

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) UTILIZANDO
DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN
LA ETAPA DE VIVERO**

POR:

BAIRON ALEJANDRO MONTEZ CASTILLO

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) UTILIZANDO
DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN
LA ETAPA DE VIVERO**

POR:

BAIRON ALEJANDRO MONTEZ CASTILLO

**ESMELYM OBED PADILLA M. SC.
ASESOR PRINCIPAL**

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A:

Dios: Mi guía

Mis padres: Paula Castillo Laínez y Alejandro Montez Flores

Mis hermanos: Jehimy Ojizeh, Keysis Paola, Steven Javier, Cristal Alexandra, Iris Darlenis y Eva Odith

Mis abuelos: Juan Castillo y Patricia Laínez

Mis sobrinos, tíos y primos.

“Este triunfo le pertenece primero a Dios y seguidamente a ustedes”.

AGRADECIMIENTO

A:

Dios, por brindarme la oportunidad de lograr un objetivo más, ser mi guía en toda mi carrera profesional. Sin Él nada hubiese sido posible, es por su gracia y amor; hoy aseguro que sus promesas son verdaderas para mí, cuando afirma: No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia. Su fidelidad es para siempre.

Mis padres, por ser las personas que Dios me regaló para ser formado en su amor, quienes me han apoyado de manera incondicional sin importar los obstáculos a los cuales se enfrentaran, depositar su confianza en mí, inculcándome valores y motivarme a ver cada reto como una oportunidad para seguir adelante. Es Dios y ustedes, el motor que me permitió culminar la meta que juntos emprendimos.

Hermano y hermanas, por su ternura, apoyo emocional, por inspirarme a ser un patrón que puedan seguir esperando que algún día alcancen superarlo; ese es mi mayor anhelo, asimismo permitir enseñarles que si tienes a Dios de tu lado “Todo es posible”.

Mis sobrinos, que sin lugar a duda son una fuente de motivación para lograr las metas que me propongo.

Mis abuelos, tíos y demás familiares que confiaron en mi desde el inicio cuando emprendí esta carrera, darme consejos muy valiosos y por estar presentes en todo momento.

Ministerio Cristiano Amigos De Jesús, por: ser mi familia cristiana, compartir nuestra fe, su amistad y apoyo espiritual-emocional, durante mi estancia en la universidad. “Hermanos siempre estarán presente en mi mente y corazón” en especial: Oscar Raudales,

Rudy López, Ronal Ramos, Job Lemus, Lucy Moreno, Sofía Moreno, Diana Reyes, Elizabeth Rodríguez, Lesman Rodríguez y todos los jóvenes guerreros en la intercesión.

Mis amigos de la Iglesia La Voz De Cristo, por mantenerme en sus oraciones, siendo esta un arma poderosa que me mantuvo firme hasta el final.

Mis compañeros de la clase “JETZODIAM”, en especial a mis hermanos: Evelyn Nieto, David Molina y José Nataren por esos momentos compartidos durante la estadía en nuestra querida alma mater.

Mis compañeros y amigos de habitación: Richard Antúnez (QDDG), Melvin Carbajal, Cristian Castillo, Juan Muñoz, Luis Leiva, Darlin Colindres entre otros. Por estar ahí en esos momentos cuando necesitas el apoyo de un hermano.

La Lic. Nydia Osejo (QDDG) y familia, por ser personas especiales en mi vida. Profe me encantaría que hubiese visto hecho realidad mi sueño.

Mis asesores de tesis, especialmente M. Sc. Esmelym Obed Padilla así también Ph. D. Elio Duron Andino e Ing. Porfirio Bismar Hernández por su apoyo, y dedicación durante esta investigación.

Mis amigos, internos y externos a esta institución, por sus muestras de aprecio hacia mi persona.

Cuerpo docente, por brindarme sus conocimientos y aportar con mi formación como profesional de las ciencias agrícolas. Así también al personal administrativo, de campo y servicios de la Universidad Nacional de Agricultura que con su aporte hacen posible mejores nuestros días en la institución.

Mi alma mater, Universidad Nacional de Agricultura por brindarme la oportunidad de ser un hijo más de esta prestigiosa institución y formarme bajo su lema (trabajo, estudio y disciplina), valores fundamentales para la vida.

El Instituto Nacional Agrario y desde luego al Estado de Honduras, por el programa de becas y financiamiento económico de mis estudios durante este proceso.

A usted que ha dedicado parte de su valioso tiempo para leer este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESÚMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Fases previas al establecimiento de un vivero de café.....	3
3.1.1 Semillero	3
3.1.2 Selección de la semilla	3
3.1.3 Siembra de la semilla	4
3.2 Vivero	4
3.2.1 Trasplante a bolsas de polietileno	4
3.2.2 Manejo de sombra	5
3.2.3 Control de plagas y enfermedades	5
3.2.4 Riego	5

3.2.5 Control de malezas	5
3.3 Fertilización del vivero	6
3.4 Nitrógeno	6
3.4.1 Función del nitrógeno.....	7
3.4.2 Deficiencias de nitrógeno.....	7
3.5 Fosforo	7
3.5.1 Función del fosforo	8
3.5.2 Deficiencias de fosforo.....	8
3.6 Potasio.....	8
3.6.1 Función del potasio	9
3.6.2 Efecto de la fertilización potásica	9
3.6.3 Deficiencias de potasio.....	9
IV. MATERIALES Y MÉTODO	11
4.1 Ubicación del experimento	11
4.2 Materiales y equipo.....	11
4.3 Manejo del experimento	11
4.4 Descripción de los niveles evaluados	12
4.5 Diseño experimental	13
4.5.1 Modelo estadístico.....	13
4.6 Variables evaluadas	13
4.6.1 Altura de planta	13
4.6.2 Número de hojas.....	13
4.6.3 Diámetro de tallo.....	14
4.6.4 Área foliar	14
4.6.5 Mortalidad	14
4.6.6 Deficiencias.....	14
4.7 Análisis estadístico	14

V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
5.1	Altura de planta.....	16
5.2	Diámetro de tallo	18
5.3	Número de hojas	20
5.4	Área foliar	23
5.5	Mortalidad.....	25
5.6	Deficiencias nutricionales.....	27
VI.	CONCLUSIONES	29
VII.	RECOMENDACIONES	30
IX.	BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXOS		36

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Niveles de fertilización nitrogenada y potásica evaluados en la producción de plántulas de café en etapa de vivero.....	12
Cuadro 2. Respuesta del nivel de fertilización nitrogenada y potásica para las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar.....	16
Cuadro 3. Promedio para la variable mortalidad de plantas en respuesta a los niveles de nitrógeno y potasio.....	27
Cuadro 4. Deficiencias nutricionales según categorías observadas en los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comportamiento en la variable altura de planta (cm) respecto al nivel de N	17
Figura 2. Efecto del nivel de K sobre la altura de plántulas (cm).....	18
Figura 3. Manifestación en la variable diámetro de tallo (cm) con relación al nivel de N	19
Figura 4. Expresión de la variable diámetro de tallo (cm) en relación al nivel de K....	20
Figura 5. Manifestación de la interacción entre los niveles de N * K sobre el diámetro de tallo (cm).....	21
Figura 6. Efecto del nivel de N sobre la variable número de hojas por planta.....	22
Figura 7. Comportamiento en la variable número de hojas en relación al nivel de K.....	23
Figura 8. Variación del número de hojas en las plántulas de café por efecto de la interacción entre los niveles de N * K.....	24
Figura 9. Influencia de los niveles de N sobre el área foliar(cm ²) de la planta.....	25
Figura 10. Comportamiento de la variable área foliar (cm ²) de la planta en relación al nivel de K.....	26
Figura 11. Efecto de los niveles de N sobre la mortalidad de las plántulas.....	28
Figura 12. Manifestación de los niveles de K sobre la mortalidad de las plántulas.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de plantas.....	38
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos.....	38
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta.....	38
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable área foliar.....	38
Anexo 5. Cronograma de actividades.....	39
Anexo 6. Formato hoja para toma de datos.....	40
Anexo 7. Croquis del experimento en vivero.....	41
Anexo 8. Imágenes del experimento.....	42

Montez Castillo, B.A. 2016. Producción de plántulas de café (*Coffea arabica*) utilizando diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica en la etapa de vivero. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras C.A. pág. 53

Palabras claves: vivero, plántulas de café, fertilización, nitrógeno, potasio.

RESÚMEN

El experimento se realizó en la sección de cultivos industriales, departamento académico de producción vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en la ciudad de Catacamas, Olancho; en los meses comprendidos entre septiembre de 2015 y enero de 2016. Con el objetivo de determinar el comportamiento agronómico en la producción de plántulas de café en la etapa de vivero se evaluó el efecto de diferentes niveles de N y K para buscar una alternativa de fertilización que compense las necesidades que demanda la planta en esta etapa. Se utilizó un diseño completo al azar, con tres repeticiones. Conformado por tres niveles de N (25 kg, 50 kg y 100 kg), tres niveles de K (20 kg, 40 kg y 80 kg) y un testigo. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, mortalidad y deficiencias nutricionales; cabe destacar que las últimas dos variables se analizaron por observación. Solamente las variables diámetro de tallo y número de hojas por planta mostraron diferencia estadística significativa ante los niveles de N y K evaluados. El mayor promedio de número de hojas se obtuvo con la aplicación de 100 kg de N y 80 kg de K; para el diámetro de tallo los mayores promedios se obtuvieron con los niveles 25 y 20 kg de N y K respectivamente. Se realizó un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SPSS y se utilizó la prueba de comparación de medias Tukey con 5% de significancia ($P < 0.05$).

I. INTRODUCCIÓN

La actividad cafetalera es el rubro de mayor influencia en el sector agrícola de Honduras; más de 110,000 familias se benefician directamente de la explotación del cultivo. Actualmente existen 112,000 productores los cuales siembran más de 400 mil manzanas de café en 15 de 18 departamentos. Entre octubre de 2014 y febrero de 2015, Honduras exportó un total de 2.16 millones de quintales frente a 1.78 millones de quintales del mismo período de la cosecha anterior, cerrando con una comercialización de 4.2 millones de quintales (IHCAFE, 2014).

Para tener éxito en el cultivo del café (*Coffea arabica*) una opción tecnológica consiste en utilizar plántulas sanas de buena calidad, al momento del establecimiento del cafetal; en tal sentido, los caficultores ejecutan una serie de prácticas agronómicas en las que se incluye el manejo nutricional. Para ello, los productores lo realizan de manera convencional, aplicando fertilizantes químicos siendo el más utilizado el 18-46-0 (DAP); sin embargo, su uso se encuentra limitado por su alto costo económico, lo que restringe su adquisición para los pequeños productores de café.

