 9.577 cm y humus con 8.617 cm (Rojas, 2017).

La aplicación del nitrógeno al café en la etapa de vivero ha mostrado un efecto negativo sobre la producción de biomasa seca y altura de planta, el potasio no mostró efecto significativo, mientras que el fósforo DAP incrementó la altura y peso seco (materia seca) con dos aplicaciones (DAP) de 2 g (P_2O_5) en Colombia (Salazar, 1977).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Tingo María, en el vivero forestal de Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, la ubicación geográfica corresponde a las coordenadas UTM: 390448 metros E, 8970073 metros.

3.1.2. Ubicación política

El estudio se ubica en:

Distrito	: Rupa Rupa
Provincia	: Leoncio Prado
Departamento	: Huánuco.

3.1.3. Altitud

La Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva donde se realizó el experimento se encuentra a una altitud de 670 msnm.

3.1.4. Características climáticas

La zona donde se realizó el estudio presenta el clima basado al sistema Köppen-Geiger y está comprendido en la zona de vida bosque muy húmedo montano sub tropical (bmh-mst) (HOLDRIDGE, 1982). Según datos del SENAMI durante la ejecución del experimento los datos meteorológicos mostraron la variación de la temperatura de 21.10 a 31.02 °C, con un promedio de 25.9 °C, la humedad relativa media fluctuó de 81.93 a 85.87 % H, y la precipitación media fue de 12.92 mm por día, mientras que la precipitación anual media fluctua de 2000 hasta 5000 mm.

La provincia de Leoncio Prado se ubica en el gran complejo andino (Cordillera de los Andes), y comprende dos unidades morfoestructurales relevantes: por el oeste, se encuentra la Cordillera Oriental y por el este, la Cordillera o Faja Subandina. Durante la ejecución del experimento. Durante los meses de diciembre - marzo las precipitaciones

pluviales son torrenciales por lo que es conocido como época lluviosa, durante algunos meses del año, las lluvias disminuyen en una época más seca y calurosa (SERNANP 2012).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Para la preparación del sustrato en estudio se utilizó humus de lombriz producido por la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, fosfato diamónico (fertilizante), semilla fresca de café (Catimor rojo), bolsas de polietileno. Para la elaboración de los germinados se utilizó: marco de madera (2.0cm largo x 1.0mancho x 0.2m de altura), arena fina de río, malla tipo “Raschel” (40% de sombra), regadera. El registro de datos se realizó con vernier digital y regla graduada, balanza electrónica, balanza analítica precisión de 0.01 mg y estufa con capacidad de 150 °C.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Efecto del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas (N, P, K, MO, y pH) del suelo

La secuencia del proceso del estudio y método se resume en la Figura 1, La investigación fue realizada en condiciones de vivero, con semillas de *Coffea arabica* var. Catimor “rojo”, los detalles del germinador se describen el ítem 3.2.2.5. Fueron pesados 1.5 kilos de sustrato preparado en tratamientos, el sustrato contenía la mezcla del suelo más el humus de cada tratamiento que fueron pesados según en bolsas de polipropileno con medidas de 5” x 7” pulgadas (Tabla 2). Las bolsas con el sustrato fueron humedecidas hasta alcanzar la capacidad de campo, y fue colocado una planta de café en estado de fosforito por bolsa, cada repetición consistió en 4 bolsas.

El suelo agrícola se obtuvo del vivero forestal de Facultad de Recursos Naturales Renovables de la UNAS, el suelo y humus fue cernido en una zaranda para eliminar materiales grandes. Para preparar el sustrato (mezcla de suelo y humus) en cada tratamiento se pesó el suelo y humus (peso con humedad), es decir el peso fue registrado en una balanza sin restar la humedad. El porcentaje de humedad del suelo y humus fue determinado en el laboratorio secando la muestra durante 24 horas a 105° C.

La biomasa y concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO), pH (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de

plantones de café y suelo fueron determinados al finalizar el experimento a los 110 días después del repique (ddr)

El efecto del humus y el fosfato diamonico en las propiedades químicas (N, P, K, MO, y pH) del suelo se determinó analizando cada una de las variables edafológicas químicas (N, P, K, MO, y pH) del suelo al finalizar el experimento a los 110 ddr. Los datos fueron analizados empleando el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 4A x 4B. Cuando el Anva mostró interacción entre los efectos principales (A, B) se realizó el análisis de varianza de efectos simples (interacción, A*B). Para las comparaciones entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de medias Duncan, con un nivel de significación ($\alpha=0.05$) (Tabla 3).

Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo considerados fueron el N, P, K, MO, y pH y se analizaron en el Laboratorio de la UNAS. Las muestras de suelos identificación por tratamiento y repetición fueron secado molido, tamizado y pesado para su análisis. La metodología de análisis químico fueron los de rutina del Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva UNAS (Tabla 1). La materia orgánica se determinará con el método de Walkley y Black (1934), el pH (potenciómetro en relación suelo agua 1:1), fosforo disponible y potasio disponible se determinará con los protocolos de Bazan (1996), estos análisis se realizaron al finalizar el experimento.

Tabla 1. Métodos analíticos para el análisis de suelos

Parámetro	Método empleado
pH (1:1)	Potenciómetro, relación suelo agua 1:1
Carbono Orgánico (%)	Walkley y Black
Materia orgánica (%)	% Carbono orgánico x 1,724
Nitrógeno (%)	% M.O x 0,045
Fósforo disponible (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible	Espectrofotometría UV visible Acetato de Amonio 1N pH: 7,0 Cuantificación con Espectrofotometría de Absorción Atómica de Flama.

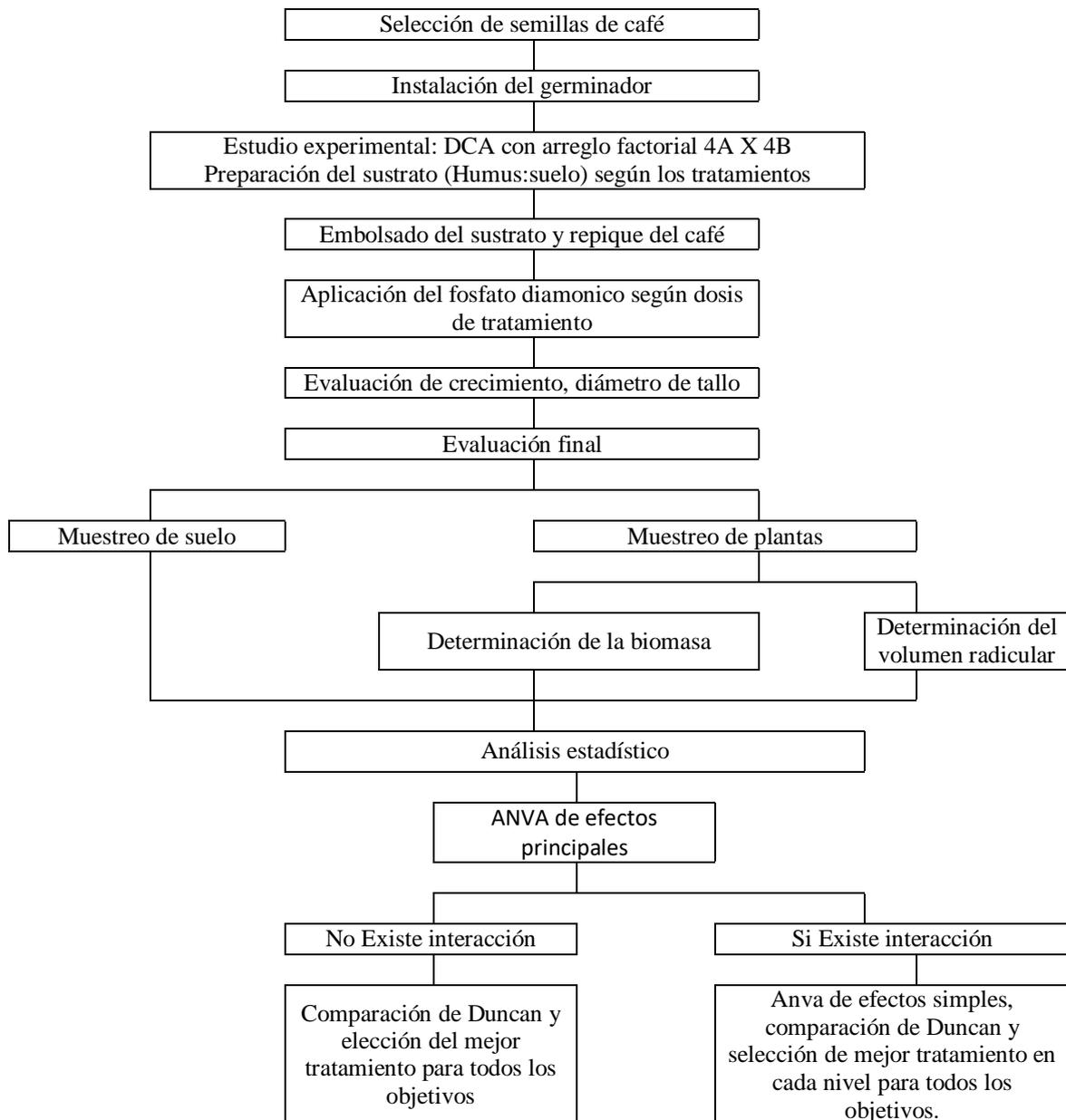


Figura 1. Flujograma del método de estudio.

3.2.2.2. Efecto del humus y fosfato diamónico en el crecimiento, diámetro, volumen radicular, área foliar de plántones de café en vivero.

El efecto de los niveles de humus y fosfato diamónico como mejor tratamiento en el crecimiento (altura de planta) diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar de plántones de café en vivero, se determinó con el diseño completamente al azar (DCA) y para las comparaciones entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan, con un nivel de significación ($\alpha=0.05$) (Tabla 3). El Anva se determinó

según el diseño experimental, cuando el Anva mostró interacción entre los efectos principales (A, B) se realizó el análisis de varianza de efectos simples (interacción, A*B) y posteriormente la comparación de Duncan de los efectos simples (interacción).

Aplicación del fosfato diamónico

La primera aplicación del fosfato diamónico se realizará a los 20 días después del repique, la segunda aplicación se realizará a los 35 días después del repique, y la tercera aplicación se realizará a los 50 días después del repique.

Altura de planta

La altura de planta (crecimiento vegetativo) se determinó adaptando la metodología de Rojas (2017), Escalante (2011), se evaluaron el crecimiento en (cm) de la planta, midiendo desde la base del tallo de la planta hasta la yema terminal, ésta evaluación se realizó con una frecuencia de 20 días tomando como primera evaluación el día 30 luego de la siembra (repique) de las plántulas (fosforito-premariposa) en la bolsa en fase o etapa de vivero.

Diámetro de tallo

El diámetro del tallo se determinó con un vernier digital ubicando en la marca del cotiledón para no variar el lugar de medición. En las evaluaciones posteriores, las mediciones se realizaron cada 15 días, iniciándose el día 20 después del repique hasta la salida de 5 pares de hojas (Rivas, 2013). Para las inferencias estadísticas (Anva y Duncan) se utilizaron el diámetro al finalizar el experimento. La evaluación inicial y frecuencia fue tomado y adaptado de Rivas (2013), las mediciones se realizaron cada 20 días, iniciándose el día 30 después del repique. Para las inferencias estadísticas (Anva y Duncan) se utilizaron el diámetro al finalizar el experimento.

Volumen radicular

La metodología consistió en sumergir la plántula hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada con agua destilada permitiéndonos determinar el volumen por diferencia del volumen final menos el volumen inicial (Rivas, 2013). El volumen radicular se determinó al finalizar el experimento.

Área foliar

Para evaluar esta característica y discutir las inferencias estadísticas (Anva y Duncan) se determinó el área foliar solo al finalizar el experimento a los 110 días después del

Repique ddr). empleándose el método del peso y silueta (Escalante, 2011) consistiendo de la siguiente manera: (1) Se dibujó las siluetas de todas las hojas de una planta en un papel. (2) Luego, se cortó cuidadosamente, para posteriormente ser pesadas todas juntas. (3) Se cortó 100 cm² del mismo papel y se pesó. Mediante este valor y utilizando el método de la regla de tres simples se determinó el área foliar de las plantas de cada tratamiento en estudio. (4) La determinación de esta característica se realizó al finalizar el experimento.

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = (\text{PSH} \times 100) / \text{PMP}$$

Donde:

PSH : Peso de las siluetas de las hojas (gramos).

100 : Área de las muestras de papel (10 cm x 10 cm).

PMP : Peso de la muestra de papel de 100 cm² (gramos).

3.2.2.3. Efecto del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plantones de café.

La producción de biomasa se determinó al finalizar el experimento a los 110 días ddr. La biomasa es el peso total de la planta que incluye la raíz y parte aérea, y se expresa en peso seco y peso fresco. La biomasa expresada en peso fresco se determina tomando el peso fresco (no secar en estufa) total de la planta (parte aérea y raíces), en cambio la biomasa expresada en peso seco incluye la parte aérea y raíces de las muestras que fueron secadas en la estufa a 65°C hasta alcanzar peso constante que generalmente se obtiene durante 48 horas (tiempo aproximado para mantener constante el peso) (Rivas, 2013). Los análisis estadísticos se realizaron con la biomasa en base al peso seco (Mollaldo, 2002).

La evaluación de la biomasa se realizó al finalizar la etapa de vivero, y este tuvo lugar en el periodo anterior a los seis meses, basado a la recomendación de DESCO (2012) que indicaron la culminación de la etapa de vivero en un periodo de cuatro a seis meses o cuando las plantas tengan de cuatro a seis pares de hojas.

3.2.2.4. Variables de investigación

Variables dependientes:

Las variables dependientes son:

- Nitrógeno, fosforo, Potasio, materia orgánica y pH del suelo.
- Crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plantones de café en vivero

- Biomasa de plántones de café.

Variables independientes

Las variables independientes son:

- Niveles de 0, 10, 20, 30 % de humus
- de niveles de 0, 2, 4 y 6 gramos de fosfato diamónico aplicado a las plantas de café.

Las disposiciones de las variables de investigación se distribuyen en la Tabla 2, el estudio se realizó con la aplicación de cuatro dosis de fosfato diamónico (factor A) y humus o excreta de lombriz “lombrinasa” (factor B). La Tabla 3 muestra los pesos del fosfato diamónico y humus de lombriz empleados para cada tratamiento. Para preparar el sustrato (mezcla de suelo y humus) en cada tratamiento se pesó el suelo y humus húmedos, estos pesos fueron determinados descontando su humedad que fue determinado en el laboratorio secando el suelo durante 24 horas a 105° C.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Trat	Tratamiento			Peso empleado para cada tratamiento			Peso total del sustrato húmedo (g)	
	Clave	Humus : Suelo		FDA	Humus (50% H): (g)	Suelo (30 %H) (g)		FDA (g)
		(%)	(%)					
T1 (testigo)	a1b1	0	0	0	0	1500	0	1500
T2	a1b2	0	0	2	0	1500	2	1500
T3	a1b3	0	0	4	0	1500	4	1500
T4	a1b4	0	0	6	0	1500	6	1500
T5	a2b1	10	90	0	150	1350	0	1500
T6	a2b2	10	90	2	150	1350	2	1500
T7	a2b3	10	90	4	150	1350	4	1500
T8	a2b4	10	90	6	150	1350	6	1500
T9	a3b1	20	80	0	300	1200	0	1500
T10	a3b2	20	80	2	300	1200	2	1500
T11	a3b3	20	80	4	300	1200	4	1500
T12	a3b4	20	80	6	300	1200	6	1500
T13	a4b1	30	70	0	450	1050	0	1500
T14	a4b2	30	70	2	450	1050	2	1500
T15	a4b3	30	70	4	450	1050	4	1500
T16	a4b4	30	70	6	450	1050	6	1500

Humedad del suelo: 30.0 %

Humedad del humus: 50 %

3.2.2.5. Análisis estadístico

La investigación corresponde al nivel experimental, conducido con el diseño completamente al azar (DCA), en cuatro repeticiones con arreglo factorial, 4A X 4B. Para las comparaciones entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de medias Duncan, con nivel de significación ($\alpha = 0.05$) desarrollado en el esquema del ANVA (Tabla 3).