Dado que los caficultores no cumplen con las necesidades nutricionales que demanda la planta en esta fase, en los viveros se desarrollan plántulas no aptas para trasplante. Para solucionar esta problemática se realizó la presente investigación cuyo objetivo principal es evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de café (*Coffea arabica*) en etapa de vivero. Como una alternativa que puedan adoptar los productores en el país para producir plántulas sanas y vigorosas en vivero que garanticen su desarrollo y asimilación al momento de su trasplante en campo definitivo, y de esta manera el cultivo sea rentable para el productor.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de café (*Coffea arabica*) en etapa de vivero.

2.2 Específicos

Identificar cuál de las diferentes aplicaciones con nitrógeno y potasio presenta mayor potencial en la producción de plántulas de café en vivero.

Determinar las diferencias en el desarrollo y el crecimiento vegetativo que presenta la plántula de café como respuesta al nivel de fertilizante aplicado.

Buscar una alternativa de fertilización en vivero que compensen la necesidad de nitrógeno y potasio que demanda la planta de café para su desarrollo en esta etapa.

Identificar los macro y micronutrientes que presenten deficiencias en plántulas de café en la fase de vivero.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Fases previas al establecimiento de un vivero de café

3.1.1 Semillero

El semillero es el medio utilizado para la siembra de semillas y donde esta permanecerá entre 50 y 75 días previos al trasplante. El sustrato para la preparación del semillero debe ser preferentemente arena de río (Ordoñez, 2001). Similar resultado encontró Escoto (2009), donde evaluó diferentes sustratos para la producción de plántulas en semillero, en el cual el tratamiento usando arena como base obtuvo los mejores porcentajes de emergencia de semillas, pero presenta mayor incidencia de enfermedades causadas por hongo debido a la humedad, por lo que se debe tener un buen control para evitar problemas durante esta etapa.

Según PROCAFE (2014), puede utilizarse suelo, siempre y cuando no sea muy arcilloso, y algunas mezclas como arena + suelo + pulpa de café, en proporciones iguales procurando que la pulpa de café esté bien descompuesta. Uno de los factores importantes para tener éxito en el semillero, es la desinfección del suelo, labor que protegerá al cultivo de maleza, plagas y enfermedades, esto se reflejará en plantas de mejor calidad.

3.1.2 Selección de la semilla

Mora (2008), destaca que al establecerse un semillero de café o de cualquier cultivo, es fundamental disponer de semilla bien seleccionada, con alto poder de germinación, además de la pureza genética y sanidad, porque de ello depende en gran medida, el éxito de la futura siembra. Según FAO (2006), se cosechan las cerezas maduras de la parte media de la planta, se despulpan a mano, se fermentan por 14 a 27 horas de acuerdo a la temperatura del lugar, se lava y se seca la semilla a la sombra. Posteriormente se

selecciona la semilla tipo planchuela, eliminando la semilla pequeña y deforme (caracol, triángulo y elefante).

3.1.3 Siembra de la semilla

Se siembra en surcos espaciados a diez centímetros, se deposita la semilla a chorrillo y se cubre con una capa del mismo sustrato, procurar que quede a una profundidad de 2 centímetros. Las camas se tapan con algún material vegetal (hoja de plátano, palma o bambú) la cual se retira cuando empiezan a germinar las primeras semillas, lo que ocurre entre los 40 y 60 días, dependiendo de la temperatura del lugar (PROCAFE, 2014).

3.2 Vivero

Estudios realizados argumentan que la etapa de vivero consiste en traer las plántulas de café del semillero a un sustrato con mayor cantidad de nutrientes para que desarrollen la capacidad de asimilar su trasplante al campo definitivo, recibiendo un cuidado individualizado. Existen dos formas, una es por siembra directa de las plántulas al suelo y la otra por siembra en bolsas de polietileno negro (FUNDESYRAN, 2010).

Para ANAGROSS (2014), las condiciones a considerar al igual que el semillero, debe ser un terreno cercano, de fácil acceso, cercano a una fuente de agua, preferentemente plano o de pendiente ligera, libre de piedras, troncos o raíces y preferentemente cercano a donde se establece el semillero. Según FHIA (2001), es importante que esté protegido de vientos fuertes y de los animales.

3.2.1 Trasplante a bolsas de polietileno

El trasplante a bolsas de polietileno que contiene suelo, se efectúa en la etapa de emergencia del primer par de cotiledones (chapola), seleccionando las plántulas con una adecuada formación de raíz y calidad fitosanitaria. Permanecen de 4 a 6 meses en vivero antes de ser llevadas a campo. En esta etapa, las plántulas se fertilizan con productos químicos, aplicados periódicamente (ICAFE, 2004).

3.2.2 Manejo de sombra

El sombreado es recomendable para lograr plantas sanas y vigorosas los viveros se establecen bajo una sombra construida de forma tradicional, sin embargo, existen tres sistemas de sombreado, que el productor puede utilizar: tradicional, cobertizo artificial fijo y cobertizo semifijo. Un mes antes del trasplante se le quita toda la sombra para ir adaptando las plantas del vivero al sol (ANAGROSS, 2014).

3.2.3 Control de plagas y enfermedades

Ureña (2009), resalta que el mejor control de plagas (insectiles y fungosas) se da con la prevención. El monitoreo continuo, una nutrición balanceada, utilizar agua apta para el riego (libre de contaminantes), controlar la cantidad de riego que se aplica al vivero y dejando como último recurso el uso de insumos agrícolas y cercar bien el vivero para que no entren animales domésticos ni silvestres.

3.2.4 Riego

Los riegos se aplican constantemente según la necesidad del cultivo y la época, ya que en épocas secas demanda mayor cantidad de agua. Este se realiza humedeciendo completamente el sustrato de las bolsas (FUNDESYRAN, 2010).

3.2.5 Control de malezas

El control de malezas en viveros se hace de preferencia en forma manual, utilizando el azadón para eliminar las malezas de la calle, y manualmente las malezas que crece dentro de la bolsa. El uso de herbicidas es efectivo pero delicado, ya que puede causar fitotoxicidad cuando no se aplica adecuadamente (Ordoñez, 2001).

3.3 Fertilización del vivero

Según la Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (2008), en vivero el fertilizante se aplica después de remover la capa superior del sustrato en la bolsa, teniendo cuidado de no colocarlo al pie de la planta. Las dosis más frecuentes de fertilizantes varían de 0.48 a 0.60 g de N y K₂O, y de 0.60 a 0.96 g de P₂O₅ por bolsa (Arizaleta *et al* citado por Arizaleta y Pieri, 2007). Los elementos minerales que con mayor frecuencia limitan la producción agrícola son: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro y zinc; siendo por ello los más utilizados en programas de fertilización (Chávez, 1999).

3.4 Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la planta y el fruto, dándole una condición de vigor y "frescura" a los cafetos; Es el elemento que más rápidamente da una mayor y más constante respuesta y debe aplicarse al suelo por medio del fertilizante; de una manera oportuna y considerable, para lograr un buen desarrollo (Coffee Research Institute US, 2001). El nitrógeno puede aplicarse al cafeto en diversas formas. La urea constituye la forma en que el nitrógeno es más rápidamente asimilable por el cafeto. El sulfato de amonio es una fuente de acción más retardada, pero que tiene efectos más duraderos (MISTI, s.f).

El nitrógeno es absorbido por la planta en forma NO₃ o NH₄. Los compuestos de Nitrógeno comprenden del 40 al 50% en el peso de la materia seca en la sustancia del protoplasma y consecuentemente de la sustancia viviente de las células de las plantas. Es por esta razón que de nitrógeno se requiere por lo general en cantidades relativamente grandes durante todo el proceso de desarrollo de las plantas. De ahí se deduce que sin un adecuado abastecimiento de este nutrimento no puede llevarse a cabo un desarrollo apreciable en las plantas (INTECAP y ANACAFE citado por Lemus, 2006).

3.4.1 Función del nitrógeno

El nitrógeno es importante para incrementar la producción, es el componente de las proteínas, aminoácidos, amidas, alcaloides y coenzimas, forma parte además de la clorofila y citocromos. Es el elemento constitutivo de los ácidos nucleicos responsables de la transferencia de la información genética (Carvajal, 1984). Participa en la formación y desarrollo de botones florales y minimiza la muerte descendente asociada con potasio. (Malavolta citado por Lemus, 2006).

3.4.2 Deficiencias de nitrógeno

Según MISTI (s.f), el nitrógeno es un elemento esencial del cual se requiere un buen suministro para el crecimiento del cafeto. Su carencia provoca:

- Hojas cloróticas y ligeramente más pequeñas.
- Crecimiento pobre.
- Defoliación.
- Muerte regresiva.
- Reducción de la producción.

Los síntomas visibles de una deficiencia de nitrógeno se presentan primero en las hojas viejas o desarrolladas del arbusto y progresa hacia las partes jóvenes cuando se torna severa. Se presenta una clorosis uniforme que avanza de la base hacia el ápice de la hoja y de la vena central hacia los bordes de ésta. Cuando la deficiencia es más severa se torna más clorótica y abarca todo el limbo. El nitrógeno es un elemento móvil que puede translocarse de las partes más viejas de la planta hacia las más jóvenes. Por esto la clorosis se manifiesta primero en las hojas de mayor edad.

3.5 Fosforo

El fósforo juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas es constituyente de muchos compuestos esenciales como ácidos nucleicos, azúcares, fosforados, núcleo - proteínas, enzimas, vitaminas y fosfolípidos. Una de las principales funciones está

relacionada con los procesos energéticos dentro de la planta. En general los suelos del trópico presentan contenidos bajos de fósforo, esta situación se hace crítica especialmente en suelos tipo ultisoles y andisoles en donde se presentan mecanismos de fijación en el que intervienen elementos como el hierro y aluminio (Coffee Research Institute US, 2001).

Las formas iónicas H_2PO_4 y $HP0_4$ son las absorbidas por los mecanismos activos y forman rápidamente compuestos orgánicos (Carvajal, 1984).

3.5.1 Función del fosforo

El fósforo contribuye enormemente a la formación de raíces en los primeros estados de crecimiento del cafeto (etapa de vivero y en los dos primeros años de establecido en el campo). Forma parte de las moléculas que transportan energía en la planta; interviene en la formación de los órganos reproductores de la estructura floral y en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; juega un papel importante en la asimilación del Nitrógeno (Torres citado por Lemus, 2006).