Factor A : Niveles (%) de humus (gramos de Humus/gramo de suelo)

a1	: 0	(0 gramos de humus /100 g. de suelo)
a2	: 10	(10 gramos de humus /100 g. de suelo)
a3	: 20	(20 gramos de humus /100 g. de suelo)
a4	: 30	(30 gramos de humus /100 g. de suelo)

Factor B : Fosfato diamonico, gramos por planta (g/pl)

b1	: 0	
b2	: 2,0	(1 ^{era} : 0.5, 2 ^{da} :0.5; 3 ^{era} :1.0)
b3	: 4,0	(1 ^{era} : 0.5, 2 ^{da} :1.5, 3 ^{era} : 2:0)
b4	: 6,0	(1 ^{era} : 0.5, 2 ^{da} :1.5; 3 ^{era} :4.0)

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu_i + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Respuesta del i-eximo tratamiento en el j-eximo repetición.

μ = Efecto de la media general.

t_i = Efecto del i-eximo nivel de humus de lombriz

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental del i-eximo tratamiento en la j-eximo repetición.

Para:

$i = 1, 2, 3$ humus de lombriz

$j = 1, 2, 3$ repeticiones

Tabla 3. Esquema del análisis de variancia (ANVA).

F. Var	Gl	SC	CM	FC	F tab
Trat	T-1	<i>SCT</i>	CM Trat	CM_{Trat}/CM_{error}	$F(g_{l_{trat}}, g_{l_{ee}})$
A	a-1	SCA	CMA	CMA/CM_{error}	
B	b-1	SCB	CMB	CMB/CM_{error}	
AB	(a-1) (b-1)	SCAB	CMAB	$CMAB/CM_{error}$	
error	(r-1) (ab-1)	SCe	CMe		
Total	abr-1				

3.2.2.6. Disposición experimental

La disposición del campo experimental puede observarse en la Figura 1, cada unidad experimental se compone de cuatro plantas de café, cada planta en una bolsa, separados todos a distancias iguales, distribuidos en una superficie de 23.04 metros cuadrados,

Dimensiones del vivero experimental

□ Largo	9,6 m
□ Ancho	2,4 m
□ Número de camas	4
□ Área total	23,04 m ²

Bolsas

□ Número de bolsas por unidad experimental (u. e.)	4
□ Número total de bolsas por tratamiento	16
□ Número de bolsas evaluados por (u. e.)	4
□ Número de total de bolsas del experimento	256

	2,4 m								
	0,3 m		0,3 m		0,3 m		0,3 m		
	R1		R2		R3		R4		
T1	x	x	x	x	x	x	x	x	0,3 m
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T2	x	x	x	x	x	x	x	x	0,3 m
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T3	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T4	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T5	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T6	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T7	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T8	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T9	x	x	x	x	x	x	x	x	9.6 m
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T10	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T11	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T12	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T13	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T14	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T15	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
T16	x	x	x	x	x	x	x	x	
	x	x	x	x	x	x	x	x	

Figura 2. Croquis del campo experimental.

3.2.2.7. Germinador (almacigo) de las semillas de café

En este experimento se utilizó semillas de *Coffea arabica* var. Catimor “rojo”, procedente de plantas seleccionadas de la finca Osco Medina del distrito de Pichanaqui, provincia de Chacchamayo departamento de Junin. De cada planta se tomaron los frutos maduros ubicados en los dos tercios interiores de las ramas del tercio medio de la planta y se despulparon a mano para no dañar la semilla, en seguido se quitó el mucilago del café usando ceniza y se lavó con abundante agua fría y se colocó a secar bajo sombra. La superficie para la germinación fue de dos metros de largo, por un metro de ancho con 25 cm de alto conteniendo como sustrato arenilla fina de río, que se lavó con agua limpia antes de utilizarse en el germinador.

El germinador se realizó basado en la propuesta de Fischersworrning y Robkamp (2001) el proceso de germinación del café tiene una duración de 45 a 55 días aproximadamente para ser trasplantados a las bolsas, en el vivero. Las semillas de café fueron esparcidos al voleo (1 Kg/ m²), sobres la arenilla en el germinador (siembra). La cama germinadora tenía un metro de largo, y un metro de ancho y 25 cm de alto, como sustrato se usó arena fina de río, lavada. La semilla sobre el germinador se cubrió con una delgada capa de arenilla y luego se regó con agua limpia hasta humedecer ha capacidad de campo y finalmente se cubre con costal yute y se monitorea diariamente para evitar que se pierda agua, aplicándose agua en caso sea necesario, esta fase tiene una duración de 45 a 55 días aproximadamente.

3.2.2.8. Construcción del tinglado (vivero)

La construcción del vivero y/o acondicionamiento del mismo se fue de acuerdo a la recomendación de Fischersworrning y Robkamp (2001), CENICAFE (2008) que consiste en elegir un terreno plano o lo menos pendiente posible, cercano al lugar cerca de una fuente de agua.

Para el tinglado se colocó 4 postes de madera de 2.5 m de alto. Luego se cruzaron las vigas (travesaños) y el techo fue cubierto con hojas de palmera y/o malla rashel. El lugar fue de fácil acceso y cerca de una fuente de agua limpia para los riegos. La orientación del vivero fue de este a oeste en terreno plano sin embargo como máximo puede tener hasta 2 % de pendiente. Para cerrar el vivero se colocó malla Rashel color negro, las dimensiones aproximadas fueron de 4 m de ancho por 6 m de largo.

3.2.2.9. Preparación de sustrato y embolsado

Para preparar el sustrato se utilizó tierra agrícola más humus según las dosis de los tratamientos (Tabla 3), Las bolsas se llenaron con el sustrato conteniendo una proporción de 10, 20, 30 % de humus completado con tierra agrícola. El tratamiento testigo no contiene humus, solo contiene suelo. Todas las bolsas con el sustrato fueron colocadas sobre el suelo en el tinglado. Las medidas de las bolsas fueron de 5" x 7" x 1, con ocho perforaciones que incluyen 4 en la base para eliminar el exceso de agua y con fuelle (base plana de la bolsa) que permitirá un mejor asentamiento. Las bolsas fueron pesadas con 1.5 kilos de sustrato aproximadamente. La preparación del sustrato se realizará 30 días antes del repique del café. El suelo inicialmente fue analizado, los resultados fueron: 5.1 % de materia orgánica (M.O), pH 6, fósforo (P) 7.1 ppm, potasio (K) 226 ppm.

3.2.2.10. Repique de las plántulas de café a las bolsas

El repique se realizó siguiendo la metodología propuesta por DESCO (2012). Después de 45 o 55 días aproximado en el germinador las semillas iniciaron la germinación y cuando estas plántulas entraron en fase de "Palito de fósforo" tornándose el tallo de color verde fueron trasladadas (repique) entre los días 45 y 55 a las bolsas. Esta labor se realizó a las 6 pm en un mismo día para uniformizar los efectos, y evitar el estrés por la temperatura.

3.2.2.11. Cuidados durante la fase de evaluación

El riego se realizó procurando siempre mantener el sustrato en capacidad de campo. Para esto se utilizó una regadera que no asperjara gotas muy grandes, ya que estas pueden dañar las plantas. El agua utilizarse fue del bosque del brunas de la UNAS.

El control de maleza se realizó manualmente y en forma continua, generalmente no se presentaron problemas significativos de invasión de malezas en el vivero.

Durante el desarrollo del ensayo se realizaron cuidados de plagas y enfermedades de importancia, como la mancha de hierro (oxicloruro de cobre), ojo de pollo (tebuconazole), chupadera (mancozeb). Como medida preventiva se realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos para proteger las plantas de un ataque de las plagas comunes en viveros de café.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Efecto del humus y fosfato diamonico en las propiedades químicas (pH, MO, N, P, K) del suelo

La concentración de materia orgánica (%), nitrógeno (%) y pH en cada repetición de los tratamientos; cuatro niveles de humus (0, 10, 20, 30 %) (4A) con cuatro niveles de fosfato diamonico (0, 2, 4, 6 g/pla) (4B) se presenta adjunto en el anexo (Tabla 26).

La aplicación del humus en sus distintos niveles (0, 10, 20, 30 %) en la preparación del sustrato (Factor A) y posterior aplicación del FDA en cuatro niveles (0, 2, 4, 6 g/pl) (factor B) presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (**) en los efectos simples (A, B) e interacción (A*B), en el pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible y potasio disponible (Tabla 4, 5, 6, 7, 8) es decir al menos una dosis (nivel) de humus y/o fosfato diamonico aplicado al suelo con plántones de café en condiciones de vivero ha producido un efecto diferente en la concentración, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible, potasio disponible y pH en el suelo y/o sustrato que contiene los plántones de café.

Los estudios del efecto del humus y abonos orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo son escasos en la UNAS, esto puede deberse al elevado costo de los análisis del suelo que requiere estas evaluaciones. Rivas (2013) con la aplicación de 350 gramos de “Linfasoil” (abono fertilizante-enmienda) en sustrato para café en vivero, determinaron mayor valor (promedio) de pH, fósforo y potasio, sin embargo no presentaron resultados estadísticos de estas variables.

pH del suelo

Según la prueba de F del análisis de varianza del pH del suelo a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamonico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 4). Se evaluó el efecto principal en el factor A (Tabla 9) y factor B (Tabla 10) con la comparación de Duncan al 5 % de probabilidad para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples adjunto en

anexo (Tabla 28) y comparación de Duncan de efectos simples del pH con 5 % de probabilidad (Tabla 11).

Tabla 4. Análisis de varianza de pH del suelo a los 110 días después del repique.

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig.
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	18,63	1,24	20,23	1,99	1,992	
Factorial	15	18,63	1,24	20,23	1,99	1,992	
A (Niv. de humus)	3	6,53	2,18	35,44	2,90	2,901	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	8,35	2,78	45,31	2,90	2,901	**
AxB	9	3,76	0,42	6,80	2,19	2,189	**
Error Ex.	32	1,96	0,06				.
TOTAL	47	20,60					

CV. 5.01

Materia orgánica

Según la prueba de F del análisis de varianza de la materia orgánica del suelo a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamónico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 5).

Se evaluó el efecto principal en el factor A (Tabla 9) y factor B (Tabla 10) con la comparación de Duncan de la concentración de la materia orgánica al 5 % de probabilidad a los 110 días después del repique, para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples (Tabla 28) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de efectos simples de la concentración de la materia orgánica materia orgánica a los 110 días después del repique con 5 % de probabilidad (Tabla 11).

Tabla 5. Análisis de varianza de la materia orgánica (M.O) del suelo a los 110 días después del repique.

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	1,89	0,13	14,89	1,99	1,992	
Factorial	15	1,89	0,13	14,89	1,99	1,992	
A (Niv. de humus)	3	0,08	0,03	3,29	2,90	2,901	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	0,29	0,10	11,44	2,90	2,901	**
AxB	9	1,52	0,17	19,91	2,19	2,189	**
Error Ex.	32	0,27	0,01				.
TOTAL	47	2,16					

CV. 1.69

Nitrógeno

Según la prueba de F del análisis de varianza de nitrógeno del suelo a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamonico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 6),

Se evaluó el efecto principal en el factor A (Tabla 9) y factor B (Tabla 10) con la comparación de Duncan de la concentración del nitrógeno en el suelo a los 110 días después del repique al 5 % de probabilidad para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples (Tabla 28) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de efectos simples de la concentración de la materia orgánica a los 110 días después del repique con 5 % de probabilidad (Tabla 11).

Tabla 6. Análisis de varianza del nitrógeno del suelo a los 110 días después del repique

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig.
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	0,00473	0,00032	14,89	1,99	1,992	
Factorial	15	0,00473	0,00032	14,89	1,99	1,992	
A (Niv. de humus)	3	0,00021	0,00007	3,29	2,90	2,901	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	0,00073	0,00024	11,44	2,90	2,901	**
AxB	9	0,00379	0,00042	19,91	2,19	2,189	**
Error Ex.	32	0,00068	0,00002				.
TOTAL	47	0,01					

CV. 7.6

Fosforo

Según la prueba de F del análisis de varianza del fosforo disponible del suelo a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamonico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 7),

Se evaluó el efecto principal en el factor A (Tabla 9) y factor B (Tabla 10) con la comparación de Duncan de la concentración del fosforo disponible del suelo a los 110 días después del repique al 5 % de probabilidad para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples (Tabla 28) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de efectos simples de la concentración de fosforo disponible a los 110 días después del repique con 5 % de probabilidad (Tabla 11).

Tabla 7. Análisis de varianza del fosforo del suelo a los 110 días después del repique.

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig.
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	237,93	15,86	11,58	1,99	1,992	
Factorial	15	237,93	15,86	11,58	1,99	1,992	
A (Niv. de humus)	3	156,16	52,05	38,01	2,90	2,901	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	28,55	9,52	6,95	2,90	2,901	**
AxB	9	53,22	5,91	4,32	2,19	2,189	**
Error Ex.	32	43,82	1,37				.
TOTAL	47	281,74					

CV. 7.69

Potasio disponible

Según la prueba de F del análisis de varianza del potasio disponible del suelo a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamonico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 8).

Se evaluó el efecto principal en el factor A (Tabla 9) y factor B (Tabla 10) con la comparación de Duncan de la concentración del potasio disponible del suelo a los 110 días después del repique al 5 % de probabilidad para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos

permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples (Tabla 28) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de efectos simples de la concentración de potasio disponible a los 110 días después del repique con 5 % de probabilidad (Tabla 11).

Tabla 8. Análisis de varianza del potasio disponible (K) del suelo a los 110 días después del repique

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig.
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	67431,88	4495,46	28,81	1,99	1,992	
Factorial	15	67431,88	4495,46	28,81	1,99	1,992	
A (Niv. de humus)	3	4698,0	1566,30	10,04	2,90	2,901	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	45616,48	15205,49	97,44	2,90	2,901	**
AxB	9	17116,50	1901,83	12,19	2,19	2,189	**
Error Ex.	32	4993,50	156,05				.
TOTAL	47	72425,38					

CV. 5.35

4.1.1. Efecto principal del humus y fosfato diamonico en las propiedades químicas (pH, M.O, N, P, K) del suelo.

La Tabla 9 presenta la comparación de Duncan del pH, M.O, N, P y K del suelo (bolsas de vivero) por efecto de los niveles de humus aplicado (A) a los 110 días después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plantones de café.

Ph del suelo

El pH del suelo se incrementó con los niveles de humus aplicado, además con la aplicación de 20 y 30 % de humus el pH fue estadísticamente ($p < 0.05$) superior (Tabla 9), este resultado sugiere que la aplicación creciente de los niveles de humus habría incrementado los niveles del PH del medio favorablemente, contrario al efecto de los fertilizantes sintéticos que reducen el pH acidificando el suelo, Liebig *et al.* (2002) determinó que la aplicación de fertilizantes contribuye a la disminución del pH del suelo.

Rivas (2013) reportó un incremento ligero del pH con del sustrato del suelo al incrementar la dosis de abono compuesto, de forma general la materia orgánica controla las propiedades físicas, química y biológicas del suelo, Basta *et al.* (2005) reportó que el pH del suelo es una de las propiedades químicas más importantes del suelo. Según Fassbender (1987)

el abono orgánico incrementa el poder tampón (amortiguador) o estabilizador del suelo, minimizando las oscilaciones de pH en el suelo).

Materia orgánica y nitrógeno

La materia orgánica (%) del suelo por efecto de los niveles de humus aplicado (factor A) presentó diferencias estadísticas. Al incrementarse los niveles de humus aplicado se observa que la materia orgánica del sustrato se reduce ligeramente igual que el nitrógeno, además con la aplicación de 10 y 20 % de humus fue estadísticamente mayor la concentración de materia orgánica y nitrógeno (Tabla 9), este resultado podría explicarse por la composición del humus aplicado, es decir se trata de un material humificado pobre en compuestos de carbono y rico en compuestos nitrogenados principalmente con ácidos fulvicos (AF) menos estables que las huminas

Los ácidos fulvicos están compuestos fundamentalmente por ácidos carboxílicos y fenólicos atribuyéndole propiedades de mayor reactividad, mejor solubilidad, y alta movilidad debido a su reducido peso molecular también tienen menor agregación y estabilidad (Stevenson, 1994), el AF presenta mayor grupo carboxílicos (-COOH) e hidroxilos (-COH), produciendo compuestos con mayor reactividad con doble CIC (con capacidad de intercambio aniónico y catiónico) que el AH y Humina (Ron, 2004). El humus fue clasificado generalmente como sustancias húmicas (SHs) y no húmicas (Bendeck, 2003), Las SHs son los ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y humina (HUM) con distintas propiedades físicas y químicas., demás es importante fuente de reserva orgánica (Santos, 2005)

La aplicación de 0, 10, 20 y 30 % de humus de lombriz generó diferencias estadísticas en la concentración de nitrógeno en el sustrato con plantones de café a los 110 días después del repique.

Al incrementarse los niveles de humus aplicado se observa numéricamente un ligero incremento del nitrógeno en el sustrato, por lo tanto, la aplicación del humus de lombriz podría contribuir a una mayor presencia de fósforo disponible en el sustrato (Tabla 9).

Fosforo (ppm) y potasio (ppm) disponible del suelo

La concentración de fosforo disponible (ppm) del suelo por efecto de los niveles de humus aplicado (factor A) fueron estadísticamente ($p < 0.05$) superior con la aplicación de 20 y 30 % de humus aplicado (Tabla 9), es decir que la aplicación de las dosis mayores de humus ha producido mayor presencia de fosforo disponible en el suelo a 110 días después de su aplicación, es decir al incrementarse los niveles de humus aplicado se observa el incremento del fosforo disponible en el sustrato. La aplicación de 20 % de humus presento estadísticamente mayor concentración de fosforo disponible en el sustrato, por lo tanto la aplicación del humus de lombriz podría contribuir a una mayor presencia de fosforo disponible en el sustrato (Tabla 9), el incremento del fosforo disponible con el incremento de los niveles de humus se explicaría por la calidad del humus utilizado, es decir el humus presenta cargas variables positivos y negativos estos habría retenido las formas de fosforo (carga negativa).

Rodríguez (2009) informó que el ácido fúlvico (AF) del humus es más reactivo y tiene más grupos carboxílicos (-COOH) e hidroxilos (-COH), generando un compuesto químicamente más reactivo, con alta CIC. Las sustancias humificadas como los ácidos fulvicos y huminas presentan cargas con capacidad de retener moléculas conocidos como ligandos naturales (Hayes y Clapp, 2001).

La concentración del potasio disponible (ppm) del suelo por efecto de los niveles de humus aplicado (factor A) fue estadísticamente ($p < 0.05$) superior con la aplicación de 10 % de humus aplicado (Tabla 9). Es decir la aplicación de 10 % de humus de lombriz genero estadísticamente mayor presencia de potasio disponible en el sustrato con plantones de café a los 110 días después del repique, también se observa que al incrementarse los niveles de humus se reduciría la concentración del potasio y podría explicarse porque el humus a dosis altas en la rizosfera “zona radicular” (zona biológicamente activa) del café se habría solubilizado y absorbido por la planta de café. Yang *et al.*, (2010) indica que la rizosfera rico en materiales orgánicos controlan la movilidad de los nutrientes, Krishnamurti y Naidu (2002) determinaron que el ácido fúlvico tiene mayor fitodisponibilidad (mejora la absorción por la planta).

Tabla 9. Duncan del pH, M.O, N, P y K del suelo por efecto de los niveles de humus aplicado (A).

(A) Niveles de humus (H)	n	pH		M.O (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
		Prom	Sig.	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig
H (30%) "a4"	12	5,26	a	5,74	b	0,288	b	16,56	a	220,8	c
H (20%) "a3"	12	5,19	a b	5,78	ab	0,291	ab	17,41	a	229,3	b c
H (10%) "a2"	12	5,01	b	5,85	a	0,293	a	13,78	b	248,1	a
H (0) "a1"	12	4,33	c	5,81	ab	0,291	ab	13,14	b	234,7	b

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$)
n (número de observaciones), Sig. (significancia), prom. (promedio), H (humus).

La Tabla 10 presenta la comparación de Duncan del efecto principal del factor A sobre pH, M.O, N, P y K del suelo (bolsas de vivero) por efecto de los niveles del fosfato diamónico (FDA) aplicado (factor B) a los 110 días después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plantones de café. El pH del suelo se reduce incrementándose la acidez con el incremento de los niveles de fosfato diamónico (FDA) aplicado, además con la aplicación del nivel más alto de FDA (6 gramos por planta) el pH fue estadísticamente ($p < 0.05$) menor, es decir el Ph del suelo fue más ácido con la aplicación de la mayor dosis (b4) de FDA (Tabla 10). Este resultado sugiere que la aplicación creciente de los niveles de FDA contribuiría a una mayor acidez del suelo.

La materia orgánica (%) del suelo por efecto de los niveles del fosfato diamónico (FDA) aplicado (factor B) no presentó diferencias estadísticas ($p < 0.05$), es decir que la aplicación del FDA no afectó los niveles de materia orgánica del suelo (Tabla 10).

La concentración del nitrógeno del suelo (%) y el fósforo disponible (ppm) del suelo por efecto de los niveles del fosfato diamónico (FDA) aplicado (factor B) fueron estadísticamente ($p < 0.05$) superior con la aplicación de b3 (4 g/pla) y b4 (6 g/pla) de FDA aplicado (Tabla 10), es decir que al incrementarse la dosis del FDA habría producido mayor presencia del nitrógeno y fósforo disponible en el suelo a 110 días después de su aplicación. El potasio disponible (K) fue estadísticamente superior (283.7) con el tratamiento que no incluyó el FDA (b1), con la aplicación de la dosis mayor b4 (seis gramos por planta) del fosfato diamónico (FDA) la concentración del potasio disponible (208.8 ppm) fue estadísticamente ($p < 0.05$) menor

Tabla 10. Duncan del pH, M.O, N, P y K del sustrato por efecto de los niveles del FDA aplicado (B).

(B) Niveles de FDA	n	pH		M.O (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
		Prom	Sig.	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig
FDA (0) "b1"	12	5,61	a	5,74	a	0,28	a	14,11	c	283,7	a
FDA (2) "b2"	12	4,98	b	5,74	a	0,29	a	14,93	bc	232,8	b
FDA (4) "b3"	12	4,66	c	5,78	a	0,29	a	16,11	a	207,6	c
FDA (6) "b4"	12	4,54	c	5,93	a	0,30	a	15,74	ab	208,8	c

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas (P<0,05)
n (número de observaciones) * (significancia), prom, (promedio), FDA (fosfato diamónico),

4.1.2. Efecto de interacción (simple) del humus y fosfato diamónico en las propiedades químicas (Ph, M.O, N, P, K) del suelo

La Tabla 28 adjunto en anexo presenta la prueba de F del análisis de varianza de efectos simples (efectos de interacción) resumido del pH, M.O, N, P, K del suelo por efecto de los niveles del FDA (factor A), y niveles de humus (factor B). El ANVA de efectos simples del pH, M.O “materia orgánica” (%) y nitrógeno (%) mostró diferencias estadísticas altamente significativas (**) en todos los niveles con excepción de A en b4, B en a3, y B en a3 respectivamente. Las diferencias estadísticas del fósforo disponible y potasio disponible fue variable (Tabla 28), sin embargo, se realizó la prueba de comparación de Duncan de efectos simples del pH, M.O, N, P, K del suelo (Tabla 11) en todos sus niveles con la finalidad de observar variaciones y tendencias numéricas.

Ph del suelo

La Tabla 11, presenta la prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor A (niveles de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo. El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre el pH resalta la interacción a3b1 con pH (6.08) estadísticamente superior, es decir al incrementarse los niveles de humus el pH también subió, además se observa que al incrementarse los niveles de FDA el pH se reduce, es decir el efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre el pH resalta la interacción a3b1 con mayor pH (6.08) estadísticamente superior, estadísticamente igual que a2b1 (Tabla 11), además los efectos simples en todos los niveles (A en b1, A en B2, A en b3 y A en b4) presentaron un incremento del Ph con el incremento del humus aplicado (Tabla 11), es decir al incrementarse los niveles de humus el pH también subió, Generalmente la aplicación de

materiales orgánicos al mineralizarse (descomponerse) generan acidez en el suelo, es decir el pH reduce, y nuestros resultados son contrarios y se explicaría porque en este estudio se utilizó humus y habría tenido un buen estado de descomposición. La adición de fertilizantes nitrogenados al a los cultivos también reducen el Ph, sin embargo, el café es una planta que se adapta a los suelos ácidos.

La mineralización de la materia orgánica incrementa la acidez del suelo reduciendo el Ph, similar que los fertilizantes nitrogenados de origen sintético (Fassbender, 1987), además, se considera que el Ph 6.08 se encuentra dentro del rango óptimo para la mayoría de los cultivos (Havlin *et al.*, 2005).

Materia orgánica (%) y nitrógeno del suelo

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el efecto simple de las interacciones de los niveles de humus (factor A), en cada nivel de FDA (factor B) sobre la concentración de materia orgánica (M.O) demuestra que los efectos simples de A en b4; efectos de los niveles de humus (A), sobre la dosis 6 gramos por planta (b4) fue estadísticamente superior que las demás interacciones (Tabla 11), la interacción a2b3 también presento la mayor concentración de materia orgánica. La mayor presencia de nitrógeno en el suelo también fue estadísticamente superior en el efecto simple de A en b4, similar a la materia orgánica. El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre la materia orgánica resalta la interacción a2b1 estadísticamente presento superior concentración de materia orgánica (5.85 %) igual que las interacciones a3b1 y a4b1 (Tabla 11), Sin embargo podríamos sugerir, recomendar la interacción a2b1 porque solo tiene 10 % de humus, en cambio la interacción a3b1 y a4b1 tienen 20 y 30 % respectivamente. Alejo y Reyes (2014) en Ecuador con 25 % de humus obtuvieron favorables resultados en café en vivero.

La materia orgánica en este estudio fue analizada con el método de Walkley y Black cuantificando el carbono orgánico total de muestra, resultado que fue multiplicado por el factor de Van Bemmelen (1.724) para convertir el carbono a materia orgánica por lo tanto la observación de mayor concentración de materia orgánica en los resultados no puede sugerir el mejor tratamiento, posiblemente porque la fuente orgánica del tratamiento fue humus con una relación C/N, presencia de lignina celulosa en valores bajos, que pudieron tener efectos favorables positivos sobre el suelo y planta, sin contribuir a una acumulación de carbono y se traduce en menor M.O. Este análisis se corrobora al observar, que

la altura (14.35 cm), diámetro de tallo (0.29 cm), área foliar (894.34 cm²) (Tabla 20) y biomasa (Tabla 24) de la planta no fue superior en la interacción a2b1, por lo tanto la mayor presencia de materia orgánica en la interacción de 10 % de humus sin fosfato diamonico (a2b1) no corresponde a la mejor interacción, demostrando que la interacción del humus con el fosfato diamonico en a2b2 presento mejor altura con 14.35 cm (Tabla 20) y mayor biomasa con 26.9 % (Tabla 24).

Somarriba y Guzman (2004) sugiere que el humus no solo estimula la humificación si no también la mineralización. La presencia de celulosa, hemicelulosa y lignina afectan la calidad y descomposición del abono orgánico afectando negativamente a los organismos descomponedores (Sánchez *et al.*, 2008), El humus de lombriz o es un fertilizante de primer orden, mejora las características físicas y químicas del suelo, incrementando la retención hídrica, mejorando la actividad de los nitritos, y capacidad de retener, almacenar y liberar los nutrientes para las plantas es decir mejora la biodisponibilidad (Fernández y Hernández, 2006).

Fosforo disponible y potasio disponible

El efecto simple de interacción, de los niveles de humus (A) con los niveles de FDA (B) en la concentración de fosforo disponible del suelo cultivado con café evidencia que al incrementarse los niveles de humus la concentración de fosforo disponible en el suelo es mayor (Tabla 11). Se observa que la concentración de fosforo fue estadísticamente superior en la interacción de a3b2 (17.67 ppm) y A3b3 (17.75 ppm), es decir que la interacción de aplicación de 20 % de humus (a3) con 2 gramos de fosfato diamonico por planta (b2) presento estadísticamente superior concentración de fosforo disponible en el suelo a 110 días después del repique.

El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA, destaca los efectos simples de A en b2, donde resalta la interacción a2b2 (10 % de humus con 2 g de FDA) que mostró estadísticamente menor concentración de fosforo disponible (12.89 ppm) (Tabla 11), sin embargo, se trataría de la mejor interacción porque esta misma interacción (a2b2) presento mayor altura (14.35 cm), diámetro de tallo (0.29 cm), área foliar (894.34 cm²) (Tabla 20) y biomasa (26.9 %) (Tabla 24).

El Anva de efectos simples de las propiedades químicas del suelo muestra que el potasio no presentó tendencias estadísticas (Tabla 28), sin embargo, se observa que la interacción a3b1 presento estadísticamente superior concentración de potasio disponible (310 ppm), se explicaría el resultado variable. Es importante resaltar que la concentración promedio de potasio disponible en los efectos simples de A en b1 (Humus sobre 0 g de FDA), A en b2 (Humus sobre 2 g de FDA), A en b3 (Humus sobre 4 g de FDA) y A en b4 (Humus sobre 6 g de FDA) fueron 284, 233, 208 y 209 respectivamente, mostrando la reducción de potasio disponible al incrementarse los niveles de fosfato diamonico (FDA), una posible explicación a este resultado es la interacción favorable del FDA que ha contribuido a una mayo fitodisponibilidad y fue absorbido por la planta de café que creció en este sustrato, sin embargo no se pudo corroborar porque no se analizó el potasio en la biomasa.

La acción microbiana del compost hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, así como micro y oligoelementos (Medina y Quezada, 2004). El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre el pH demuestra que al incrementarse los niveles de FDA el pH del suelo se acidifica, es decir el fosfato diamonico contribuye a la acidificación del suelo a los 110 días después el repique (Tabla 12).

La materia orgánica solo presentó diferencias estadísticas significativas en los efectos simples de B en a2, donde la interacción b2a2 presento estadísticamente ($p < 0.05$) menor concentración de materia orgánica (5.55 %) (Tabla 12) y se explica porque el humus en esta interacción (a2b2) se habría mineralizado y no acumulado, este resultado se discute en el (Tabla 11). La prueba de comparación de Duncan ($p < 0.05$) de efectos simple del nitrógeno (Tabla 12) fue similar a la materia orgánica también discutido en la Tabla 11.