3.5.2 Deficiencias de fosforo

Los síntomas visibles de una deficiencia de P se presentan con una clorosis lobular entre las venas de las hojas más viejas en las ramas inferiores del arbusto. Estas hojas presentan unas manchas de forma irregular de color amarillo-bronceado y pueden contener unas áreas con un tinte rojizo. La defoliación es evidente y aunque no es un síntoma visible hay un pobre desarrollo del sistema radical. Este elemento es bien requerido en la etapa juvenil de las plantitas para el buen crecimiento de las raíces (Loli y Aquino, 2011).

3.6 Potasio

El potasio es absorbido en forma K^+ . El potasio lo contienen los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes lo que confirma su alto requerimiento por las plantas, al igual que el nitrógeno (Carvajal, 1984).

Se ha mostrado que el contenido de potasio en las plantas generalmente es más alto de lo necesario para el desarrollo saludable y se considera que por lo general el potasio a menudo es absorbido más de lo necesario por las plantas (INTECAP y ANACAFE citado por Lemus, 2006). A diferencia de la mayoría de los nutrientes, el potasio no forma parte constitutiva de compuestos orgánicos. No obstante, está presente en todos los tejidos vegetales y experimenta gran movilidad. (Carvajal, 1984).

3.6.1 Función del potasio

Su rol en la planta es múltiple: Es el catión más importante, no solo respecto a su alto contenido en los frutos, sino también respecto a sus funciones bioquímicas y fisiológicas tales como: a) Activación de enzimas; b) Crecimiento y división celular en tejidos jóvenes; c) Síntesis de carbohidratos, proteínas y aceites; d) Transporte de azúcares a través del floema usando ATPasa como fuente de energía; e) Uso del agua: la absorción de agua por las raíces y regulación de la transpiración; f) Mayor tolerancia a condiciones estresantes debido a la sequía, salinidad, heladas y enfermedades, y g) Regulador de los balances iónicos en la planta (Mengel y Kirkby citado por Melgar, 2014).

3.6.2 Efecto de la fertilización potásica

El potasio es conocido como el “elemento de calidad” para la producción agrícola. Una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de la calidad de los cultivos (Imas, 2014). El potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO, 2002).

3.6.3 Deficiencias de potasio

Las plantas deficientes en K tienden a deshidratarse especialmente en los días soleados y con calor. La falta de K deteriora el vigor en invierno y reduce la resistencia a enfermedades e infecciones. Los síntomas de deficiencia se vuelven visibles primero en

las hojas más viejas mostrando clorosis en los bordes y en la parte intervenal. Bajo condiciones de deficiencias severas el tejido de las hojas se torna necrótico, estas se encarrujan doblándose hacia abajo, y finalmente se desprenden de la planta (Molino Gorbea Raps Trigo Avena, 2014).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Sección de Cultivos Industriales, Departamento Académico de Producción Vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada a seis kilómetros al sureste de la ciudad de Catacamas en el departamento de Olancho, con una altura de 350 msnm, temperatura anual promedio de 25°C, humedad relativa de 74% y una precipitación promedio anual de 1311mm (Departamento de Ingeniería Agrícola, 2014).

4.2 Materiales y equipo

Para la realización del experimento se utilizaron los siguientes materiales: plántulas de café de la variedad Lempira, bolsas de polietileno tamaño 6 x 8 pulg, sustrato para embolsar, azadón, machete, cuerda, cinta métrica, bolsas transparentes, libreta de campo, productos fertilizantes como: Urea (nitrógeno) KCl (potasio) y 18-46-0 (fósforo), agua, balanza analítica, pie de rey, regla graduada y papel milimetrado.

4.3 Manejo del experimento

La investigación se realizó en vivero con las siguientes dimensiones: 5 m de largo por 3 m de ancho por lo que las condiciones de manejo fueron similares. Como sustrato se utilizó suelo a una relación 3:1. Luego se procedió a llenar las bolsas (6x8 pulg.), y se alinearon, colocando en cada unidad experimental tres líneas de cuatro bolsas cada una, dejando 45 cm entre cada unidad experimental.

Al momento del trasplante se utilizaron plántulas de semilleros ya establecidos de 50 días de emergidas, seleccionando chapolas (plántulas que presentan dos hojas cotiledóneas y

tallo de tres cm. de altura) sanas de tamaño uniforme, vigorosas, con raíces bien formadas, sin daño alguno. Se realizaron labores agronómicas y culturales como:

- ✓ Riego diario porque el experimento se realizó en el periodo de temporada crítica.
- ✓ Control de malezas de forma manual para mantener las plantas libres de hierbas, de esta manera se obtienen plantas más vigorosas al eliminar competencia.
- ✓ Control de plagas, a través de monitoreo constante para prevenir ataque.

4.4 Descripción de los niveles evaluados

Se evaluaron diferentes niveles de fertilizantes. Realizando única aplicación 15 días después de trasplante. Los niveles de fertilizantes evaluados, se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles de fertilización nitrogenada y potásica evaluados en la producción de plántulas de café en etapa de vivero.

N kg ha⁻¹	K kg ha⁻¹	Aporte de nitrógeno y potasio por planta
25	20	N= 0.15 g
		K= 0.035 g
25	40	N= 0.15 g
		K= 0.07 g
25	80	N= 0.15 g
		K= 0.14 g
50	20	N= 0.21 g
		K= 0.035 g
50	40	N= 0.21 g
		K= 0.07 g
50	80	N= 0.21 g
		K= 0.14 g
100	20	N= 0.32 g
		K= 0.035 g
100	40	N= 0.32 g
		K= 0.07 g
100	80	N= 0.32 g
		K= 0.14 g
0	0	K y N= 0

4.5 Diseño experimental

En el experimento se utilizó el diseño completo al azar (DCA) con tres niveles de fertilización nitrogenada, tres niveles de fertilización potásica y un testigo. Cada nivel de fertilización nitrogenada, potásica y el testigo estuvo conformado por tres repeticiones, obteniendo un total de 30 unidades experimentales. Las unidades experimentales estuvieron formadas por 12 plantas de la variedad Lempira, se tomaron las plantas centrales para la evaluación. La asignación de los tratamientos se realizó mediante sorteo.

4.5.1 Modelo estadístico

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} = Variable Aleatoria observable

μ = Efecto de la media

T_j = Efecto del j-ésimo Tratamiento

E_{ij} = Efecto del error.

4.6 Variables evaluadas

4.6.1 Altura de planta

En la determinación de esta variable se midieron cada una de las plantas del área útil, desde la base del tallo hasta el ápice, como instrumento de medición se utilizó una regla graduada en milímetros para así poder diferenciar la altura de cada una de las plántulas tratadas con los diferentes niveles de fertilizante.

4.6.2 Número de hojas

Este parámetro se determinó contando las hojas, desde cotiledóneas hasta el último par de hojas verdaderas, en todas y cada una de las plántulas del área útil.

4.6.3 Diámetro de tallo

Para medir esta variable se tomaron las plantas centrales de cada unidad experimental y se midió la base del tallo en cada una de ellas utilizando para ello un pie de rey graduado en milímetros.

4.6.4 Área foliar

Para cuantificar esta variable se tomaron 2 plantas representativas de cada unidad experimental y se determinó el área foliar mediante el empleo de papel milimétrico.

4.6.5 Mortalidad

La medición de esta variable se determinó mediante observación contando las plantas muertas en cada una de las unidades experimentales.

4.6.6 Deficiencias nutricionales

Esta variable se determinó mediante la observación y comparación de las plantas de cada unidad experimental a través de fibrinas descargadas y encontrados en documentos en la web.

4.7 Análisis estadístico

A los datos obtenidos de las variables evaluadas, exceptuando las variables mortalidad de plantas y deficiencias nutricionales, se les realizó un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el programa estadístico SPSS, las medias se compararon mediante la prueba Tukey al 5% para encontrar diferencias estadísticas significativas entre los niveles, también se efectuó un análisis de regresión.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el cuadro 2 se presenta los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica, estos inciden positiva o negativamente sobre el comportamiento agronómico de las plántulas de café en etapa de vivero. Según los datos obtenidos respecto a las variables altura de planta y área foliar los resultados mostraron una igualdad estadística ($P \geq 0.05$). Posiblemente el área foliar se vea afectado por el crecimiento de la planta. Es importante destacar que en relación a las variables diámetro de tallo y número de hojas por planta los resultados manifestaron una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). Otros autores han indicado que, en general, las fertilizaciones con N afectan favorablemente el diámetro de tallo y el número de hojas de las plántulas (Dufault, 1986; Basocuu y Nicola, 1995; citado por Rangel *et al*, 2002).

Cuadro 2. Respuesta del nivel de fertilización nitrogenada y potásica para las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar.

Nivel de N kg ha ⁻¹	Nivel de K en kg ha ⁻¹	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallos (cm)	Número de hojas por planta	Área foliar (cm ²)
25	20	4.40	0.180	3.83	20.93
25	40	4.72	0.193	4.50	35.63
25	80	5.27	0.215	5.00	42.17
50	20	5.47	0.190	4.83	69.50
50	40	4.33	0.153	3.83	35.27
50	80	5.22	0.168	5.17	40.37
100	20	4.62	0.187	5.83	45.07
100	40	5.20	0.185	4.83	52.97
100	80	5.68	0.152	6.00	44.83
Testigo		5.28	0.150	4.00	45.77
C.V. (%)		18.82	15.370	20.11	57.85
R ²		22.6	56.4	59	23.5
ANAVA		NS	*	*	NS
R ² = Coeficiente de determinación					
C.V.= Coeficiente de variación					

5.1 Altura de planta

La variable altura de planta no mostró una respuesta diferente entre los niveles de nitrógeno. La figura 1 manifiesta que las plantas alcanzan una mayor altura sin la aplicación de fertilizante, la alta respuesta puede deberse a que el suelo posee nitrógeno en cantidades suficientes para ser absorbidos por la planta. No obstante, la altura tiende a disminuir al aplicar 25 kg de N y aumentar exponencialmente al elevar la dosis a 50 y 100 kg ha⁻¹ respectivamente. Aún la dosis más alta no supera la altura alcanzada sin fertilización, posiblemente la planta detiene el crecimiento como consecuencia de un gasto de energía al tratar de asimilar el fertilizante en esta etapa. Según (Fernández y López, 1971) encontraron una respuesta positiva a nitrógeno cuando se aplicó a plántulas que tenían tres meses de edad, (Giraldo y Rubiano, 1974), hallaron un efecto negativo de N en el crecimiento de café en la etapa de almácigo. También (Salazar 1977), afirma que la respuesta negativa del N puede estar asociada con la época de aplicación. Según (Cenicafé, 2014), los resultados de las investigaciones desarrolladas en Colombia indican que durante la etapa de vivero el suministro de este elemento afecta negativamente el crecimiento de las plantas cuando se aplica en forma de urea.

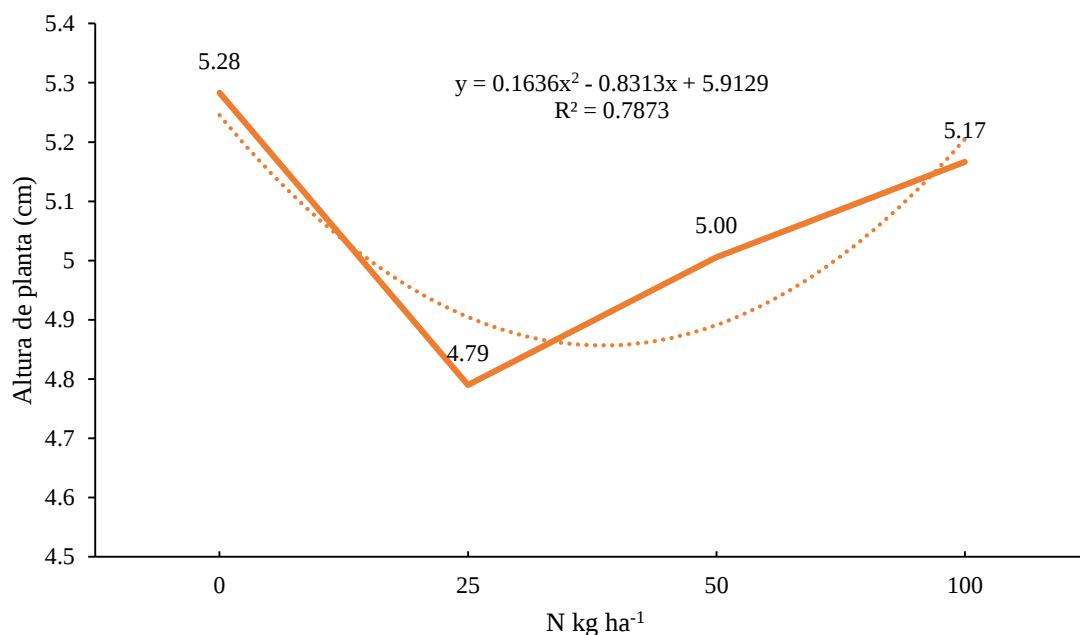


Figura 1. Comportamiento en la variable altura de planta (cm) respecto al nivel de N.

La respuesta de la variable altura de planta para los niveles de potasio en kg ha^{-1} no manifestó diferencia significativa. El mejor comportamiento (óptimo biológico) ocurre sin suministro de fertilizante, este efecto puede estar asociado a características propias del suelo, que posee este nutriente en cantidades requeridas por la planta. Las plántulas manifestaron una tendencia a disminuir gradualmente al aplicar 20 y 40 kg ha^{-1} siendo este último el que registro el promedio más bajo. Al evaluar las dosis de 80 y 0 kg ha^{-1} se encontró que los resultados fueron estadísticamente similares, con una diferencia de 0.10 cm por tal razón se argumenta que para las condiciones del suelo utilizado en esta investigación no se requiere grandes cantidades de potasio. Este macronutriente, a pesar de ser un elemento móvil dentro de la planta, al incrementar su aplicación no responde positivamente en el crecimiento de la misma, estos resultados pueden atribuirse a que la mayor demanda se presenta en los procesos de elaboración y movilización de azúcares y almidones, maduración de frutos; además influye en el rendimiento; calidad del grano, resistencia a plagas y sequías, esto quiere decir que su efecto no interviene significativamente en procesos de crecimiento y desarrollo vegetal. Según (Sadeghian, 2012) encontró que durante la etapa de vivero de café un exceso en la cantidad de fertilizantes como los sulfatos de potasio puede incrementar la conductividad eléctrica en el suelo, con efectos nocivos en el crecimiento de las plantas.

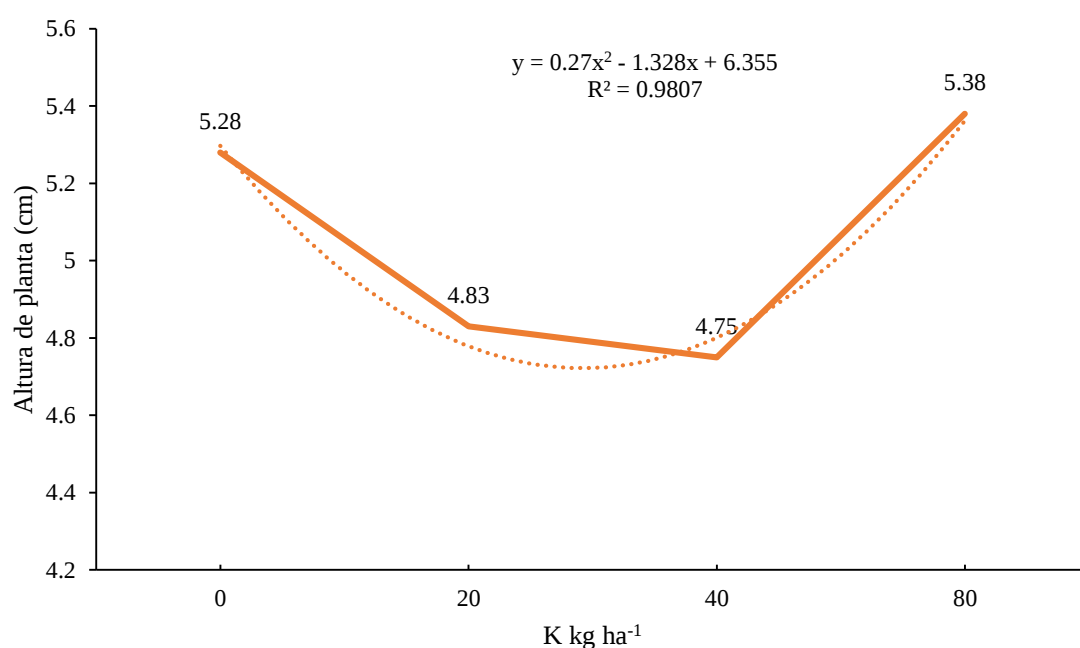


Figura 2. Efecto del nivel de K sobre la altura de plántulas (cm).

5.2 Diámetro de tallo

Los resultados de los datos obtenidos para la variable diámetro de tallo muestran una diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) con la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en las plantas de café, como lo muestra la figura 3 donde se observa que el diámetro mínimo se da sin aplicación de fertilizante y la mejor respuesta a dosis suministrada ocurre en el punto de inflexión (25 kg ha^{-1}), señalando que con este nivel se alcanza el máximo diámetro, esto quiere decir que niveles entre 0 y 25 kg pueden manifestar mejores resultados en cuanto al aprovechamiento del N para esta variable influenciados con el papel fisiológico de este nutriente el cual es indispensable para el desarrollo de la planta. También se observa que esta variable disminuye con niveles mayores a 25 kg de N y al incrementar la dosis a 100 kg experimenta un leve aumento, pero estadísticamente sus resultados son muy similares. En la investigación realizada por (Irías, 1986), se encontraron resultados análogos, en los cuales a medida se incrementa la dosis de nitrógeno por planta decrece el diámetro del tallo de estas.

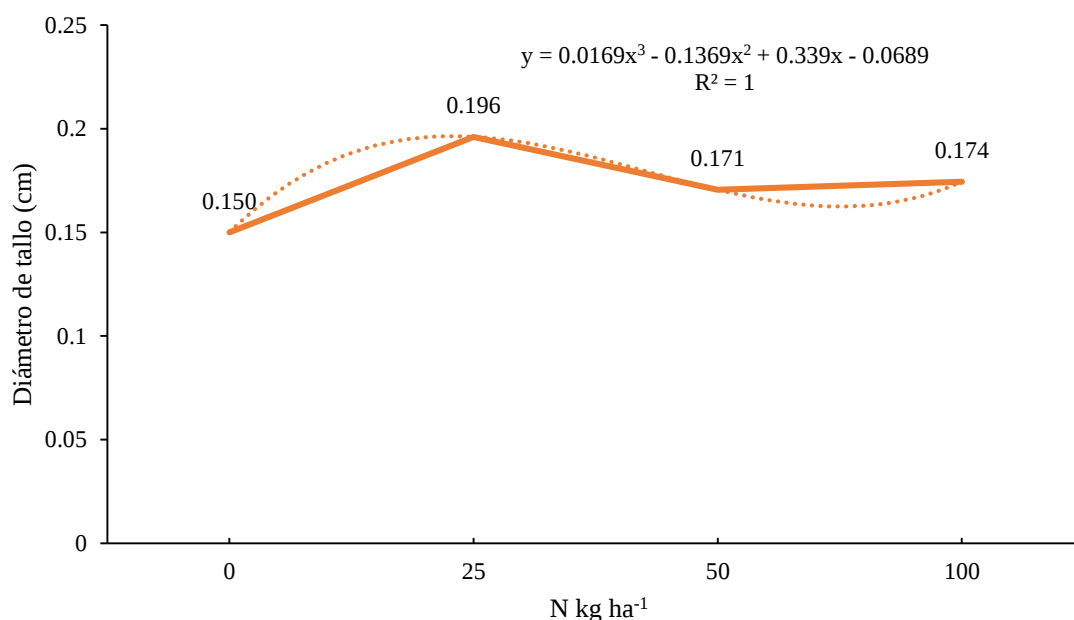


Figura 3. Manifestación en la variable diámetro de tallo (cm) con relación al nivel de N.