Tabla 11. Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor A (niveles de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo

Niveles de humus (H) (factor A)	Niveles de FDA (factor B)	Clave	pH		M.O (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
			Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Efectos simples de A en b1; efecto de los niveles de humus(%) (A) sobre 0 gramos de FDA aplicado (b1)												
a ₄ (30%)	b ₁ (0 g/planta)	a4b1	5,62	b	5,85	a	0,29	a	15,03	b	246,5	b
a ₃ (20%)	b ₁ (0 g/planta)	a3b1	6,08	a	5,85	a	0,29	a	17,43	a	310	a
a ₂ (10%)	b ₁ (0 g/planta)	a2b1	5,93	a	5,85	a	0,29	a	13,88	c	327	a
a ₁ (0 %)	b ₁ (0 g/planta)	a1b1	4,81	c	5,40	b	0,27	b	10,08	d	251,5	b
	Promedio		5,61		5,74				14,11		284,0	
Efectos simples de A en b2; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 2 g por planta de FDA aplicado (b4)												
a ₄ (30%)	b ₂ (2 g/planta)	a4b2	5,60	a	5,70	b	0,29	b	17,51	a	220,0	b
a ₃ (20%)	B ₂ (2 g/planta)	a3b2	5,30	b	5,70	b	0,29	b	17,67	a	204,0	b
a ₂ (10%)	b ₂ (2 g/planta)	a2b2	4,98	b	5,55	b	0,28	b	12,89	b	256,0	a
a ₁ (0 %)	b ₂ (2 g/planta)	a1b2	4,03	c	6,00	a	0,30	a	11,65	b	251,5	a
	Promedio		4,98		5,74				14,93		233,0	
Efectos simples de A en b3; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 4 g por planta de FDA aplicado (b4)												
a ₄ (30%)	b ₃ (4 g/planta)	a4b3	5,43	a	5,40	b	0,27	b	17,10	a	214,01	a
a ₃ (20%)	b ₃ (4 g/planta)	a3b3	4,55	b	5,85	a	0,29	a	17,75	a	200,0	a
a ₂ (10%)	b ₃ (4 g/planta)	a2b3	4,53	b	6,00	a	0,30	a	14,37	b	201,0	a
a ₁ (0)	b ₃ (4 g/planta)	a1b3	4,11	c	5,85	a	0,29	a	15,20	b	215,5	a
	Promedio		4,66		5,78				16,11		208	
Efectos simples de A en b4; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 6 g por planta de FDA aplicado (b4)												
a ₄ (30%)	b ₄ (6 g/planta)	a4b4	4,83	a	5,70	a	0,30	a	16,77	a	203,5	a
a ₃ (20%)	b ₄ (6 g/planta)	a3b4	4,58	b	6,00	a	0,29	a	13,96	b	208,5	a
a ₂ (10%)	b ₄ (6 g/planta)	a2b4	4,38	b	6,00	a	0,30	a	16,60	a	203,0	a
a ₁ (0)	b ₄ (6 g/planta)	a1b4	4,36	b	6,00	a	0,30	a	15,61	a	220,5	a
	Promedio		4,54		5,93				15,74		209,0	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas (P<0.05) Sig. (significancia), prom. (promedio).

La Tabla 12, presenta la prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo. El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre el pH demuestra que al incrementarse los niveles de FDA el pH

del suelo se acidifica, es decir el fosfato diamonico contribuye a la acidificación del suelo a los 110 días después el repique (Tabla 12).

La prueba de Duncan de efecto simple del pH de B en a1; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta (B) sobre 0 % de humus (a1) demuestra que la interacción b1a1 presento estadísticamente mayor pH (4.81) mientras que la interacciones de b2a1, b3a1 y b4a1 no se diferenciaron estadísticamente (Tabla 12).

La prueba de Duncan de efecto simple de la materia orgánica no presentó diferencias estadísticas en ningún nivel de las interacciones B en a1, Ben a3 y B en a4. Solo se encontró diferencias estadísticas en la interacción B en a2; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 10 % de humus, en el nivel b2a2, es decir la interacción de 2 gramos de fosfato diamonico con 10 % de materia orgánica presento la menor concentración de materia orgánica en el suelo (Tabla 12).

La prueba de Duncan de efecto simple del nitrógeno no presentó diferencias estadísticas en ningún nivel de las interacciones B en a2, B en a3 y B en a4. Solo se encontró diferencias estadísticas en la interacción B en a1; efecto de los niveles de FDA “gramos por planta” (B) sobre 0 % de humus. La interacción b3a1 y b4a1 presentaron concentraciones de nitrógeno de 0.76 y 0.78 % estadísticamente superior que b1a1 y b2a1 (Tabla 12).

El efecto simple de interacción, de los niveles de FDA (B) con los niveles de humus (A) en la concentración de fosforo disponible del suelo cultivado con café evidencia que al incrementarse los niveles aplicados de FDAs la concentración de fosforo disponible en el suelo ligeramente mayor (Tabla 12), por lo tanto, la adición del fosfato diamonico ha contribuido a en la presencia del fosforo disponible debido a la incorporación de este elemento (fosforo) en la roca fosfórica, el fosfato diamonico es la fuente más importante de fosforo orgánico. Los niveles más altos de fosforo disponible se encontraron en las interacciones B en a3 (17.41 ppm) y B en a4 (16.56 ppm), evidenciando que estas interacciones habrían contribuido a una mayor retención del fosforo en el suelo. El efectos simples de B en a3; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 20 % de humus no mostro diferencias estadísticas, es decir en esta interacción la concentración del fosforo disponible en el suelo no tuvo efecto de los niveles de FDA aplicado.

Tabla 12. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la respuesta al pH, M.O, N, P, K del suelo

Niveles de FDA (factor B)	Niveles de humus (factor A)	Clave	pH		M.O (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
			Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Efectos simples de B en a1; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 0 % de humus												
b ₁ (0 g/planta)	a ₁ (0 %)	b1a1	4,81	a	6,00	a	0,30	a	10,08	b	251,5	a
b ₂ (2 g/planta)	a ₁ (0 %)	b2a1	4,03	b	6,00	a	0,30	a	11,65	b	251,5	a
b ₃ (4 g/planta)	a ₁ (0 %)	b3a1	4,11	b	5,85	a	0,29	a	15,20	a	215,5	b
b ₄ (6 g/planta)	a ₁ (0 %)	b4a1	4,36	b	6,00	a	0,30	a	15,61	a	220,5	b
	Promedio		4,33		5,96				13,14		235	
Efectos simples de B en a2; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 10 % de humus												
b ₁ (0 g/planta)	a ₂ (10 %)	b1a2	5,93	a	5,85	a	0,29	a	13,88	a	324,0	a
b ₂ (2 g/planta)	a ₂ (10 %)	b2a2	4,98	b	5,55	b	0,28	b	12,89	b	256,0	a
b ₃ (4 g/planta)	a ₂ (10 %)	b3a2	4,53	c	6,00	a	0,30	a	14,37	a	201,0	b
b ₄ (6 g/planta)	a ₂ (10 %)	b4a2	4,58	c	6,00	a	0,30	a	13,96	a	208,5	b
	Promedio		5,00		5,85				13,78		247	
Efectos simples de B en a3; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 20 % de humus												
b ₁ (0 g/planta)	a ₃ (20 %)	b1a3	6,08	a	5,85	a	0,29	a	17,43	a	310,0	a
b ₂ (2 g/planta)	a ₃ (20 %)	b2a3	5,3	b	5,70	a	0,29	a	17,67	a	204,0	b
b ₃ (4 g/planta)	a ₃ (20 %)	b3a3	4,55	c	5,85	a	0,29	a	17,75	a	200,0	b
b ₄ (6 g/planta)	a ₃ (20 %)	b4a3	4,83	c	5,70	a	0,29	a	16,77	a	203,5	b
	Promedio		5,19		5,78				17,41		229,0	
Efectos simples de A en b4; efecto de los niveles de FDA (gramos por planta) B) sobre 30 % de humus												
b ₁ (0 g/planta)	a ₄ (30 %)	b1a4	5,62	a	5,85	a	0,29	a	15,03	b	246,5	a
b ₂ (2g/planta)	a ₄ (30 %)	b2a4	5,60	a	5,70	a	0,29	a	17,51	a	220,0	b
b ₃ (4g/planta)	a ₄ (30 %)	b3a4	5,43	a	5,4	b	0,27	b	17,10	a	214,0	b
b ₄ (6 g/planta)	a ₄ (30 %)	b4a4	4,38	b	6,00	a	0,30	a	16,60	a	203,0	b
	Promedio		5,26		5,74				16,56		221,0	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas (P<0.05) Sig. (significancia), prom. (promedio).

El efecto simple de la interacción, de los niveles de FDA (B) con los niveles de humus (A) en la concentración del potasio disponible del suelo cultivado con café evidencia que al incrementarse los niveles aplicados de FDA la concentración de potasio disponible fue variable y no se evidencia tendencias matemáticas claras (Tabla 12). El efecto simple de B en a2; efecto de los niveles de FDA “gramos por planta” (B) sobre 10 % de humus, presento estadísticamente mayor promedio (247 ppm) concentración de potasio disponible en

el suelo a los 110 días después del repique y se trataría de una buena interacción entre el FDA y 10 % de humus para la inmovilización del potasio.

4.2. Efecto del humus y fosfato diamónico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántones de café en vivero.

La altura de planta (cm) a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique, en cada repetición de los tratamientos; cuatro niveles de humus (0, 10, 20, 30 %) (4A) con cuatro niveles de fosfato diamónico (0, 2, 4, 6 g/pla) (4B) se presenta adjunto en el anexo (Tabla 31).

Altura

Según la prueba de F del análisis de varianza de la altura de planta a los 30 días después del repique no se encontró diferencias estadísticas (NS) en ningún factor, tampoco en la interacción. A los 50 días solo se observa diferencias estadísticas altamente significativas (**) en el factor A, a los 70, 90 y 110 días después del repique se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas (**) en el factor A (niveles de humus), y en la interacción de ambos factores (A*B), mientras que el factor B (niveles de FDA) no presentó diferencias estadísticas (Tabla 13). Al existir diferencias estadísticas en el factor A y factor B se evaluó el efecto principal del factor A (Tabla 16) y factor B (Tabla 17) con la comparación de Duncan ($p < 0.05$) para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) con el ANVA de efectos simples de altura (Tabla 33) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de la altura de efectos simples (Tabla 20, 21).

Similar resultado reportó Escalante, (2011) encontró diferencias estadísticas altamente significativas en la altura de planta (tallos), diámetro de tallo, (**) a los 126, 156, y 186 días, también encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el volumen radicular y área foliar, la biomasa diferencias estadísticas significativas.

Con aplicación de abonos orgánicos y humus en plantas de café variedad Caturra en el vivero, en la Facultad de Agronomía de la UNAS, Berrocal (2016) en café caturra en fase de vivero en la Facultad de Agronomía, de la UNAS con la aplicación de Humus de lombriz, bocashi encontró diferencias estadísticas significativas en la altura, diámetro de tallo, a los 60, 90, y 120 días, el volumen radicular, área foliar y biomasa también presentaron diferencias estadísticas a los 120 días.

Lama (2006) en Buenos Aires-Afilador, Tingo María encontró diferencias estadísticas altamente significativas a los 102 días también con aplicación de humus en plantas de Cacao. Agüero (2010) en el Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la UNAS, con la aplicación de sustrato con humus y otros abonos encontró diferencias estadísticas sobre la altura de Cedro Rosado.

Tabla 13. Análisis de varianza de la altura de la planta a los 30, 50, 90, 110 días después del repique

Ft. Variación	GL	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	15	0,55		1,84		3,72		8,01		13,50	
Factorial	15	0,55		1,84		3,72		8,01		13,50	
A (Niv. de humus)	3	0,55	NS	6,39	**	14,58	**	32,80	**	54,75	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	0,20	NS	0,17	NS	0,27	NS	0,92	NS	2,27	NS
AxB	9	0,66	NS	0,88	NS	1,26	**	2,11	**	3,48	**
Error Ex.	48	0,42		0,49		0,53		0,71		1,15	
TOTAL	63										
CV		5.01		6.05		7.92		6.4		8.62	

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

** : Significación estadística al 1 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad

Diámetro

El diámetro de tallo (cm) de los plántones de café a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique en cada repetición de los tratamientos; cuatro niveles de humus (0, 10, 20, 30 %) (4A) con cuatro niveles de fosfato diamónico (0, 2, 4, 6 g/pla) (4B) se presenta adjunto en el anexo (Tabla 30).

La Tabla 14 muestra el resumen del análisis de varianza del diámetro de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique. Según la prueba de F del análisis de varianza del diámetro de planta a los 30, 50 y 70 días solo se observa diferencias estadísticas altamente significativas (**) en el factor A (niveles de humus). En el factor B (niveles de FDA), y en la interacción de ambos factores (A*B), no se observó diferencias estadísticas (Tabla 14).

A los 90 y 110 días se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas (**) en el factor A (niveles de humus) y en el factor B (niveles de FDA). En la interacción de ambos factores (A*B) no presentó diferencias estadísticas (Tabla 14). Al existir diferencias estadísticas en el factor A y factor B se evaluó el efecto principal del diámetro del factor A (Tabla 18) y factor B (Tabla 19) con la comparación de Duncan ($p < 0.05$) para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) con el ANVA de efectos simples del diámetro (Tabla 33) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de la altura de efectos simples (Tabla 20, 21).

Tabla 14. Análisis de varianza del diámetro de planta

Ft. Variación	GGI	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	15	0.00013		0.00020		0.00020		0.0004		0.0008	
Factorial	15	0.00013		0.00020		0.00020		0.0004		0.0008	
A (Niv. de humus)	3	0.00027	**	0.00048	**	0.00048	**	0.0007	**	0.0027	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	0.00006	NS	0.00012	NS	0.00012	NS	0.0005	**	0.0007	**
AxB	9	0.00010	NS	0.00013	NS	0.00013	NS	0.0003	NS	0.0002	NS
Error Ex.	48	0.00007		0.00009		0.00009		0.0001		0.0001	
TOTAL	63										
CV		5.08		9.93		5.04		5.51		3.99	

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

** : Significación estadística al 1 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad

Volumen radicular, área foliar

El volumen radicular (cm^3), y área foliar (cm^2) de los plántones de café a los 110 días después del repique en cada repetición de los tratamientos; cuatro niveles de humus (0, 10, 20, 30 %) (4A) con cuatro niveles de fósforo diamónico (0, 2, 4, 6 g/pla) (4B) se presenta adjunto en el anexo (Tabla 35).

La Tabla 15 muestra el resumen del análisis de varianza del volumen radicular (cm^3), y área foliar (cm^2) de los plántones de café a los 110 días después del repique. Según la prueba de F del análisis de varianza del volumen radicular (cm^3), y área foliar (cm^2) a los 110 días después del repique se observa diferencias estadísticas altamente significativas (***) en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de FDA) e interacción de ambos factores (A*B) (Tabla 15).

Al existir diferencias estadísticas significativas de volumen radicular (cm^3), y área foliar (cm^2) en el factor A y factor B se evaluó el efecto principal del diámetro del factor A (Tabla 18) y factor B (Tabla 19) con la comparación de Duncan ($p < 0.05$) para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente. La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) con el ANVA de efectos simples del volumen radicular (cm^3), y área foliar (cm^2) (Tabla 36) y comparación de Duncan ($p < 0.05$) de la altura de efectos simples (Tabla 20, 21).

Tabla 15. Análisis de varianza para a los 110 días para el volumen radicular, área foliar

Ft. Variación	GGI	Volumen radicular (cm^3)		Área foliar (cm^2)	
		CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamientos	15	0,28		113067,76	
Factorial	15	0,28		113067,76	
A (Niv. de humus)	3	0,67	**	257534,52	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	0,48	**	117906,97	**
AxB	9	0,08	**	63299,11	**
Error Ex.	48	0,01		3144,58	
TOTAL	63				

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

** : Significación estadística al 1 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad

4.2.1. Efecto principal del humus y fosfato diamonico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plántones de café en vivero.

Altura de planta

La Tabla 16 presenta la comparación de Duncan ($p < 0.05$) de la altura de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plántones de café.

Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 30 días no se observa diferencias estadísticas significativas en ningún nivel de humus aplicado (Tabla 16). Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 50 días el tratamiento sin humus presentó estadísticamente la menor altura (7.93 cm), a los 70, 90 y 110 días coincidentemente el tratamiento con la aplicación de 20 % humus presentó estadísticamente la mayor altura (Tabla 16). Es decir, los efectos principales “Factor A” (niveles de Humus) presentó diferencias estadísticas en la altura de planta entre los niveles de humus a los 70, 90 y 120 días después del repique, además con la aplicación de 20 % de humus (a3) en la preparación del sustrato presentó estadísticamente superior altura de planta con 10.46, 12.15 y 13.93 cm en 70, 90 y 120 días después del repique respectivamente (Tabla 16).