La aplicación con diferentes niveles de potasio muestra diferencias estadísticas significativa ($P < 0.05$) como lo expresa el cuadro 2. En la figura 4 se observa la respuesta de la planta en base al diámetro de tallo, presentando los mejores resultados al aplicar 20

kg de potasio, siendo el nivel 0 kg ha⁻¹ el que mostró un menor crecimiento en cuanto al diámetro. No obstante, el gráfico demuestra que los niveles más bajos, es decir aquellos entre 0 y 20 kg son los que presentan la mejor respuesta indicando que niveles superiores muestran efecto semejante. Estos resultados posiblemente pueden estar relacionados con el efecto que provoca el nitrógeno en la planta, estimulando de alguna forma una acción sinérgica al aplicar potasio. El diámetro es un buen indicador del vigor de las plántulas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden trasladarse a los sitios de demanda

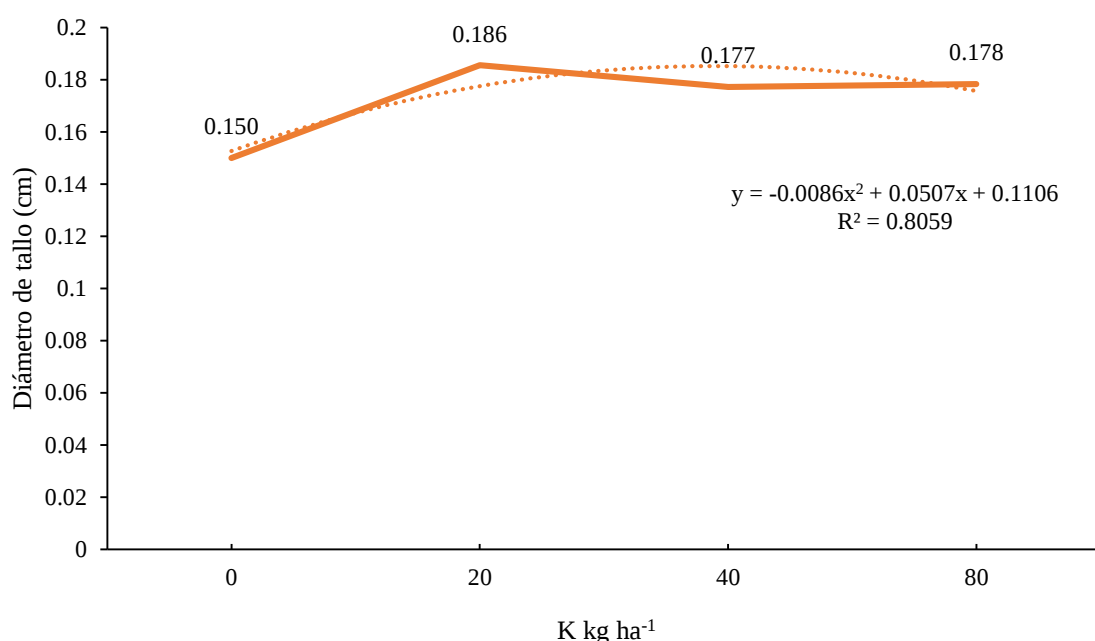


Figura 4. Expresión de la variable diámetro de tallo (cm) en relación al nivel de K.

En la siguiente figura se muestra la interacción entre N y K para la variable diámetro de tallo. Aparentemente el mayor diámetro se manifiesta con 25 kg de N y 80 kg de K, pero al analizar mejor los resultados se muestra un alto comportamiento con la interacción de 25 kg de N y 20 kg de K. Con un aumento solamente a medida se incrementan los niveles de K para el nivel 25 kg de N. Se presenta una tendencia a disminuir el diámetro al aumentar los niveles de potasio en los niveles 50 y 100 kg de N. El promedio de crecimiento más bajo ocurre con la interacción 100 kg de N y 80 kg de K. Estos resultados posiblemente se deben a que al aumentar las sales de potasio y el amonio en el suelo se vean afectada las raíces de la planta manifestando tal efecto en el diámetro.

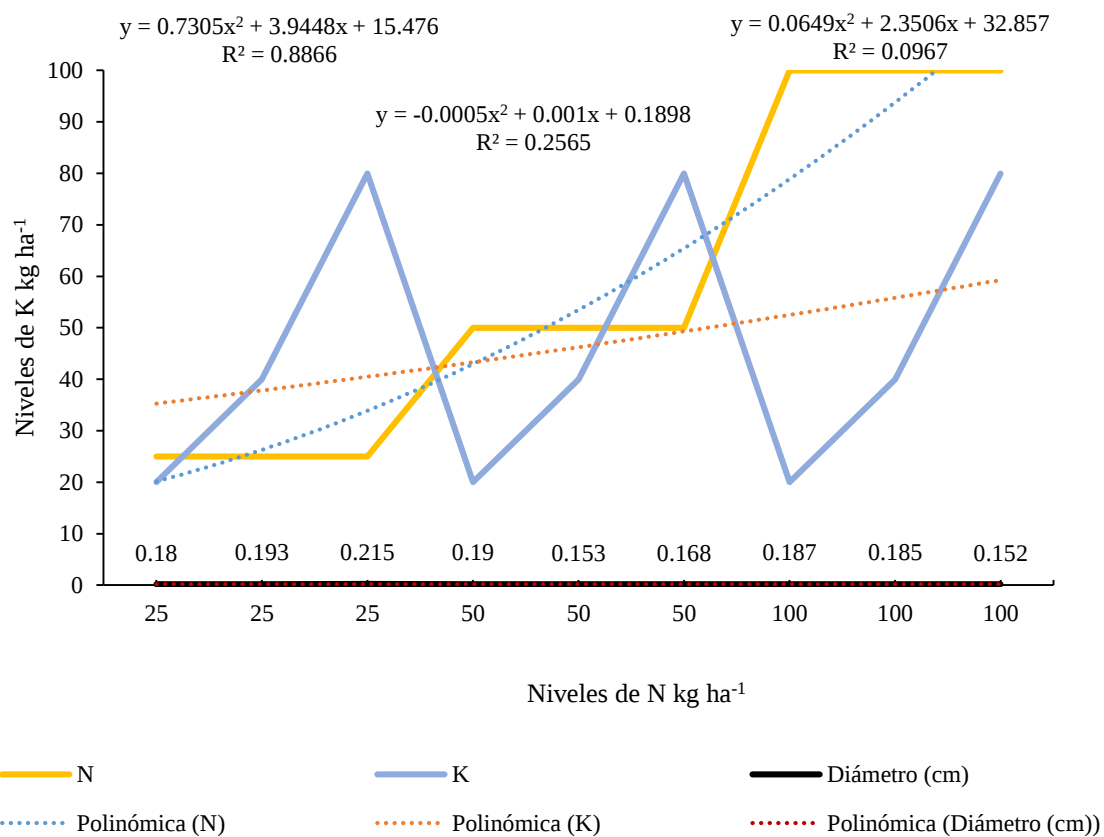


Figura 5. Manifestación de la interacción entre los niveles de N * K sobre el diámetro de tallo (cm).

5.3 Número de hojas

Al realizar el análisis de varianza para esta variable se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los niveles. La prueba de medias nos indica que las plantas evaluadas con el nivel de 100 kg N presentaron mayor número de hojas, tal como se observa en la figura 6 y el nivel con menor número de hojas corresponde a 0 kg de N. El resto de los niveles presentaron comportamiento similar entre ellos. La respuesta positiva de la planta posiblemente es atribuida a que al nitrógeno se le considera componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en procesos de crecimiento y desarrollo vegetal ya que favorece el desarrollo del follaje. La importancia fisiológica del número de hojas radica en una mayor área para realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, una mayor producción de esqueletos carbonatados, los cuales son utilizados o almacenados en el tallo.

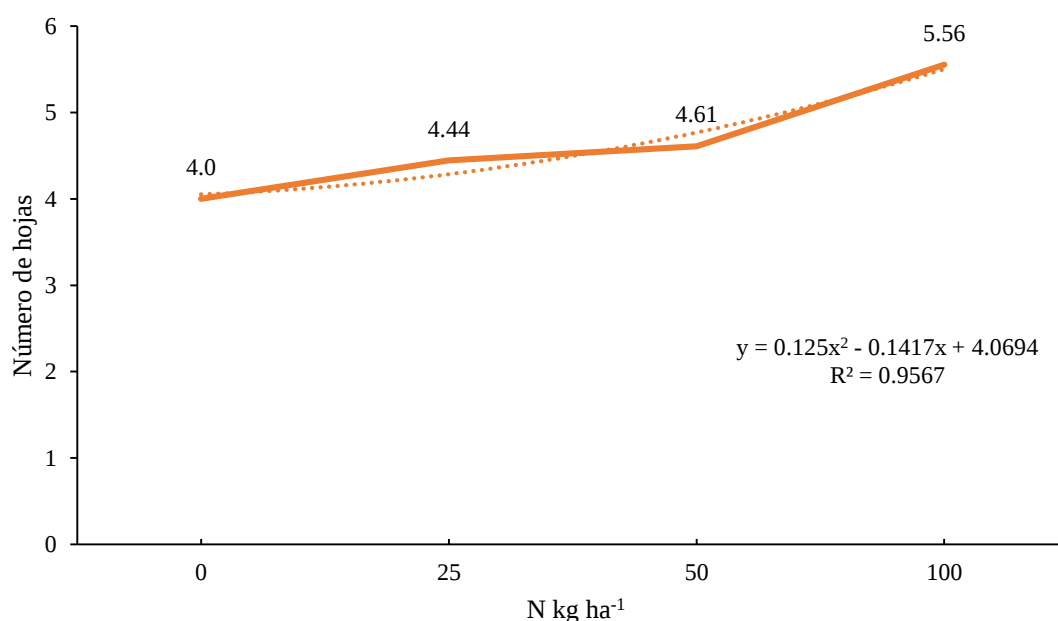


Figura 6. Efecto del nivel de N sobre la variable número de hojas por planta.

La aplicación de potasio en la fertilización de plántulas de café causa un efecto significativo ($P < 0.05$) para la variable número de hojas como lo muestra el cuadro 2. En la figura 7 se observa que el mínimo número de hojas ocurre sin aplicación de fertilizante, con una tendencia a aumentar al aplicar 20 kg y disminuir con 40 kg. El mayor número de hojas se da con el nivel de 80 kg ha⁻¹. Herrera (2001) argumenta en su investigación que el nitrógeno asociado con el potasio presentan una función desempeñada en la formación de la parte vegetativa, tratando de explicar el sinergismo existente entre el catión del potasio y el anión del nitrógeno, la limitación de uno de estos nutrientes paralizaría el crecimiento foliar de la plántula.

Morales (2012) en su investigación al aplicar el fertilizante foskal a plantas de café en vivero, encontró efectos positivos en el número de hojas, posiblemente porque este fertilizante aporta el fósforo en como fosfitos de potasio. Asimismo, algunos trabajos demuestran que el fosfito de potasio en dosis adecuadas estimula el crecimiento de la planta con nuevos brotes, (Lobatt y Mikkelsen 1999).

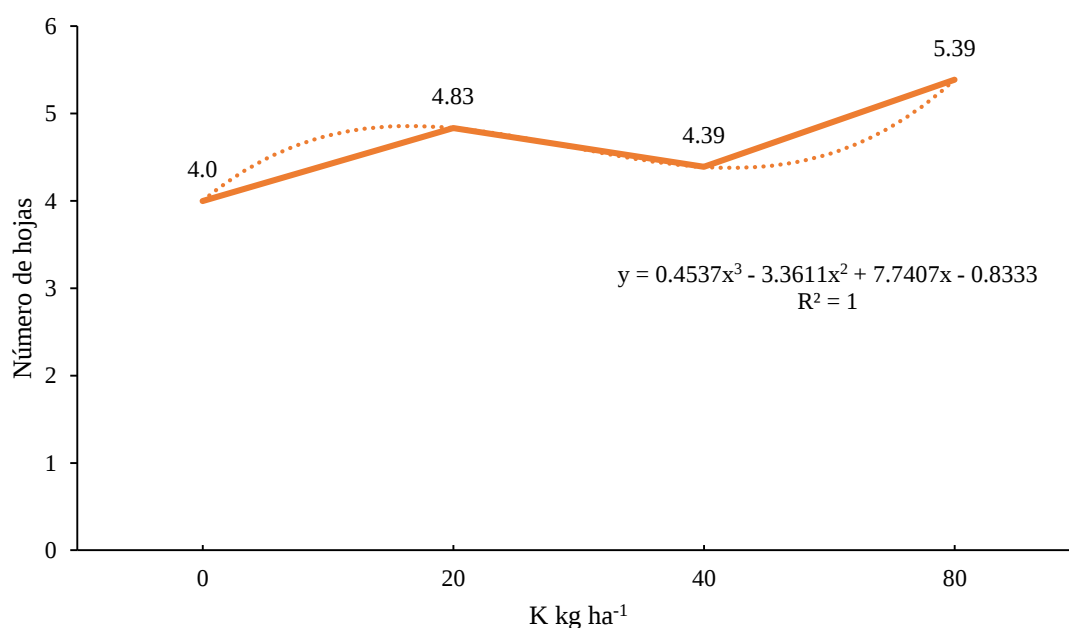


Figura 7. Comportamiento en la variable número de hojas en relación al nivel de K.

Mediante la aplicación de diferentes niveles de N y K se observó que el mayor número de hojas ocurre con la interacción de 100 kg de N y 80 kg de K, estos datos son muy similares a los que presenta la aplicación de 100 kg de N y 20 kg de K, de la cual se puede decir que es la mejor respuesta de la planta. Existe una tendencia a aumentar el número de hojas al aumentar los niveles tanto de N como de K. Las respuestas más bajas para esta variable se presentaron con las interacciones 50 y 40 kg de N y K respectivamente.

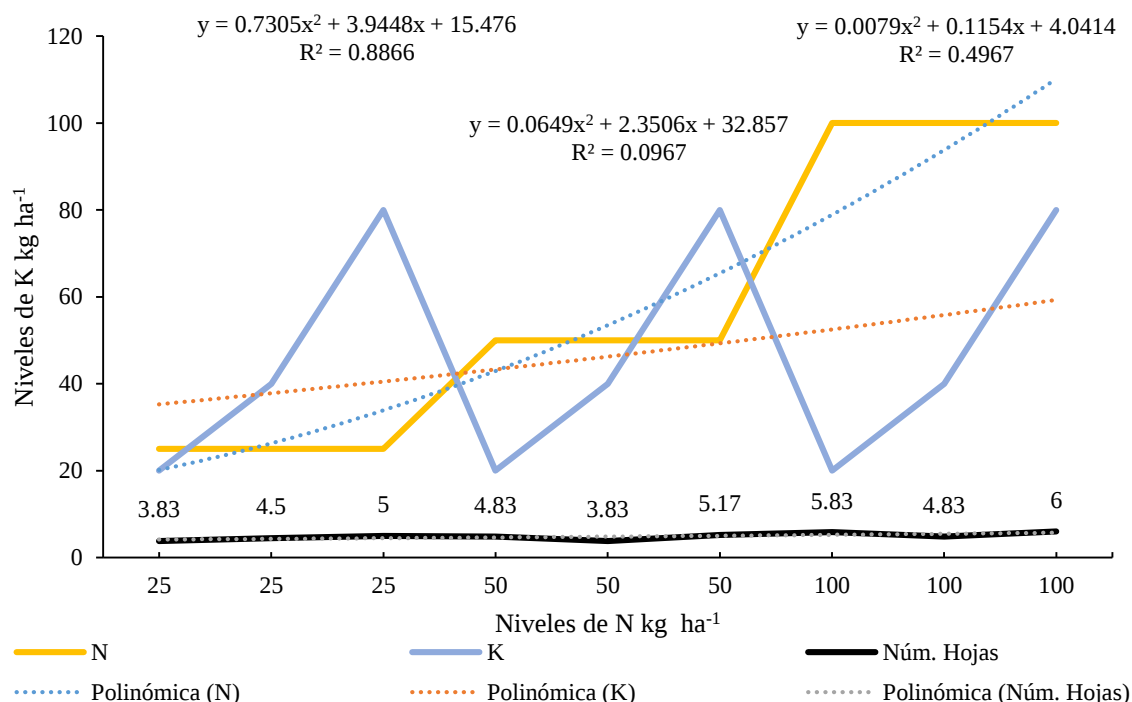


Figura 8. Variación del número de hojas en las plántulas de café por efecto de la interacción entre los niveles de N * K.

5.4 Área foliar

El análisis de varianza para esta variable mostró una igualdad ($P \geq 0.05$). En la siguiente figura se muestra la respuesta de la planta en cuanto al nivel de N aplicado en base al área foliar, observando que el testigo fue el que presentó los mejores resultados en relación a esta variable. El nivel de 25 kg fue el promedio más bajo y el que mostró una mayor área foliar fue el de 50 kg y al aumentar la dosis a 100 kg tiende a disminuir levemente y se mantiene constante. Estos resultados pueden deberse a que la cantidad de N disponible en el suelo es lo suficientemente necesario sustentando la poca respuesta a su aplicación.

Además, que las investigaciones realizadas demuestran que las plántulas de café en vivero no tienen una respuesta positiva en cuanto al crecimiento, cuando se realiza aplicación de nitrógeno en forma de urea probablemente como consecuencia de las dosis empleadas. Para corregir la anterior situación se sugiere suministrar cantidades más bajas (Arizaleta *et al*, 2002) o realizar fraccionamiento (Hidalgo, 1984).

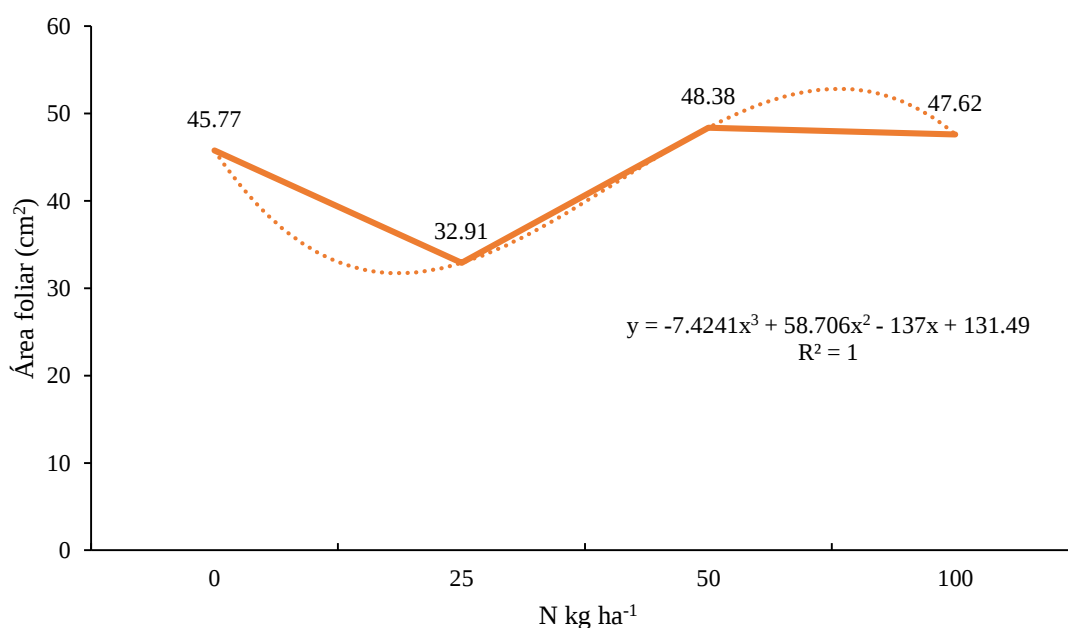


Figura 9. Influencia de los niveles de N sobre el área foliar (cm²) de la planta.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la fertilización potásica en etapa de vivero tiene un efecto inversamente proporcional, tal y como se observa en la figura 10 donde se expresa que a medida aumenta la cantidad de 0 a 40 kg ha⁻¹ el área foliar disminuye, logrando un aumento cuando se realiza una aplicación de 80 kg. El mejor comportamiento ocurre sin fertilización y la respuesta más baja para esta variable es con un nivel de 40 kg ha⁻¹. La respuesta más favorable para esta variable ocurre con niveles entre 0 y 20 kg.