El día 30 no se observó diferencias estadísticas por efecto del humus y se explicaría porque el humus en el sustrato requiere más tiempo para producir efectos favorables sobre el crecimiento de la planta de café. También se observa que la altura de planta se incrementa hasta la aplicación de 20 % de humus, al aplicarse 30 % de humus la altura fue menor, por lo tanto la aplicación de humus en la preparación de sustrato mayor a 20 % podría afectar negativamente el crecimiento de la planta, durante las evaluaciones del experimento se observó que los tratamiento con aplicación de 30 % de humus permanecía con mayor humedad, que habría afectado el sistema radicular reduciendo su volumen, al observar La Tabla 18, se corrobora que el volumen radicular fue menor con la aplicación de 30 % de Humus.

Escalante (2011) en sustrato preparado con la aplicación de 50 % de humus y 50 % de tierra determino mayor altura de plantas (16.66 cm) de café catimor a los 126 ddr. Berrocal (2016), en fase de vivero en la Facultad de Agronomía, de la UNAS con la preparación de sustrato con 75 % de Humus de lombriz y 25 % tierra, encontró que la altura (7.71 cm) del café caturra está entre los mayores valores a 120 ddr, Julca (2000) con la aplicación de humus

de lombriz encontró mayor altura de planta de café cultivar catimor a los 105 ddr, superándole a la gallinaza, estiércol de vacuno y ovino.

Tabla 16. Duncan de la altura de planta (cm) a los 30, 50, 70 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A).

(A) Niveles de humus	n	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		Prom (cm)	Sig.	Prom (cm)	Sig	Prom (cm)	Sig	Prom (cm)	Sig	Prom (cm)	Sig
H (30%) "a4"	16	7,86	a	9,13	a	10,05	ab	11,32	b	12,59	b
H (20%) "a3"	16	7,7	a	9,37	a	10,46	a	12,15	a	13,93	a
H (10%) "a2"	16	7,69	a	8,88	a	9,87	b	11,72	ab	13,42	a
H (0) "a1"	16	7,42	a	7,93	b	8,28	c	8,95	c	9,79	c

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de los efectos principales del “Factor B” (Niveles de FDA) no se observó diferencias estadísticas en la altura de planta por efecto de los niveles de FDA aplicado sobre el sustrato (Tabla 17). Es decir la altura de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de fosfato diamónico aplicado (Factor B) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plántones de café. Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 30, 50, 70, 110 días no se observa diferencias estadísticas significativas en ningún nivel de fosfato diamónico (Tabla 17), por lo tanto, se evidencia que el fosfato diamónico no habría afectado sobre el crecimiento de la planta.

Tabla 17. Duncan de la altura de planta a los 30, 50, 70 y 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B)

(A) Niveles FDA (g/planta)	n	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		Prom	Sig.	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig
FDA (0) "b1"	16	7,58	a	8,70	a	9,59	a	11,09	a	12,76	a
FDA (2) "b2"	16	7,76	a	8,89	a	9,75	a	11,31	a	12,84	a
FDA (4) "b3"	16	7,56	a	8,79	a	9,52	a	10,73	a	12,11	a
FDA (6) "b4"	16	7,56	a	8,93	a	9,79	a	11,00	a	12,11	a

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

Diámetro de tallo

La Tabla 31 adjunto en anexo presenta la comparación de Duncan ($p < 0.05$) del diámetro de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plántones de café.

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de los efectos principales del “Factor A” (Niveles de Humus) no se observó diferencias estadísticas en el diámetro de tallo en el día 30, 50, 70, 90 y 120 días, por efecto de los niveles (%) de humus empleados en el sustrato (Tabla 31). Similar resultado reportó Escalante (2011) en sustrato preparado con la aplicación de proporciones de tierra y humus 1:1, 3:1, 5:1 no encontró diferencias estadísticas en el diámetro de tallo de café catimor a los 126 y 156 ddr, sin embargo a los 186 ddr si encontró diferencias estadísticas con menor diámetro (0.376 cm) en la proporción 3:1. Contrario a estos resultados Berrocal (2016) en fase de vivero en la Facultad de Agronomía, de la UNAS con sustrato preparado (tierra : humus) en proporción 1:1, 3:1, 5:1 el diámetro presento diferencias estadísticas, determinó que el mayor diámetro (0.26 cm) fue en la proporción 5:1 a los 60, 90 y 120 ddr, de plantas de café caturra.

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de los efectos principales del “Factor B” (Niveles de FDA) no se observó diferencias estadísticas en el diámetro de tallo en el día 30, 50, 70, 90 y 120 días, por efecto de los niveles (gramos por planta) de fosfato diamónico aplicado sobre el sustrato (Tabla 32). Es decir la Tabla 32 adjunto en anexo presenta la comparación de Duncan ($p < 0.05$) del diámetro de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de fosfato diamónico aplicado (Factor B) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plántones de café. Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 30, 50, 70, 110 días no se observa diferencias estadísticas significativas en ningún nivel de fosfato diamónico (Tabla 32), por lo tanto, se evidencia que el fosfato diamónico no habría afectado sobre el incremento del diámetro de la planta.

Volumen radicular y área foliar

La Tabla 18 presenta la comparación de Duncan ($p < 0.05$) del volumen radicular y área foliar del café a 110 días después del repique por efecto del humus aplicado (A) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plántones de café.

Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) de los efectos principales del “Factor A” (Niveles de Humus) a los 110 días el tratamiento sin aplicación de humus presentó estadísticamente el mayor volumen radicular (0.94 cm^3). Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 110 días el tratamiento con la aplicación de 10 % humus presentó estadísticamente el mayor área foliar (509.24 cm^2) (Tabla 18). El testigo sin aplicación de humus presentó estadísticamente mayor volumen radicular y se explicaría porque el suelo utilizado para el sustrato tenía buenas características, a simple vista tenía buena textura y color oscuro, que habría contribuido a un mayor desarrollo radicular. En los tratamientos con aplicación de humus el volumen radicular y área foliar fue superior en 10 % de humus ($a_2 = 0.74 \text{ cm}^3$) y 20 % de humus ($a_3 = 0.79 \text{ cm}^3$), mientras que la aplicación del nivel más alto de humus (30 %) presentó estadísticamente menor volumen radicular (Tabla 18). Gonzales (2018) reportó resultados con tendencia similar, no encontró diferencia estadística significativa entre el testigo (sustrato sin materia orgánica) y sustrato con materia orgánica en el volumen radicular en plántones de cacao en vivero.

Sin embargo, Gonzales (2018) también reportó estadísticamente menor volumen radicular con el incremento de humus en el sustrato, y fue menor con 50 % de humus. Florido (2018) también reportó resultados similares, informó mejor altura de planta con 16 % de humus y menor altura con 50 % de humus en el sustrato, en plantas de café con más días en vivero. En este estudio el área foliar fue mayor con la aplicación de 10 y 20 % de humus.

Tabla 18. Duncan del volumen radicular y área foliar de planta a los 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado (A)

(A) Niveles de humus	n	Volumen radicular (cm ³)		Área foliar (cm ²)	
		Prom	Sig.	Prom	Sig
H (30%) "a4"	16	0,45	c	601,15	b
H (20%) "a3"	16	0,79	b	756,51	a
H (10%) "a2"	16	0,74	b	773,06	a
H (0) "a1"	16	0,94	a	509,24	c

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

La Tabla 19 presenta la comparación de Duncan ($p < 0.05$) del volumen radicular y área foliar de planta a los 110 días después del repique por efecto de los niveles de

fosfato diamonico aplicado (Factor B) después de su preparación (mezcla de humus y suelo) y retirado los plantones de café.

Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 110 días se observa que el tratamiento sin aplicación de fosfato diamonico presento estadísticas el mayor volumen radicular con 0.94 cm^3 por lo tanto, se evidencia que el fosfato diamonico no habría afectado sobre el volumen radicular (Tabla 19). Según la comparación de Duncan ($p < 0.05$) a los 110 días se observa que el tratamiento sin aplicación de fosfato diamonico presento estadísticas mayor área foliar con 760.52 cm^2 (Tabla 19). Es decir según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de los efectos principales del “Factor B” (Niveles de FDA) se observó diferencias estadísticas en el volumen radicular y área foliar por efecto de los niveles (%) de FDA aplicados sobre el sustrato (Tabla 19).

El testigo sin aplicación de FDA presento estadísticamente mayor volumen radicular y área foliar, además se observa que hay ligera relación negativa es decir al incrementarse los niveles de FDA se reduce el volumen radicular, este resultado es contrario a lo esperado, y se explicaría porque el suelo utilizado para el sustrato tenía buenas características, a simple vista tenía buena textura y color oscuro, que habría contribuido a un mayor desarrollo radicular de las plantas haciendo innecesario adición de fertilizar en esta etapa. La aplicación de 10 % de humus también presento buen volumen radicular y área foliar (Tabla 19).

Tabla 19. Duncan del volumen radicular y área foliar a los 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B)

(B) Niveles FDA (g/planta)	n	Volumen radicular (cm ³)		Área foliar (cm ²)	
		Prom	Sig.	Prom	Sig
b4 (FDA 6 g/planta)	16	0,71	b	578,16	c
b3 (FDA 4 g/planta)	16	0,52	c	599,9	c
b2 (FDA 2 g/planta)	16	0,75	b	701,28	b
b1 (FDA 0 g/planta)	16	0,94	a	760,52	a

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

4.2.2. Efecto simple (interacción) del humus y fosfato diamonico en el crecimiento (altura de planta), diámetro, volumen radicular, área foliar de plantones de café en vivero

La Tabla 34 adjunto en anexo presenta la prueba de F del análisis de varianza de efectos simples (interacción) de la altura de planta, diámetro de tallo (cm), volumen radicular (Cm³) y área foliar (Cm²) de plantones de café a 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA (factor A), y niveles de humus (factor B). El ANVA de efectos simple de la altura de planta mostró diferencias estadísticas altamente significativas (**) en todos los niveles con excepción de B en a2 y B en a3 (Tabla 34). El ANVA de efectos simple del diámetro de tallo y volumen radicular mostro diferencias estadísticas en todas las interacciones con excepción de la interacción B en a3. El área foliar presento diferencias estadísticas significativas en todas las interacciones (Tabla 34). Según la prueba de Duncan (p<0.05) de efecto simple de A en b (Tabla 20) es decir de la interacción de los niveles de humus (factor A), en cada nivel de FDA (factor B) sobre la altura, diámetro de tallo, volumen radicular.

Altura de planta

El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre la altura de planta, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar resulto coincidentemente que la interacción a2b2 presento estadísticamente mayor altura (14.35 cm), mayor diámetro de tallo (0.29 cm) y mayor área foliar (894) (Tabla 20), es decir la aplicación de 10 % de humus con dos gramos por planta de FDA resultaron en una mejor altura, diámetro de tallo y área foliar de los plantones de café cultivar catimor a los 110 ddr en condiciones de vivero. Este resultado sugiere que la aplicación de 10 % de humus en la preparación sustrato y posterior aplicación de fosfato diamonico con dos gramos por planta ha producido mejores efectos para una producción de café en vivero. Es decir, la aplicación de 10 % de humus en la preparación del sustrato con la aplicación de 2 gramos de FDA se lograron mayores valores e estos indicadores biométricos. Gonzales (2018) y Florido (2018), Escalante (2011) identificaron una reducción del volumen radicular de café con el incremento de la materia orgánica, las mejores proporciones de M.O en el sustrato fueron 16.7 % (Florido, 2018), 16.7 % (Escalante, 2011), 16.7 % (Gonzales, 2018).

Tabla 20. Duncan de efecto simple de interacción del factor A (niv. de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la altura de planta, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar del café a los 110 ddr.

Niveles de humus (%) (A)	Niveles de FDA (B)	Clave	Altura de planta		Diámetro de tallo		Volumen radicular (cm ³)		Área foliar	
			Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Efectos simples de A en b1; efecto de los niveles de humus(%) (A) sobre 0 gramos de FDA aplicado (b1)										
a ₄ (30%)	b ₁ (0 g/planta)	a4b1	14,19	a	0,28	a	0,90	a	863,19	a
a ₃ (20%)	b ₁ (0 g/planta)	a3b1	14,18	a	0,27	a	0,90	a	768,49	b
a ₂ (10%)	b ₁ (0 g/planta)	a2b1	14,04	a	0,28	a	0,95	a	815,72	a
a ₁ (0)	b ₁ (0 g/planta)	a1b1	8,18	b	0,23	b	1	a	594,71	c
	Promedio		12,65		0,27		0,94		760,53	
Efectos simples de A en b2; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 2 g por planta de FDA aplicado (b4)										
a ₄ (30%)	b ₂ (2 g/planta)	a4b2	12,21	b	0,28	a	0,30	b	597,71	c
a ₃ (20%)	b ₂ (2 g/planta)	a3b2	14,22	a	0,28	a	0,90	a	797,51	b
a ₂ (10%)	b ₂ (2 g/planta)	a2b2	14,35	a	0,29	a	0,80	a	894,34	a
a ₁ (0)	b ₂ (2 g/planta)	a1b2	10,87	c	0,25	a	1,00	a	515,57	c
	Promedio		12,91		0,28		0,75		701,28	
Efectos simples de A en b3; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 4 g por planta de FDA aplicado (b4)										
a ₄ (30%)	b ₃ (4 g/planta)	a4b3	11,91	b	0,27	a	0,15	c	494,69	c
a ₃ (20%)	b ₃ (4 g/planta)	a3b3	13,54	a	0,27	a	0,15	c	679,2	b
a ₂ (10%)	b ₃ (4 g/planta)	a2b3	12,82	a	0,28	a	0,46	b	852,62	a
a ₁ (0)	b ₃ (4 g/planta)	a1b3	10,19	b	0,26	a	0,75	a	373,46	d
	Promedio		12,11		0,27		0,38		599,99	
Efectos simples de A en b4; efecto de los niveles de humus(%) (A), sobre 6 g por planta de FDA aplicado (b4)										
a ₄ (30%)	b ₄ (6 g/planta)	a4b4	12,04	b	0,26	a	0,45	c	652,39	a
a ₃ (20%)	b ₄ (6 g/planta)	a3b4	13,80	a	0,27	a	0,65	b	673,64	a
a ₂ (10%)	b ₄ (6 g/planta)	a2b3	12,68	b	0,26	a	0,75	a	636,77	a
a ₁ (0)	b ₄ (6 g/planta)	a1b4	9,91	c	0,24	a	1,00	a	349,86	b
	Promedio		12,11		0,26		0,71		578,17	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas (P<0.05) Sig. (significancia), prom. (promedio).

Los efectos simples de A en b2; efectos de los niveles de humus (A), sobre la dosis 2 gramos por planta (b2), es decir la interacción del 10 % de humus con 2 gramos de FDA (a2b2) presento estadísticamente superior altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), volumen radicular (Cm^3) y área foliar (Cm^2) en plantones de café a los 110 días después del repique (Tabla 20).

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de efecto simple se B en a, es decir de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) de la altura de planta (Cm), diámetro de tallo (Cm), volumen radicular (Cm^3) y área foliar (Cm^2) demuestra que los efectos simples de B en a2; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 10 % gramos de humus aplicado (a2) presento los mayores promedios, es decir la interacción del 10 % de humus con 2 gramos de FDA (a2b2) presentó estadísticamente superior altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), volumen radicular (Cm^3) y área foliar (Cm^2) en plantones de café variedad Catimor a los 110 días después del repique (Tabla 21).

Otras interacciones presentaron mayores valores promedios numéricamente como en la interacción b4a1 (diámetro de tallo), b1a1 (volumen radicular) y b3a2 (área foliar) sin embargo no presentan diferencias estadísticas superiores a la interacción b2a2. La menor altura fue observada en los efectos simples de B en a1, y efectos simples de B en a4. La menor altura observado fue en la interacción de a1b1, este tratamiento corresponde al testigo donde no se aplicó humus y fosfato diamonico. El diámetro de tallo no fluctuo significativamente con el incremento de los niveles de humus. El volumen radicular fue menor con la aplicación de 30 % de humus. El área foliar fue mayor con la aplicación de 10 y 20 % de Humus (Tabla 21).

Tabla 21. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) de la altura de planta, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar a los 110 días del repique.