Los resultados encontrados posiblemente pueden deberse a que las cantidades de potasio en el suelo son lo suficiente para satisfacer las necesidades de la planta en esta etapa y al aplicar fertilizante ocurre una alta concentración, durante su reacción en el suelo los iones K⁺ son retenidos entre las arcillas y la materia orgánica, mientras que los iones Cl⁻ son fácilmente lixiviados ocasionando cierta acumulación de cloruros con la consecuente salinización del perfil de suelo. Debido a su fuerte efecto salino probablemente tenga un efecto inversamente proporcional al incrementar el nivel de fertilización. Además que las funciones del potasio se ven más reflejadas en la etapa reproductiva de la planta dado que interviene en la calidad de los frutos, no así en la parte vegetativa

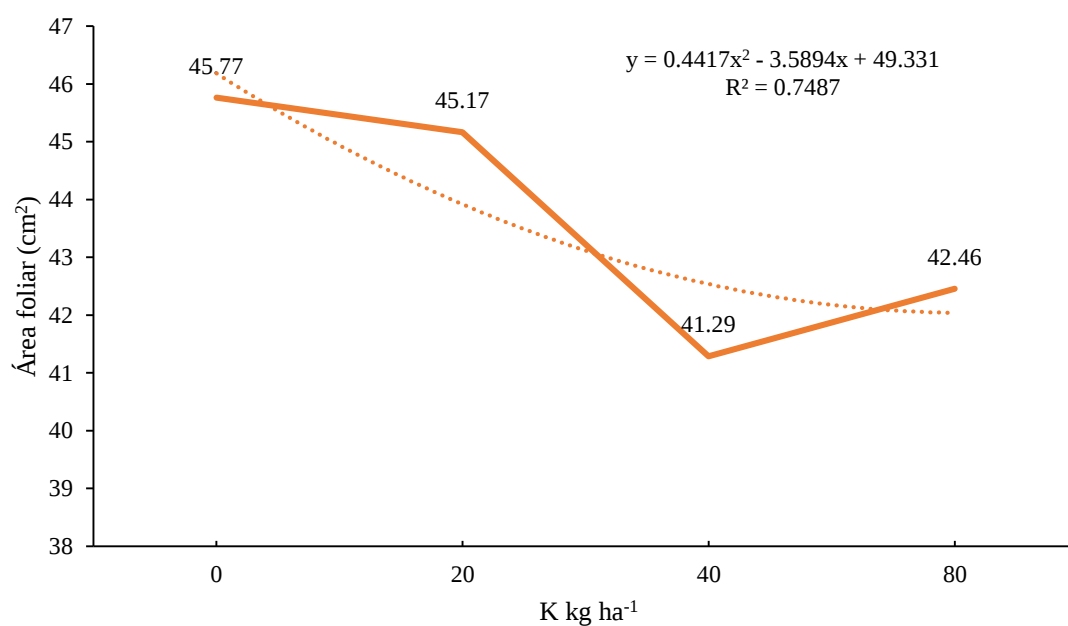


Figura 10. Comportamiento de la variable área foliar (cm²) de la planta en relación al nivel de K.

5.5 Mortalidad

En el cuadro 3 se presentan los promedios para la variable mortalidad de plantas en respuesta a los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica.

Cuadro 3. Promedio para la variable mortalidad de plantas en respuesta a los niveles de nitrógeno y potasio.

N kg ha ⁻¹	K en kg ha ⁻¹	Mortalidad de plantas
25	20	1
25	40	3
25	80	2
50	20	4
50	40	8
50	80	15
100	20	16
100	40	21
100	80	20
0	0	1

La figura 11 muestra que medida se incrementa los niveles de fertilización nitrogenado tiende a aumentar la mortalidad. Presentando el mejor comportamiento con aplicaciones entre 0 y 25 kg ha⁻¹. Las mayores pérdidas de plantas se obtienen con el nivel 100 y fue el testigo quien registró menos mortalidad.

La urea en el suelo sufre un proceso de hidrólisis $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Bajo condiciones de un pH alto, altas temperaturas y alta humedad del suelo, una gran parte del amonio que se forma, se convierte en amoniaco $\text{NH}_4 + \text{OH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. La concentración alta de amoniaco es tóxica para las raíces de las plantas, especialmente las plantas jóvenes. A consecuencia un alto porcentaje del nitrógeno que fue aplicado en forma de urea se perdió a la atmósfera, mientras que la concentración de amoniaco en la zona de raíces ha alcanzado niveles tóxicos llevando a la mortalidad en las plantas.

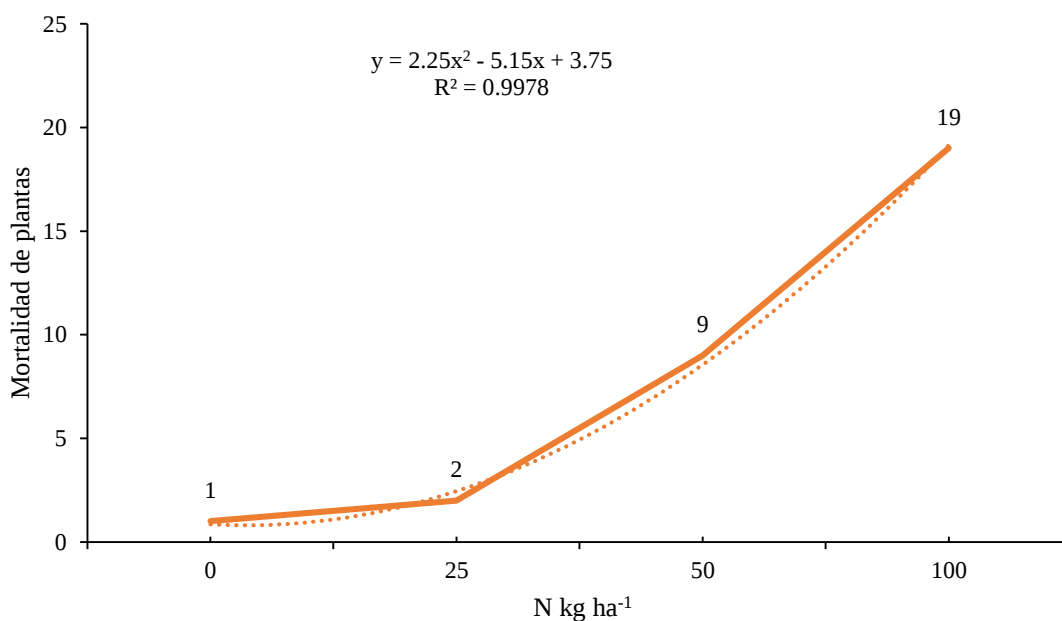


Figura 11. Efecto de los niveles de N sobre la mortalidad de las plántulas.

La siguiente figura muestra que a medida aumenta los niveles de fertilizante potásico, tiende a incrementar la mortalidad. El mejor comportamiento para esta variable ocurre con aplicaciones entre 0 y 20 kg ha⁻¹. Las mayores pérdidas de plantas se registraron al realizar aplicación de 80 kg y fue el testigo quien presentó menos mortalidad.

El efecto de la mortalidad posiblemente se debe a que un aumento de sales en la solución del suelo, que se encuentra en las bolsas produce un aumento de la presión osmótica que causa la deshidratación de las plantas y toxicidad, provocando un daño temprano e imposibilitando la recuperación de las mismas de tal forma que no permitieron ser evaluadas, razón por la cual el testigo no presentó dicho problema.

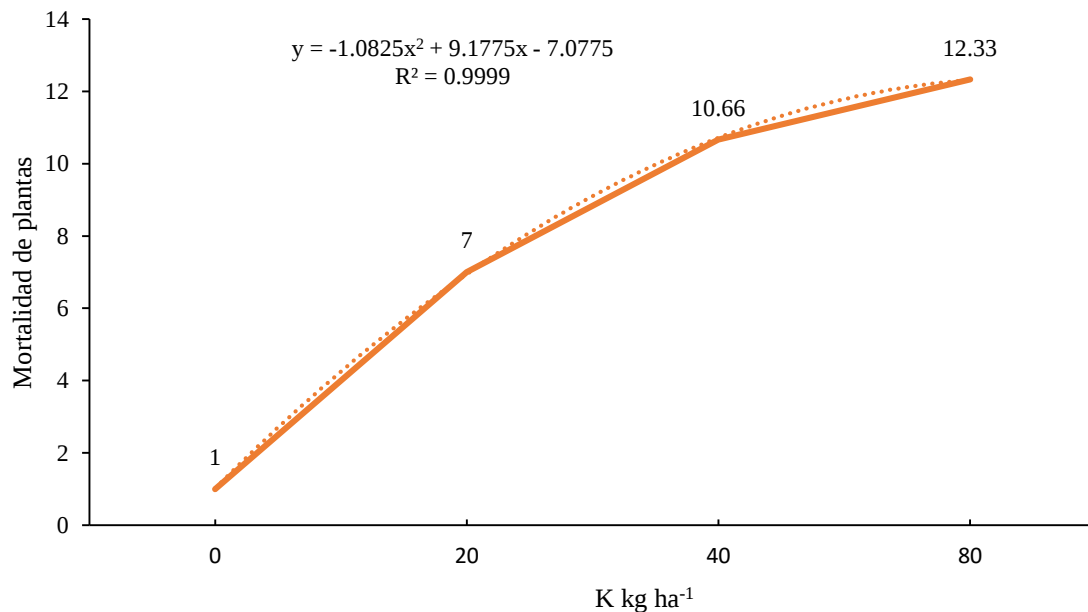


Figura 12. Manifestación de los niveles de K sobre la mortalidad de las plántulas.

5.6 Deficiencias nutricionales

En el cuadro 4 se presentan las deficiencias nutricionales de las plántulas de café en relación a los diferentes niveles de fertilización utilizado en el experimento. El nutriente más deficiente fue el hierro, seguido por el boro y el magnesio. Para el caso del hierro se observó una clorosis progresiva del tejido de las hojas jóvenes que se torna blanquecino en casos severos y se destacó que toda la nervadura de la hoja permanece verde con el limbo verde amarillento. Las deficiencias de boro se manifestaron en las hojas jóvenes en las cuales se observó un tamaño reducido y deformes. También manifestaron una clorosis y el margen de la hoja no es simétrico.

Dado que el magnesio forma parte de la molécula de clorofila la deficiencia se presentó como una clorosis intervenal en las primeras hojas que emergieron apareciendo una franja

verde a lo largo de la nervadura central de la hoja formando una cuña invertida hacia el pecíolo.

Las deficiencias antes mencionadas posiblemente se deban a que el suelo utilizado para el llenado de las bolsas presente característica de textura arcillosa, con bajo contenido de materia orgánica, y pH con tendencia ácida, lo cual limita la disponibilidad de algunos microelementos (Morales, 2012). MISTI (s.f), argumenta que existe un antagonismo bien marcado entre Mg y K, alta concentración de K en el suelo es causa frecuente de una deficiencia de Mg. Según Chávez (1999) los microelementos cumplen sus funciones específicas en la parte del follaje.

Cuadro 4. Deficiencias nutricionales según categorías observadas en los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica.

Nivel		Deficiencias Nutricionales								
		Hierro			Boro			Magnesio		
N	K	Lev.	Mod.	Sev.	Lev.	Mod.	Sev.	Lev.	Mod.	Sev.
25	20	X			X					
25	40		X		X					
25	80		X							
50	20	X								
50	40		X							
50	80	X								
100	20	X								
100	40			X		X				
100	80		X		X				X	
Testigo		X								
Lev. = Leve Mod. = Moderada Sev. = Severa										

VI. CONCLUSIONES

La evaluación de diferentes niveles de N y K en plántulas de café en vivero, presentaron diferencia estadística significativa para las variables diámetro de tallo y número de hojas por planta.