Niveles de FDA (B)	Niveles de humus (%) (A)	Clave	Altura de planta		Diámetro de tallo		Volumen radicular (cm ³)		Área foliar	
			Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Efectos simples de B en a1; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 0 gramos de humus aplicado (a1)										
b ₄ (6 g/planta)	a ₁ (0)	b4a1	9,91	a	0,34	a	1,00	a	466,48	c
b ₃ (4 g/planta)	a ₁ (0)	b3a1	10,19	a	0,26	a	0,75	b	659,59	b
b ₂ (2 g/planta)	a ₁ (0)	b2a1	10,87	a	0,33	a	1,00	a	597,71	a
b ₁ (0 g/planta)	a ₁ (0)	b1a1	8,18	b	0,33	b	1,00	a	796,95	a
	Promedio		9,79		0,32		0,94		630,18	
Efectos simples de B en a2; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 10 % gramos de humus aplicado (a2)										
b ₄ (6 g/planta)	a ₂ (10%)	b4a2	12,68	b	0,26	b	0,75	b	673,64	b
b ₃ (4 g/planta)	a ₂ (10%)	b3a2	12,82	b	0,28	a	0,46	c	852,62	a
b ₂ (2 g/planta)	a ₂ (10%)	b2a2	14,35	a	0,29	a	0,80	b	797,51	a
b ₁ (0 g/planta)	a ₂ (10%)	b1a2	14,04	a	0,28	a	0,95	a	768,49	a
	Promedio		13,47		0,28		0,74		773,07	
Efectos simples de B en a3; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 20 % gramos de humus aplicado (a3)										
b ₄ (6 g/planta)	a ₃ (20%)	b4a3	13,80	a	0,27	a	0,65	b	636,77	b
b ₃ (4 g/planta)	a ₃ (20%)	b3a3	13,54	a	0,27	a	0,70	b	679,20	b
b ₂ (2 g/planta)	a ₃ (20%)	b2a3	14,22	a	0,28	a	0,90	a	894,34	a
b ₁ (0 g/planta)	a ₃ (20%)	b1a3	14,28	a	0,27	a	0,90	a	815,72	a
	Promedio		13,96		0,27		0,79		756,51	
Efectos simples de B en a4; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 30 % gramos de humus aplicado (a4)										
b ₄ (6 g/planta)	a ₄ (30%)	b4a4	12,04	b	0,26	a	0,45	b	652,39	b
b ₃ (4 g/planta)	a ₄ (30%)	b3a4	11,91	b	0,27	a	0,15	c	373,46	d
b ₂ (2 g/planta)	a ₄ (30%)	b2a4	12,21	b	0,28	a	0,30	b	515,57	c
b ₁ (0 g/planta)	a ₄ (30%)	b1a4	14,19	a	0,28	a	0,90	a	863,19	a
	Promedio		12,59		0,27		0,45		601,15	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas (P<0.05) Sig. (significancia), prom. (promedio).

4.3. Efecto del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plantones de café

La biomasa (%) de los plantones de café a los 110 días después del repique en cada repetición de los tratamientos; cuatro niveles de humus (0, 10, 20, 30 %) (4A) con cuatro niveles de fosfato diamónico (0, 2, 4, 6 g/planta) (4B) se presenta adjunto en el anexo (Tabla 35).

Según la prueba de F del análisis de varianza de la biomasa de los plantones de café a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato diamónico), la interacción de ambos factores (A*B) también presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla 22). Se evaluó el efecto principal en el factor A y factor B (Tabla 23) con la comparación de Duncan al 5 % de probabilidad para identificar los mejores niveles en cada factor independientemente.

Tabla 22. Análisis de varianza de la biomasa a los 110 días después del repique

Ft. Variación	GGI	SSC	CM	Fcal	F. Tabulado		Sig.
					1 %	5 %	
Tratamientos	15	1718,26	114,55	704,92	1,88	1,880	
Factorial	15	1718,26	114,55	704,92	1,88	1,880	
A (Niv. de humus)	3	1352,18	450,73	2773,67	2,80	2,798	**
B (Niv. de FDA (g/pla))	3	223,78	74,59	459,04	2,80	2,798	**
AxB	9	142,30	15,81	97,30	2,08	2,082	**
Error Ex.	48	7,80	0,16				.
TOTAL	47	20,60					

CV. 5.01

La existencia de diferencias estadísticas en las interacciones (A*B) (Tabla 24) nos permitió evaluar el efecto de interacción (efectos simples) realizándose el ANVA de efectos simples (Tabla 24) y comparación de Duncan de efectos simples de la biomasa con 5 % de probabilidad (Tabla 25).

Es decir según la prueba de F del análisis de varianza de la biomasa de los plantones de café a los 110 días después del repique se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en el factor A (niveles de humus), factor B (niveles de fosfato

diamonico), similar resultado reportó Florido (2018), Escalante (2011), en cambio Gonzales (2018) no encontró diferencias estadísticas entre los factores estudiados en plántones de cacao.

4.3.1. Efecto principal del humus y fósforo diamonico en la producción de biomasa de plántones de café

La Tabla 23 presenta la comparación de Duncan de la biomasa de los plántones de café por efecto de los niveles de humus (factor A) y niveles de fósforo diamonico (factor B) a los 110 días después del repique. En el factor A (Niveles de humus) con la aplicación de 10 % de humus fue estadísticamente ($p < 0.05$) mayor la biomasa de los plántones de café. En el factor B (niveles de FDA) con la aplicación de dos gramos de fósforo diamonico por planta (b2) fue estadísticamente ($p < 0.05$) mayor la biomasa de los plántones de café.

Es decir la biomasa del café (110 ddr) estadísticamente (Duncan $p < 0.05$) fue mayor con la aplicación del 10 % de humus de lombriz (a2) (Tabla 23), con los niveles más altos de materia orgánica la biomasa es menor, similares resultados fueron informados en otros estudios, los mejores porcentajes de humus aplicado que produjeron mayor biomasa en su estudio fueron; 12.5 % a 150 ddr (Florido, 2018), 25 % de Bocashi a 186 ddr (Escalante, 2011), 17 % de humus a 120 ddr (Berrocal, 2016).

Tabla 23. Duncan de la biomasa de los plántones de café a los 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus (A), y niveles de FDA (B) aplicado.

(Factor A) Niveles de humus	n	Biomasa (gramos)		(Factor B) Niveles FDA (g/planta)	Biomasa (gramos)	
		Prom	Sig.		Prom	Sig.
H (0%) "a1"	16	14,25	d	b1 (0 g/planta)	20,15	b
H (10%) "a2"	16	25,00	a	b2 (2 g/planta)	22,00	a
H (20%) "a3"	16	22,75	b	b3 (4 g/planta)	18,23	c
H (30%) "a4"	16	15,47	c	b4 (6 g/planta)	17,10	d

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

4.3.2. Efecto simple (interacción) del humus y fosfato diamónico en la producción de biomasa de plántones de café

La Tabla 36 en anexo presenta la prueba de F del análisis de varianza de efectos simples (efectos de interacción) de la biomasa de los plántones de café a 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA (factor A), y niveles de humus (factor B). El ANVA de efectos simple de la biomasa mostró diferencias estadísticas significativas en todos los niveles de A en b y B en a (Tabla 36).

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de efecto simple de A en b (Tabla 24) es decir de la interacción de los niveles de humus (factor A), en cada nivel de FDA (factor B) sobre la biomasa demuestra que los efectos simples de A en b₂; efectos de los niveles de humus (A), sobre la dosis 2 gramos por planta (b₂), es decir la interacción del 10 % de humus con 2 gramos de FDA (a₂b₂) presento estadísticamente superior biomasa (26.90 %) (Tabla 24), la interacción a₂b₂ también presento estadísticamente superior diámetro de tallo (cm), volumen radicular (Cm³) y área foliar (Cm²) en plántones de café a los 110 días después del repique (Tabla 20).

El efecto simple de A en b₃ y A en b₄ presentaron menor producción de biomasa (Tabla 24). La interacción a₄b₄ (30% de humus con 6 g de FDA) presentó estadísticamente menor biomasa (11.6 %), similar a la interacción a₄b₃ con 11.7 % de biomasa.

El efecto simple de interacción, de los niveles de humus y niveles de FDA sobre la producción de biomasa fue estadísticamente (Duncan $P < 0.05$) superior con la interacción a₂b₂, sobre la dosis 2 gramos por planta (b₂), es decir la interacción del 10 % de humus con 2 gramos de FDA (a₂b₂) presento estadísticamente superior biomasa (26.90 %) (Tabla 24). Los resultados coinciden con los estudios de Avila *et al.* (2010) demostrando que la mezcla del DAP con la lombrinaza tendrían un efecto positivo sobre el incremento de la materia seca del café. CENICAFE (2011) revisa los estudios de Avila *et al.* (2007) donde recomienda la aplicación de PDA a dosis de 2 g/bolsa a los dos o cuatro meses, además indica que plantas crecidas en sustrato con concentración de fosforo mayor a 14 ppm no responden a la fertilización con PDA. El pH de la interacción a₂b₂ fue 4.98, sobre esta misma interacción se observó estadísticamente mayor biomasa (26.9 %), altura de planta (14.35 cm), diámetro (0.29 cm), volumen radicular (0.8 cm³) y área foliar (797 cm²).

Tabla 24. Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor A (niveles de humus) sobre cada nivel del factor "B" (niveles de FDA) en la biomasa de los plantones de cacao a 110 días del repique.

Niveles de humus (%) (A)	Niveles de FDA (B)	Clave	Biomasa (%)	Significancia
Efectos simples de A en b1; efecto de los niveles de humus(%) sobre 0 % FDA aplicado				
H (30%) "a4"	b ₁ (0 g/planta	a4b1	22,10	b
H (20%) "a3"	b ₁ (0 g/planta)	a3b1	23,50	b
H (10%) "a2"	b ₁ (0 g/planta)	a2b1	25,70	a
H (0) "a1"	b ₁ (0 g/planta)	a1b1	15,70	c
	Promedio		21.75	
Efectos simples de A en b2; efecto de los niveles de humus(%) sobre 6 g/pla FDA aplicado				
H (30%) "a4"	b ₂ (2 g/planta	a4b2	16,50	c
H (20%) "a3"	b ₂ (2 g/planta)	a3b2	23,50	b
H (10%) "a2"	b ₂ (2 g/planta)	a2b2	26,90	a
H (0) "a1"	b ₂ (2 g/planta)	a1b2	14,70	c
	Promedio		20.40	
Efectos simples de A en b3; efecto de los niveles de humus(%) sobre 12 FDA aplicado				
H (30%) "a4"	b ₃ (4 g/planta)	a4b3	11,7	c
H (20%) "a3"	b ₃ (4 g/planta)	a3b3	22,5	b
H (10%) "a2"	b ₃ (4 g/planta)	a2b3	24,9	a
H (0) "a1"	b ₃ (4 g/planta)	a1b3	13,8	c
	Promedio		18,23	
Efectos simples de A en b4; e efecto de los niveles de humus(%) sobre 18 g/pla FDA aplicado				
H (30%) "a4"	b ₄ (6 g/planta)	a4b4	11,6	b
H (20%) "a3"	b ₄ (6 g/planta)	a3b4	21,5	a
H (10%) "a2"	b ₄ (6 g/planta)	a2b4	22,5	a
H (0) "a1"	b ₄ (6 g/planta)	a1b4	12,8	b
	Promedio		17,1	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) Sig. (significancia), prom. (promedio).

Según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) de efecto simple de B en a, es decir de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la biomasa demuestra que los efectos simples de B en a2; efecto de los niveles de FDA (factor B) sobre 10 % gramos de humus aplicado (a2) presento los mayores promedios, además la interacción del 10 % de humus con 2 gramos de FDA (a2b2) presentó numericamente superior biomasa (26.90 %), es decir no se diferenciaron estadísticamente con la interacciones b1a2, b3a2, b4a2, en plantones de café variedad Catimor a los 110 días después del repique (Tabla 25).

Los efectos simples de B en a3; efecto de los niveles de FDA sobre sobre 20 % de humus aplicado, demuestran que no existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0.5$) en la interacción de los niveles, sin embargo, la interacción b1a3 y b2a3 presentaron numericamente mayor biomasa (23.50 %) dentro de este grupo.

El efecto simple de B en a1 (efecto de los niveles de FDA sobre sobre 0 % de humus aplicado) y B en a4 (efecto de los niveles de FDA sobre sobre 40 % de humus aplicado) presentaron menor producción de biomasa (Tabla 25), la interacción B en a4 (efecto de los niveles de FDA sobre sobre 40 % de humus aplicado) presento menores promedios. La interacción b4a4 (6 g de FDA con 30% de humus) presentó estadísticamente ($p < 0.5$) menor biomasa (11.6 %), similar a la interacción b3a4 con 11.7 % de biomasa de plantones de café variedad Catimor a los 110 días después del repique.

Tabla 25. Prueba de Duncan para el efecto simple de las interacciones del factor B (niveles de FDA) sobre cada nivel del factor A (niveles de humus) en la biomasa del café a los 110 días del repique.

Niveles de FDA (B)	Niveles de humus (%) (A)	Clave	Biomasa (%)	Significancia
Efectos simples de B en a1; efecto de los niveles de FDA sobre sobre 0 % de humus aplicado				
FDA (0) "b1"	H (0) "a1"	b1a1	15,70	a
FDA (2) "b2"	H (0) "a1"	b2a1	19,60	a
FDA (4) "b3"	H (0) "a1"	b3a1	18,40	b
FDA (6) "b4"	H (0) "a1"	b4a1	17,07	b
	Promedio		17,69	
Efectos simples de B en a2; efecto de los niveles de FDA sobre sobre 10 % de humus aplicado				
FDA (0) "b1"	H (10%) "a2"	b1a2	25,70	a
FDA (2) "b2"	H (10%) "a2"	b2a2	26,90	a
FDA (4) "b3"	H (10%) "a2"	b3a2	24,90	a
FDA (6) "b4"	H (10%) "a2"	b4a2	22,50	a
	Promedio		25,0	
Efectos simples de B en a3; efecto de los niveles de FDA sobre sobre 20 % de humus aplicado				
FDA (2) "b2"	H (20%) "a3"	b2a3	23,50	a
FDA (0) "b1"	H (20%) "a3"	b1a3	23,50	a
FDA (4) "b3"	H (20%) "a3"	b3a3	22,50	a
FDA (6) "b4"	H (20%) "a3"	b4a3	21,50	a
	Promedio		22,75	
Efectos simples de B en a4; efecto de los niveles de FDA sobre sobre 40 % de humus aplicado				
FDA (0) "b1"	H (30%) "a4"	b1a4	22,10	a
FDA (2) "b2"	H (30%) "a4"	b2a4	16,50	b
FDA (4) "b3"	H (30%) "a4"	b3a4	11,70	c
FDA (6) "b4"	H (30%) "a4"	b4a4	11,60	c
	Promedio		15,48	

FDA (Fosfato diamónico), H (humus), letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) Sig. (significancia), prom. (promedio).

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación del fosfato diamónico (FDA) solo, sin la materia orgánica habría presentado inmovilización del N, P, K con menor absorción de estos nutrientes y menor altura de planta, diámetro de tallo y biomasa. Al incrementarse los niveles de FDA el pH se reduce produciendo mayor acidez del suelo, el potasio disponible se reduce mientras que el fósforo inicialmente se incrementa y luego se reduce su disponibilidad. .
2. La aplicación de 10 % de humus de lombriz más tierra agrícola como sustrato con dos gramos (a2b2) de fosfato presentó mayor altura, diámetro de tallo y área foliar de plántulas de café en vivero.
3. La aplicación de humus de lombriz y fosfato diamónico en la interacción a2b2 presentó mayor producción de biomasa de plántulas de café a 110 ddr.

VI. PROPUESTA A FUTURO

1. Con el propósito de incrementar la producción, productividad y mejorar las propiedades químicas incrementando la disponibilidad del N, P K del suelo en la caficultura en la fase de vivero de café se recomienda evaluar la preparación del sustrato con niveles superiores e inferiores al 10 % de humus de lombriz y 2 gramos por planta de fosfato diamónico.
2. Debe realizarse estudios con la aplicación de dos gramos de fosfato diamónico y 10 % de humus por bolsa en café, fraccionado en tres aplicaciones a los 20, 35 y 50 días después del repique, para verificar el incremento del crecimiento, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar del café.
3. El incremento de la biomasa del café debe evaluarse en campo definitivo con la aplicación del 10 % de humus de lombriz 5 niveles superiores a 2 gramos de FDA por planta.

VII. REFERENCIAS

1. Acosta, A. (2014). Efecto del Sulfato de Cadmio en la germinación y el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Investigación y Amazonía* 2013; 3 (1): 20-29.
2. Adams, J. D. & Frostick, L. E., (2007).- Investigating microbial activities in compost using mushroom (*agaricus bisporus*) cultivation an experimental system. *Bioresource technology*, 99: 1097-1102.
3. Agüero, A.O, (2010). Efecto de diferentes tipos de sustratos orgánicos en el crecimiento de plántulas de *Acrocarpus fraxinifo/ius wight & arn.* "cedro rosado", fase de vivero. Tesis, Ing. Agronomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú, 102 p.
4. Alejo, A. J., & Reyes, L. R. (2014). Evaluación de sustratos y tipos de recipientes en el crecimiento de plántulas de café arábico, en condiciones de vivero. Tesis de grado: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos naturales Renovables. Loja, Ecuador.
5. Ávila, E. W., Sadeghian, S., Sánchez, P. M., & Castro, H. E. (2007). Producción de almácigos de café en el departamento de Santsnder con diferentes fuentes de materia orgánica y de fosforo. *Avance Tecnicos Cenicafe*, N°. 365:1-2.
6. Ávila, E. W., Sadeghian, S., Sánchez, P. M., & Castro, H. E. (2010). Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almacigos. *Cenicafé - colombia*.
7. Basta, N.T., Ryan, J.A., Chaney, R.L., (2005). Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. *J. Environ. Qual.* 34, 49–63. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0049dup>.
8. Bayer, C. Y Mielniczuk, J. (1999). Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (Ed.). *Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização*. Porto Alegre: Gênese, p.9-26.
9. Bazan, R. (1996). *Manual de análisis de suelos, aguas y tejidos*. Universidad Nacionala Agraria La Molina.
10. Bendeck, M. (2003). Origen y formación del humus. En: *Memorias Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Comité Regional de Antioquia. Medellín. CD-Room. 9 p.

11. Berrocal, D.D (2016). Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de café (*Coffea arabica* L.) bajo condiciones de vivero. Tesis. Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú, 90 p.
12. Castañeda, E. (2004). Bases Potenciales: de la Chacra Cafetalera Diversificada y Amigable con el Medio Ambiente. ADEX. Perú.
13. CENICAFE. (2010). Sistemas de producción de café en Colombia. Edit. CENICAFE. Colombia. p. 300.
14. CENICAFE, (2008). Centro Nacional de Investigación de Café “Pedro Uribe Mejía”. Fertilidad del suelo y nutrición de café en Colombia. Guía técnica, programa de investigación científica. Caldas Colombia. 45p.
15. CENICAFE, (2011). Centro Nacional de Investigaciones de Café. Almacigos de café: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo
16. Chavez, M; Suarez, F. (1997). Manual Practico de Caficultura Ecológica. Programa Integral para el Desarrollo del Café (PIDECAFE) Piura. Perú.
17. Chilon, E., & Chilon, H. (2014). Compost altoandino e interacción con harina de rocas y su efecto en las plantas y la fertilidad de suelos. CienciAgro, Bolivia.
18. CICAFAE, (2011). INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA Centro de Investigaciones en Café CICAFAE. Guía Técnica para el Cultivo del Café 1a ed. Heredia Costa Rica. 2011: ICAFAE-CICAFAE 72 p.
19. Conceição, PC; Boeni, M. Bayer, C; Dieckow, J; Salt, JC. (2015). Eficiência de Soluções Densas no Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v39:490-497. DOI: 10.1590/0 1000683rbc20140447.
20. Cuba, N. (2010). Manual para el cultivo de café en Yungas. La Paz, Bolivia.
21. DESCO, (2017). Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. Produccion de café con responsabilidad ambiental. 74 p.
22. DESCO, (2012). Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. Produccion de cafés especiales, manual tecnico. 50 p.
23. Espinoza D. W., Krishnamurthy L., Vázquez A. A. Y Torres R. A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Am. 18, 57-70. DOI: 10.5154/r.rchscfa.2011.04.030.
24. Escalante, N.P (2011). Efecto de abonos orgánicos en la obtención de plántones de dos variedades de café (*Coffea arabica* L.). Tesis. Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 118p.

25. Fassbender, H. (1987). Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. 420 p. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
26. Fernández, V, Hernández, X. (2006). Producción de abono orgánico a partir de heces ovinas en Palma Gorda, Hidalgo. Cultivo de lombriz roja para producción de abono orgánico.
27. Florido, L. (2018). Aplicación de abonos orgánicos para la obtención de plantones de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra rojo. Tesis Ing. Agronomo. Univirsidad Nacional Agraria de la Selva. 113 p.
28. Figueroa, Z. (1998). Guía para la caficultura ecológica. p. 96.
29. Fischersworrning, B. Robkamp, R. (2001). Guía para la Caficultura Ecológica. 3 ed. Editorial López. Obtenido de <http://www.gtz.de/organic-agriculture>.
30. Gonzales, T. (2018). Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* l.) de los clones ccn- 51 e imc-67 en vivero. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 96 p.
31. Gross, A. (1986). Abonos. Guía Práctica de la Fertilizacion. Ed. Mundi Prensa, pp 141- 169
32. Guerrero, A. (1996). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
33. Havlin, J. L.; Beaton, J. D.; Tisdale, S. L. And Nelson, W. L. (2005). Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Pearson Prentice Hall. 7th Edition. Upper Saddle River, NJ, USA. 515 p.
34. Hayes, M; Clapp, E. (2001). Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. Soil Science. 2001. 166 (11): 723-737.
35. INIA. (2011). manejo integrado de la broca del café. Obtenido de www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/diacafe/manejocafe.pdf.
36. Jara, (2017). Efecto de dos fuentes de materia orgánica en la producción de plantones de café (*coffea arabica*) en el caserío nuevo amazonas, distrito Yamón, provincia Utcubamba – Amazonas. Chachapoyas – Perú, 90 p.
37. Jaramillo, R. Clima andino y café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, (2005). p. 196.
38. Julca, A., Solano, W., & Crespo, R. (2000). Crecimiento de *Coffea arabica* variedad Caturra amarillo en almácigos con substratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Lima, Perú.
39. Krishnamurti, G.S.R., y Naidu, R. (2002). Solid-solution speciation and phytoavailability of copper and zinc in soils. Environmental Science and Technology 36: 2645–2651.

40. Lama, P. (2006). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María". Tesis. Ing. Agronomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.
41. León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Costa Rica.
42. Liebig, M.A., G.E. Varvel, J.W. Doran, Y B.J.Wienhold. (2002). Crop sequence and nitrogenfertilization effects on soil properties in the westerncorn belt. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:596-601.
43. Luo y Zhou (2006). Soil Respiration and the Environment. Soil Respiration and the Environment(1st ed.). Elsevier.
44. Ma, JF. 2000 . Role of organic acids in detoxifi cation of aluminium in higher plants . Plant Cell Physiol. 41 , 383 – 390 .
45. Medina, M. S., & Quezada, M. C. (2004). Efecto del periodo de maduración del estiércol bovino sobre el comportamiento productivo de lombrices rojas en la zona de Camoapa. Camoapa, Nicaragua.
46. Miguel E., W.; Romero C., G. y Moreno P., J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao. Centro de Investigación Tropical y Enseñanza (CATIE) y Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS). San Salvador. Salvador. pp. 2-16.
47. MINAG. (2013). Situación del grano de café en el mercado mundial, Boletín informático N° 001. Lima, Perú. p. 4.
48. Mollaldo, A. M. (2002). Aspectos ecológicos de la fisiología del metabolismo en ecosistemas. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 72p.
49. Morales, M. (1996). Conservación de suelos y agua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Tragedia especial.
50. Palencia C., G.; Gomez S., R. y Gúiza P., O. (2009). Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Colombia. pp. 12 30.
51. Reátegui, M. (2010). Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos para el crecimiento de Colubrina glandulosa Perkins (Shaina), e fase de vivero en Tingo María. Tesis para optar título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – Mención ciencias forestales, Tingo María, Perú. 66p.
52. Rivas, U. (2013). Efecto de dosis de abono compuesto en dos variedades de café (*Coffea arabica* L.) en fase de vivero en Tingo María" Área foliar. Tesis Ing. En Recursos

- Naturales Renovables Mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 111 p.
53. Rodríguez F R. (2009). Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Teobroma cacao* L.) cultivar nacional [Tesis]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
 54. RON A P. (2004). Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero [Tesis]. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
 55. Rojas, P.K. (2017). Enmiendas orgánicas (guano de isla, humus y compost) en *Coffea arabica* l., variedad Costa Rica 95 en condiciones de vivero – en el fundo Be Hurt ubicado en la provincia de Satipo- Perú.49p.
 56. Sadeghian, K. H, Gaona, J. S. (2005). El suelo: formación y conservación. In: aula virtual cafetera. Programa de capacitación virtual. Nivel 1: fundamentos agronómicos. Editado en: Chinchiná (Colombia), Cenicafe-FNC-Fundación Manuel Mejía Sena
 57. Salamanca, A., y Sadeghiakh, S. (2008). Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Recuperado el 18 de 12 de 2016, de [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059\(02\)91-102.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059(02)91-102.pdf).
 58. Salazar A., J.N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Cenicafé 28(2):61-66. 1977
 59. Salvador, N.; Espinoza, E. y Rojas, J. (2012). Manual del cultivo de cacao blanco en Piura. Piura. pp. 20-30.
 60. Santos, C. A. (2005). Matéria orgânica de Argissolo vermelho e Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo e sob vegetação nativa: distribuição em frações físicas, qualidade e sorção do herbicida atrazina. 2005. 196 f. Tese (Doctorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
 61. Sánchez, S., G. Crespo, M. Hernández Y Y. García. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. Pastos Forrajes 31: 99-108
 62. Sanabria, D.; Silva - Acuña, R.; Oliveros, M.; Manrique, U. (2007). Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Bioagro 16(3): 225 – 230.

63. SERNANP. (2012). Plan de uso turístico y recreativo del Parque Nacional Tingo María 2012 - 2016. Huánuco, Perú.
64. Syers, K. y Springett, A. (1983). Earthworm ecology in grassland soils. En *Earthworm Ecology*, J.E. Satchell. Ed. Chapman and Hall, London, pp. 67-83.
65. Schuldt, M. (2004). El alimento de las lombrices. *Lombricultura fácil*. 35-48 p.
66. Somarriba, R. R., & Guzman, G. G. (2004). Análisis de la influencia de la cachaza de azúcar y estiércol de bovino como sustrato de lombriz roja californiana para producción de humus. Trabajo de diploma, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, Managua.
67. Sotelo, M. G., & Téllez, J. A. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L) variedad caturra. Tesis de Grado: Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía. Managua, Nicaragua. Recuperado el 09 de enero de 2017, de <http://repositorio.una.edu.ni/2020/1/tnf04s717.pdf>.
68. Stevenson, F. J., (1994). *Humus chemistry: genesis, Composition, Reactions*, 2nd ed. Wiley, New York
69. Velasco, V., J. B. Figueroa, R. Ferrera, A. Trinidad Y J. Gallegos. (2004). CO₂ y dinámica de poblaciones microbianas en compost de estiércol y paja con aireación. *Terra Latinoamericana* 22:307-316.
70. Walkley A, Black A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.
71. Yang, J.J., S.P. HU, X.C. Chen, M.G. YU, J. Liu, H. LI, C.F. Shen, J.Y. Shi, And Y.X. Chen. (2010). Transformation of lead solid fraction in the rhizosphere of *Elsholtzia splendens*: The importance of organic matter. *Water, Air, and Soil Pollution* 205: 333–342

VIII. ANEXO

Tabla 26. Concentración de Materia orgánica (%), nitrógeno (%) y pH en cada repetición de los tratamientos del sustrato al finalizar el experimento

Trat.	Trat.	pH				Materia orgánica (%)				Nitrógeno (%)			
		R1	R2	R3	Prom	R1	R2	R3	Prom	R1	R2	R3	Prom
T1	H (0%) + FDA (0)	4,72	4,90	4,81	4,81	5.40	5.40	5.39	5,40	0,27	0,27	0,27	0,27
T2	H (0%) + FDA (2)	4,08	3,97	4,04	4,03	6.00	6.00	5.99	6,00	0,30	0,30	0,30	0,30
T3	H (0%) + FDA (4)	4,19	4,02	4,12	4,11	5.70	6.00	5.86	5,85	0,29	0,30	0,29	0,29
T4	H (0%) + FDA (6)	4,37	4,35	4,37	4,36	6.00	6.00	6.01	6,00	0,30	0,30	0,30	0,30
T5	H (10%)+FDA (0)	5,56	6,30	5,94	5,93	5.70	6.00	5.86	5,85	0,29	0,30	0,29	0,29
T6	H (10%)+FDA (2)	5,03	4,92	4,99	4,98	5.40	5.70	5.54	5,55	0,27	0,29	0,28	0,28
T7	H (10%)+FDA (4)	4,52	4,54	4,52	4,53	6.00	6.00	6.01	6,00	0,30	0,30	0,30	0,30
T8	H (10%)+FDA (6)	4,57	4,60	4,58	4,58	6.00	6.00	6.01	6,00	0,30	0,30	0,30	0,30
T9	H (20%)+FDA (0)	6,00	6,16	6,09	6,08	5.70	6.00	5.86	5,85	0,29	0,30	0,29	0,29
T10	H (20%)+FDA (2)	5,30	5,30	5,31	5,30	5.70	5.70	5.71	5,70	0,29	0,29	0,29	0,29
T11	H (20%)+FDA (4)	4,60	4,50	4,56	4,55	6.00	5.70	5.86	5,85	0,30	0,29	0,29	0,29
T12	H (20%)+FDA (6)	5,02	4,64	4,82	4,83	5.70	5.70	5.69	5,70	0,29	0,29	0,28	0,28
T13	H (30%)+FDA (0)	4,83	6,41	5,63	5,62	5.70	6.00	5.84	5,85	0,29	0,30	0,29	0,29
T14	H (30%)+FDA (2)	5,57	5,63	5,61	5,60	5.70	5.70	5.71	5,70	0,29	0,29	0,29	0,29
T15	H (30%)+FDA (4)	5,65	5,20	5,44	5,43	5.40	5.40	5.41	5,40	0,27	0,27	0,27	0,27
T16	H (30%)+FDA (6)	4,70	4,06	4,39	4,38	6.00	6.00	6.01	6,00	0,30	0,30	0,30	0,30

H: Humus; FDA: fosfato diamonico

Tabla 27. Concentración de Fosforo disponible (ppm), potasio disponible (ppm) en cada repetición de los tratamientos del sustrato al finalizar el experimento.

Trat.	Descripción	Fosforo (ppm)				Potasio (ppm)			
		R1	R2	R3	Prom	R1	R2	R3	Prom.
T1	H (0%) + FDA (0)	12.39	7.76	10.09	10,08	234.00	269.00	251.51	251,50
T2	H (0%) + FDA (2)	10.41	12.88	11.66	11,65	244.00	259.00	251.51	251,50
T3	H (0%) + FDA (4)	16.85	13.54	15.21	15,20	210.00	221.00	215.51	215,50
T4	H (0%) + FDA (6)	15.86	15.36	15.62	15,61	224.00	217.00	220.49	220,50
T5	H (10%)+FDA (0)	12.55	15.20	13.89	13,88	323.00	331.00	327.01	327,00
T6	H (10%)+FDA (2)	14.21	11.56	12.90	12,89	252.00	260.00	256.01	256,00
T7	H (10%)+FDA (4)	15.20	13.54	14.37	14,37	208.00	194.00	201.00	201,00
T8	H 10%)+FDA (6)	13.38	14.54	13.97	13,96	213.00	204.00	208.49	208,50
T9	H (20%)+FDA (0)	17.34	17.51	17.44	17,43	305.00	315.00	310.01	310,00
T10	H (20%)+FDA (2)	17.34	18.00	17.68	17,67	203.00	205.00	204.01	204,00
T11	H (20%)+FDA (4)	16.68	18.83	17.75	17,75	203.00	197.00	200.00	200,00
T12	H (20%)+FDA (6)	18.00	15.53	16.78	16,77	212.00	195.00	203.51	203,50
T13	H (30%)+FDA (0)	17.01	13.05	15.04	15,03	204.00	289.00	246.51	246,50
T14	H (30%)+FDA (2)	18.00	17.01	17.52	17,51	222.00	218.00	220.01	220,00
T15	H (30%)+FDA (4)	16.35	17.84	17.12	17,10	222.00	206.00	214.02	214,01
T16	H (30%)+FDA (6)	17.01	16.19	16.61	16,60	206.00	200.00	203.01	203,00

H: Humus; FDA: fosfato diamonico

Tabla 28. Análisis de varianza de efectos simples del pH, M.O, N, P, K del suelo.

F.V.	GL	pH		M.O (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
A en b1	3	0,969	**	0,155	**	0,00039	**	28,169	**	4987,250	**
A en b2	3	1,396	**	0,106	**	0,00026	**	29,102	**	1881,188	**
A en b3	3	0,924	**	0,202	**	0,00051	**	7,543	**	204,825	NS
A en b4	3	0,140	NS	0,071	**	0,00018	**	4,979	*	198,538	NS
B en a1	3	0,370	**	0,245	**	0,00061	**	21,945	**	1134,940	**
B en a2	3	1,269	**	0,139	**	0,00035	**	1,184	NS	10075,030	**
B en a3	3	1,348	**	0,024	NS	0,00006	NS	0,597	NS	8676,883	**
B en a4	3	1,047	**	0,195	**	0,00049	**	3,530	NS	1024,142	**
error	32	0,061		0,008		0,00002		1,369		156,047	

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

** : Significación estadística al 1 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad

CM : Cuadrado medio

Sig : Significancia

Tabla 29. Altura de planta (cm) a los 30, 50, 70, 90 y 110 después del repique (ddr).

Trat.	Trat.	30 días				50 días				70 días				90 días				110 días			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	H (0%) + FDA (0)	7.03	6.33	6.60	6.58	7.35	6.65	6.73	7.03	7.68	6.90	7.03	7.10	8.00	7.50	7.63	7.53	8.35	7.90	8.58	7.88
T2	H (0%) + FDA (2)	8.60	7.43	7.83	7.63	9.28	8.20	8.35	8.20	9.58	8.40	8.75	8.78	10.38	9.63	9.93	9.75	11.23	10.43	10.98	10.83
T3	H (0%) + FDA (4)	7.78	7.63	7.80	7.53	8.23	8.05	8.13	8.48	8.55	8.43	8.75	8.63	9.00	8.80	9.08	9.38	10.13	9.65	10.18	10.78
T4	H (0%) + FDA (6)	8.55	7.03	7.25	7.05	9.48	7.58	7.63	7.48	10.05	7.93	8.00	7.95	10.85	8.40	8.78	8.53	11.70	9.20	9.38	9.38
T5	H (10%)+FDA (0)	7.83	8.93	7.73	7.35	8.90	10.08	8.68	8.88	9.70	11.13	9.65	9.93	11.75	13.05	11.43	11.75	13.88	15.03	13.33	13.90
T6	H (10%)+FDA (2)	7.75	7.88	7.88	8.48	8.98	9.50	8.70	9.15	10.48	10.18	9.73	10.30	12.73	11.93	11.58	12.78	15.03	13.45	13.38	14.75
T7	H (10%)+FDA (4)	7.33	7.58	7.55	6.90	8.70	8.43	8.63	8.88	9.58	9.03	9.25	9.95	11.38	10.33	11.28	12.28	12.90	11.53	12.50	14.35
T8	H (10%)+FDA (6)	7.73	7.38	7.40	7.33	8.78	8.53	8.50	8.83	10.05	9.85	9.00	10.03	11.63	11.73	10.18	11.73	12.88	13.30	11.10	13.45
T9	H (20%)+FDA (0)	8.18	7.93	7.98	7.53	9.53	9.30	9.10	9.10	10.53	10.50	9.93	10.63	12.43	12.18	11.48	12.75	14.98	14.20	12.75	15.20
T10	H (20%)+FDA (2)	7.10	7.50	7.53	8.35	8.43	9.05	9.13	9.83	9.73	10.13	10.13	10.65	11.73	12.03	12.00	12.58	13.98	14.03	13.95	14.50
T11	H (20%)+FDA (4)	7.30	7.85	7.05	8.15	8.80	9.25	9.03	10.18	9.78	10.10	10.13	11.15	11.08	11.80	11.65	13.20	12.93	12.95	13.03	15.23
T12	H (20%)+FDA (6)	11.10	7.00	7.40	7.80	12.60	7.90	9.10	9.60	13.50	9.00	10.40	11.10	14.00	10.60	11.90	13.00	15.00	12.30	13.70	14.20
T13	H (30%)+FDA (0)	8.20	7.28	8.63	7.15	9.93	8.73	10.10	9.08	10.83	10.00	11.50	10.40	12.83	11.08	13.25	12.80	14.10	12.45	14.83	15.38
T14	H (30%)+FDA (2)	7.53	7.30	7.35	8.00	8.73	8.48	8.38	9.78	9.73	9.10	9.10	11.28	10.48	10.15	10.05	13.28	11.20	11.20	11.30	15.13
T15	H (30%)+FDA (4)	7.08	7.98	8.13	7.35	8.55	9.20	9.43	8.73	9.30	9.58	10.40	9.70	10.15	9.90	11.55	10.83	11.48	10.18	13.00	12.98
T16	H (30%)+FDA (6)	8.10	7.78	7.23	8.08	9.57	8.83	8.93	9.60	10.30	9.30	9.98	10.25	11.10	10.18	11.83	11.63	11.70	10.50	13.50	12.45

H: Humus; FDA: fosfato diamónico

Tabla 30. Diámetro de tallo (cm) a los 30, 50, 70, 90 y 110 después del repique (ddr).

Trat.	Trat.	30 días				50 días				70 días				90 días				110 días			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4												
T1	H (0%) + FDA (0)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,22	0,21	0,21	0,22	0,24	0,23	0,23	0,24
T2	H (0%) + FDA (2)	0,17	0,18	0,18	0,17	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,20	0,21	0,21	0,23	0,23	0,24	0,22	0,27	0,26	0,22	0,25
T3	H (0%) + FDA (4)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,21	0,18	0,20	0,21	0,23	0,22	0,22	0,26	0,25	0,26	0,25
T4	H (0%) + FDA (6)	0,17	0,16	0,17	0,16	0,20	0,19	0,20	0,18	0,21	0,20	0,21	0,19	0,23	0,22	0,23	0,21	0,25	0,25	0,24	0,24
T5	H (10%)+FDA (0)	0,16	0,16	0,17	0,17	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,24	0,27	0,26	0,28	0,29
T6	H (10%)+FDA (2)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,19	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,24	0,24	0,23	0,24	0,28	0,29	0,29	0,30
T7	H (10%)+FDA (4)	0,17	0,17	0,16	0,16	0,21	0,19	0,18	0,21	0,21	0,20	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,28	0,27	0,27	0,29
T8	H (10%)+FDA (6)	0,18	0,16	0,16	0,16	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,21	0,20	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,26	0,26	0,24	0,26
T9	H (20%)+FDA (0)	0,16	0,17	0,18	0,17	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,24	0,25	0,24	0,28	0,27	0,27	0,27
T10	H (20%)+FDA (2)	0,15	0,15	0,17	0,16	0,19	0,19	0,20	0,19	0,20	0,21	0,22	0,21	0,24	0,23	0,24	0,25	0,28	0,27	0,28	0,28
T11	H (20%)+FDA (4)	0,16	0,15	0,18	0,16	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21	0,23	0,23	0,22	0,24	0,26	0,26	0,27	0,26	0,30
T12	H (20%)+FDA (6)	0,20	0,14	0,15	0,18	0,23	0,17	0,20	0,21	0,23	0,17	0,20	0,22	0,26	0,20	0,21	0,25	0,27	0,26	0,25	0,28
T13	H (30%)+FDA (0)	0,17	0,16	0,17	0,16	0,21	0,19	0,20	0,19	0,22	0,20	0,21	0,21	0,26	0,24	0,24	0,23	0,29	0,28	0,28	0,27
T14	H (30%)+FDA (2)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,24	0,23	0,23	0,23	0,28	0,28	0,27	0,27
T15	H (30%)+FDA (4)	0,17	0,18	0,16	0,17	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,22	0,23	0,27	0,26	0,27	0,27
T16	H (30%)+FDA (6)	0,17	0,17	0,17	0,16	0,19	0,19	0,18	0,18	0,20	0,20	0,20	0,19	0,22	0,20	0,22	0,21	0,26	0,24	0,26	0,26

H: Humus; FDA: fosfato diamonico

Tabla 31. Duncan del diámetro de tallo de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles de humus aplicado

(A) Niveles de humus	n	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		Prom	Sig.	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig
H (30%) "a4"	16	0,17	a	0,19	a	0,2	a	0,23	a	0,27	a
H (20%) "a3"	16	0,16	a	0,20	a	0,2	a	0,24	a	0,27	a
H (10%) "a2"	16	0,17	a	0,2	a	0,2	a	0,23	a	0,27	a
H (0) "a1"	16	0,17	a	0,19	a	0,2	a	0,22	b	0,25	a

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

Tabla 32. Duncan de diámetro de planta a los 30, 50, 90 y 110 días después del repique por efecto de los niveles del FDA aplicado (B).

(B) Niveles FDA (g/planta)	n	30 días		50 días		70 días		90 días		110 días	
		Prom	Sig.	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig	Prom	Sig
FDA (6) "b4"	16	0,17	a	0,19	a	0,21	a	0,22	a	0,26	a
FDA (4) "b3"	16	0,17	a	0,19	a	0,21	a	0,23	a	0,27	a
FDA (2) "b2"	16	0,17	a	0,19	a	0,21	a	0,23	a	0,27	a
FDA (0) "b1"	16	0,17	a	0,20	a	0,21	a	0,23	a	0,27	a

Letras diferentes en las columnas, representan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), n (número de observaciones), Sig (significancia), prom. (promedio), H (humus).

Tabla 33. Volumen radicular y área foliar de plántones de café a 110 días después del repique

Trat.	Descripción	Volumen radicular				Área foliar			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	H (0%) + FDA (0)	1,00	1,00	0,90	1,10	578,95	610,53	594,74	594,60
T2	H (0%) + FDA (2)	1,00	1,00	1,10	0,90	621,05	557,89	622,10	589,80
T3	H (0%) + FDA (4)	0,50	1,00	0,75	0,75	494,74	494,74	495,20	494,10
T4	H (0%) + FDA (6)	1,00	1,00	1,00	1,00	442,11	252,63	389,20	315,50
T5	H (10%)+FDA (0)	1,10	0,80	0,95	0,95	842,11	694,74	758,50	778,60
T6	H (10%)+FDA (2)	0,70	0,90	0,80	0,80	784,21	810,53	798,20	797,10
T7	H (10%)+FDA (4)	0,50	0,40	0,45	0,50	821,05	884,21	853,40	851,80
T8	H (10%)+FDA (6)	1,00	0,50	0,75	0,75	652,63	694,74	671,68	675,50
T9	H (20%)+FDA (0)	1,00	0,80	0,90	0,90	873,68	757,89	814,50	816,80
T10	H (20%)+FDA (2)	0,80	1,00	0,90	0,90	873,68	915,79	900,10	887,80
T11	H (20%)+FDA (4)	0,60	0,80	0,70	0,70	810,53	547,37	679,80	679,10
T12	H (20%)+FDA (6)	0,70	0,60	0,65	0,65	736,84	536,84	635,90	637,50
T13	H (30%)+FDA (0)	0,80	1,00	0,90	0,90	968,42	757,89	864,15	862,30
T14	H (30%)+FDA (2)	0,20	0,40	0,30	0,30	621,05	410,53	515,50	515,20
T15	H (30%)+FDA (4)	0,20	0,10	0,15	0,15	389,47	357,89	373,50	372,98
T16	H (30%)+FDA (6)	0,40	0,50	0,45	0,45	705,26	600,00	650,50	653,80

H: Humus; FDA: fosfato diamónico.

Tabla 34. Análisis de varianza de efectos simples resumido de altura de plantas, diámetro de tallo, volumen radicular y área foliar de plántones de café a 110 días después del repique.

F.V.	GL	Altura de planta		Diámetro de tallo		Volumen radicular		Área foliar	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
A en b1	3	47,923	**	0,002	**	0,012	**	73150,266	**
A en b2	3	13,595	**	0,001	**	0,516	**	163107,930	**
A en b3	3	11,171	**	0,001	**	0,401	**	235548,554	**
A en b4	3	14,252	**	0,000	*	0,279	*	124769,055	*
B en a1	3	6,980	**	0,000	*	0,083	*	72435,737	*
B en a2	3	3,224	NS	0,001	**	0,222	**	29924,845	**
B en a3	3	0,591	NS	0,000	NS	0,092	NS	76121,422	**
B en a4	3	6,172	**	0,000	*	0,560	*	231923,729	*
Error	32	1,148		0,000		0,010		3144,576	

Tabla 35. Biomasa (%) de los pláctones de café a los 110 días después del repique

Trat.	Descripción	Biomasa (%)			
		R1	R2	R3	R4
T1	H (0%) + FDA (0)	15,70	15,00	16,20	15,90
T2	H (0%) + FDA (2)	14,70	15,20	15,00	13,90
T3	H (0%) + FDA (4)	13,80	13,90	13,90	13,60
T4	H (0%) + FDA (6)	12,80	12,90	12,40	13,10
T5	H (10%)+FDA (0)	26,70	26,50	26,50	27,10
T6	H (10%)+FDA (2)	25,90	25,70	26,10	25,90
T7	H (10%)+FDA (4)	24,90	25,00	24,80	24,90
T8	H (10%)+FDA (6)	22,50	23,00	22,00	22,50
T9	H (20%)+FDA (0)	23,50	23,70	23,50	23,30
T10	H (20%)+FDA (2)	23,50	23,70	24,10	22,70
T11	H (20%)+FDA (4)	22,50	23,10	22,40	22,00
T12	H (20%)+FDA (6)	21,50	20,51	21,90	22,10
T13	H (30%)+FDA (0)	22,10	22,00	22,20	22,10
T14	H (30%)+FDA (2)	16,50	17,10	16,90	15,50
T15	H (30%)+FDA (4)	11,70	11,50	11,70	11,90
T16	H (30%)+FDA (6)	11,60	11,50	11,60	11,70

Tabla 36. Análisis de varianza de efectos simples de la biomasa del café a los 110 días después del repique.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		
					5%	1%	
A en b1	3	341,5467	113,849	700,602	2,80	4,22	**
A en b2	3	465,6533	155,218	955,177	2,80	4,22	**
A en b3	3	666,6000	222,200	1367,371	2,80	4,22	**
A en b4	3	518,8374	172,946	1064,272	2,80	4,22	*
B en a1	3	24,5867	8,196	50,434	2,80	4,22	*
B en a2	3	53,1200	17,707	108,963	2,80	4,22	**
B en a3	3	14,6334	4,878	30,017	2,80	4,22	**
B en a4	3	395,7733	131,924	811,835	2,80	4,22	*
error	48	7,8001	0,163		1,62	1,98	

* : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

** : Significación estadística al 1 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad



Figura 3. Repique y riego de las plantas de café.



Figura 4. Riego de los plantones de café en etapa de emergencia.



Figura 5. Evaluación de altura de planta y riego de los plantones de café



Figura 6. Riego de los plantones de café con 50 días después del trasplante.



Figura 7. Evaluación de altura de planta, número de hoja y diámetro de tallo.



Figura 8. Aplicación del fosfato diamónico a los plántones de café.