No existe un efecto significativo para las variables altura de planta y área foliar, al aplicar diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica, puesto que los mejores resultados fueron obtenidos por el testigo.

Basado en los resultados obtenido en el experimento, los niveles de fertilización de 25 kg de nitrógeno y 20 kg de potasio por hectárea parecen ser los más adecuados para el café en etapa de vivero dado que reportaron el mejor promedio para las variables que resultaron significativas.

Los niveles de fertilización de 100 kg de nitrógeno y 80 kg de potasio favorecen la toxicidad debido a una alta concentración de sales, provocando alta mortalidad en las plantas.

Los nutrientes que mostraron mayor deficiencia respecto a diferentes niveles de fertilización en las plántulas de café fue el hierro, seguido por el boro y el magnesio como consecuencia de la privación de estos en la nutrición.

VII. RECOMENDACIONES

Antes de establecer niveles de fertilización, se propone incluir un análisis de suelo al inicio y al final de la investigación, asimismo un análisis foliar en los próximos experimentos.

En las siguientes investigaciones buscar respuestas con niveles comprendidos entre 0 - 25 kg de nitrógeno y entre 0-20 kg de potasio e incluir niveles de fosforo para observar su comportamiento en vivero.

Suministrar cantidades más bajas o realizar fraccionamiento en los diferentes niveles de fertilización utilizados de tal manera que se ajuste a las necesidades nutricionales del café para evitar pérdidas de plantas por mortalidad.

Complementar la nutrición de las plantas en el vivero con fertilizantes de aplicación foliar, que contenga en su composición química micronutrientes ya que la planta los requiere en bajas cantidades y de esta manera evitar deficiencias nutricionales

Realizar otro trabajo en el que se evalúe el efecto de los niveles de fertilización utilizados en este experimento en otras variables tales como: longitud de raíz, peso raíz, volumen de raíz, biomasa fresca, y biomasa seca.

Ejecutar este ensayo en otra época del año y zona cafetalera del país para comparar los resultados obtenidos en este experimento y así tener acceso a una base de datos más confiable.

IX. BIBLIOGRAFÍA

ANAGROSS (Analistas de Agronegocios Sostenibles). 2014. Transferencia de tecnología para la producción de café con variedades de alta productividad y resistencia a la roya de café (*Hemileia vastatrix*) en módulos comunitarios del estado de Hidalgo. (en línea). México. Consultado el 18 de febrero de 2016. Disponible en: siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/13/.../anexo_676-5-2014-02-3.pdf

Arizaleta P., M.; Pire, R.; Pares, J. 2002. Efecto de la fertilización con N-P-K sobre el contenido foliar y el crecimiento del cafeto *Coffea arabica* L. en la etapa de vivero, en la población de Villanueva, estado Lara, Venezuela. *Café Cacao*. 3(2):57-61. Consultado el 18 de abril de 2016.

Arizaleta, M y R. Pire, R. 2007. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela. Consultado el 18 de febrero de 2016.

Chávez, Víctor. 1999. Manejo de la fertilización en café. (en línea). Consultado el 13 de febrero del 2016. Disponible en: www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_163.pdf

Carvajal, JF. 1984. Cafeto; cultivo y fertilización. 2 ed. Suiza, Instituto Internacional de Potasa. 254 p. Consultado el 18 de abril de 2016.

Cenicafé. 2014. Respuesta de almácigos de café a diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. (en línea). Programa de investigación científica. Nacional del café. Colombia. Consultado el 22 de mayo del 2016. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/560/1/avt0447.pdf>

Coffee Research Institute, US. 2001. Café (en línea). USA. Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: www.coffeeresearch.org/science/journalarticles.htm.

Escoto López, K. 2009. Efecto de sustratos y mezclas de la producción de plántulas de café (*Coffea arabica*) a nivel de semilleros. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 62 p.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2002. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. (En línea). Cuarta edición. Roma, Italia. Consultado el 19 de noviembre del 2014. Disponible en: [Ftp://ftp.Fao.org/agl/agll/docs/fertoso.pdf](ftp://ftp.Fao.org/agl/agll/docs/fertoso.pdf)

FAO. 2006. Semilleros para café. (en línea). Consultado 22 enero de 2016. Disponible en: <http://teca.fao.org/es/read/3723>.

Fernández, B.O. y López, D.S. 1971. Fertilización de plántulas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola Berk y Cooke*). Cenicafé. Colombia. 22(4). pp 95-106

FHIA (Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola). 2001. Producción de árboles frutales y maderables en viveros. 2 ed. La Lima Cortes, Honduras. 15 p.

FUNDESYRAN (Fundación para el Desarrollo Socio Económico y Restauración Ambiental). 2010. Guía para la innovación de la caficultura de lo convencional a lo orgánico. San Salvador, El Salvador.

Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café-PROCAFÉ. 2008. Fertilización del Cafeto. (en línea). Engormix no. 1. Consultado 25 de marzo del 2016. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/fertilizacion-cafeto-t2031/078-p0.htm>

Giraldo V., J.; Rubiano C., G. 1974. Respuesta de plántulas de café (*Coffea arabica* L. variedad Caturra) a la fertilización con N-P-K y su relación con la incidencia de Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). Manizales (Colombia). Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. Tesis: Ingeniero Agrónomo. 60 p

Herrera, J. 2001. Suelo fertilización y nutrición. Instituto Hondureño del Café. (en línea). Consultado el 22 de mayo de 2016. Disponible en: http://www.ihcafe.hn/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1&Itemid=143&limitstart=20

Hidalgo U., G. 1984. Niveles y épocas de aplicación de nitrógeno en almácigo de café. In: Simposio Latinoamericano sobre caficultura, 5. San Salvador (El Salvador). IICA-PRONEXCAFÉ. p. 25-30.

Imas, P. 2014. Potasio: Nutriente Esencial Para Aumentar el Rendimiento y Calidad de las cosechas. (en línea). Israel. Consultado el 19 de noviembre del 2014. Disponible en: www.Iclfertilizers.com/fertilizers/knowledge%20Center/Elpotasio_un_nutriente_esencial.Pdf

Instituto Costarricense del Café (ICAFFE). 2004. El manejo de almacícales de café en bolsa. San José Costa Rica. Boletín informativo. 4(2):1-12. Consultado 23enero de 2016. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00049.pdf>

Irías Esquivel, G. F. 1986. Evaluación de niveles de nitrógeno y fosforo en viveros de café en bolsas de polietileno en el Centro Experimental de Campamento Olancho. Informe de Servicio Social Ing. Agrónomo. CURLA. La Ceiba, Atlántida. 44 p

Lemus Sagastume, E. J. 2006. Evaluación de niveles de nitrógeno, fosforo y potasio sobre el rendimiento del cultivo de café, durante dos años, en dos localidades de la parte alta del municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. (en línea). Consultado el 16 de enero de 2016. Disponible en: http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION_DE_NIVELES_DE_NITROGENO_FO

SFORO_Y_POTASIO_SOBRE_EL_RENDIMIENTO_DEL_CULTIVO_DE_CAF_D
URANTE_DOS_A.pdf

Loli Figueroa, O y Aquino Yaringaño, R.A. 2011. Guía técnica curso – taller “fertilización y post cosecha de café”. (en línea). Consultado el 3 de marzo del 2016. Disponible en:
http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Cafe/FERTILIZACION_Y_POST_COSECHA_DE_CAFE.pdf

Lovatt, C y Mikkelsen, R. 1999. Fosfito: Que es? Se puede usar? Que puede hacer? Informaciones agronómicas. (En línea). Consultado el 25 de nov 2012. Disponible en:
[http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/BE92B3CE5284F01E852579A3006CBAE0/\\$FILE/Fosfito.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/BE92B3CE5284F01E852579A3006CBAE0/$FILE/Fosfito.pdf)

Melgar Castro, N. 2014. Potasio. (en línea). Buenos aires, Argentina. Consultado el 19 de febrero de 2016. Disponible en:
www.unsam.edu.ar/institutos/centro_ceps/investigaciones/fertilizantes/capitulo4pdf

MISTI, s.f. Cultivo de café (en línea). Consultado el 22 de marzo de 2016. Disponible en: infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf

Molinera Gorbea Raps, Trigo, Avena. 2014. Potasio. (En línea). Consultado el 19 de enero de 2016. Disponible en: www.molinogorbea.cl/fertilizacion/potasio.pdf

Mora, N. 2008. Agro cadena de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Huetar Norte Costa Rica. Costa Rica 49 p.

Morales Rodríguez, OG. 2012. Alternativas de fertilización en viveros para la producción de plántulas café (*coffea arábica*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 53 p.

Ordoñez, M. 2001. Producción de semilleros y viveros de café. Instituto Hondureño del café. (en línea). Consultado 20 de enero de 2016. Disponible en: www.ihcafe.hn/index.php?option=com

PROCAFE, 2014. Pasos para la elaboración de un semillero. (en línea) consultado 22 de enero de 2016. Disponible en: http://www.procafe.com.sv/menu/Investigacion/Elaboracion_viveros.htm.

Rangel P., Pablo et all. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Montecillo, México. Consultado el 22 de abril del 2016. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art267-276.pdf>

Sadeghian K., S. 2012. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias. Tesis Doctor en Ciencias agrarias. 157 p.

Salazar, A.N. 1977. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fosforo y potasio. Cenicafe. Colombia. 28(2): pp 61-66

Ureña, J. 2009. Manual de las buenas prácticas agrícolas en los cultivos de café en asocio con aguacate. 53 p.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de plantas

FV	GL	SC	SM	F CAL	SIG
Tratamiento	9	5.854	0.65	0.65	NS
Error	20	20.003	1		
Total	29	25.875			

CV 18.82%

R2 0.226

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos

FV	GL	SC	SM	F CAL	SIG
Tratamiento	9	0.012	0.001	2.878	*
Error	20	0.009	0		
Total	29	0.022			

CV 15.37%

R2 0.564

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta

FV	GL	SC	SM	F CAL	SIG
Tratamiento	9	15.842	1.76	3.2	*
Error	20	11	0.55		
Total	29	26.842			

CV 20.11%

R2 0.59

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable área foliar

FV	GL	SC	SM	F CAL	SIG
Tratamiento	9	4274.655	474.962	0.684	NS
Error	20				
Total	29				

CV 57.85%

R2 0.235

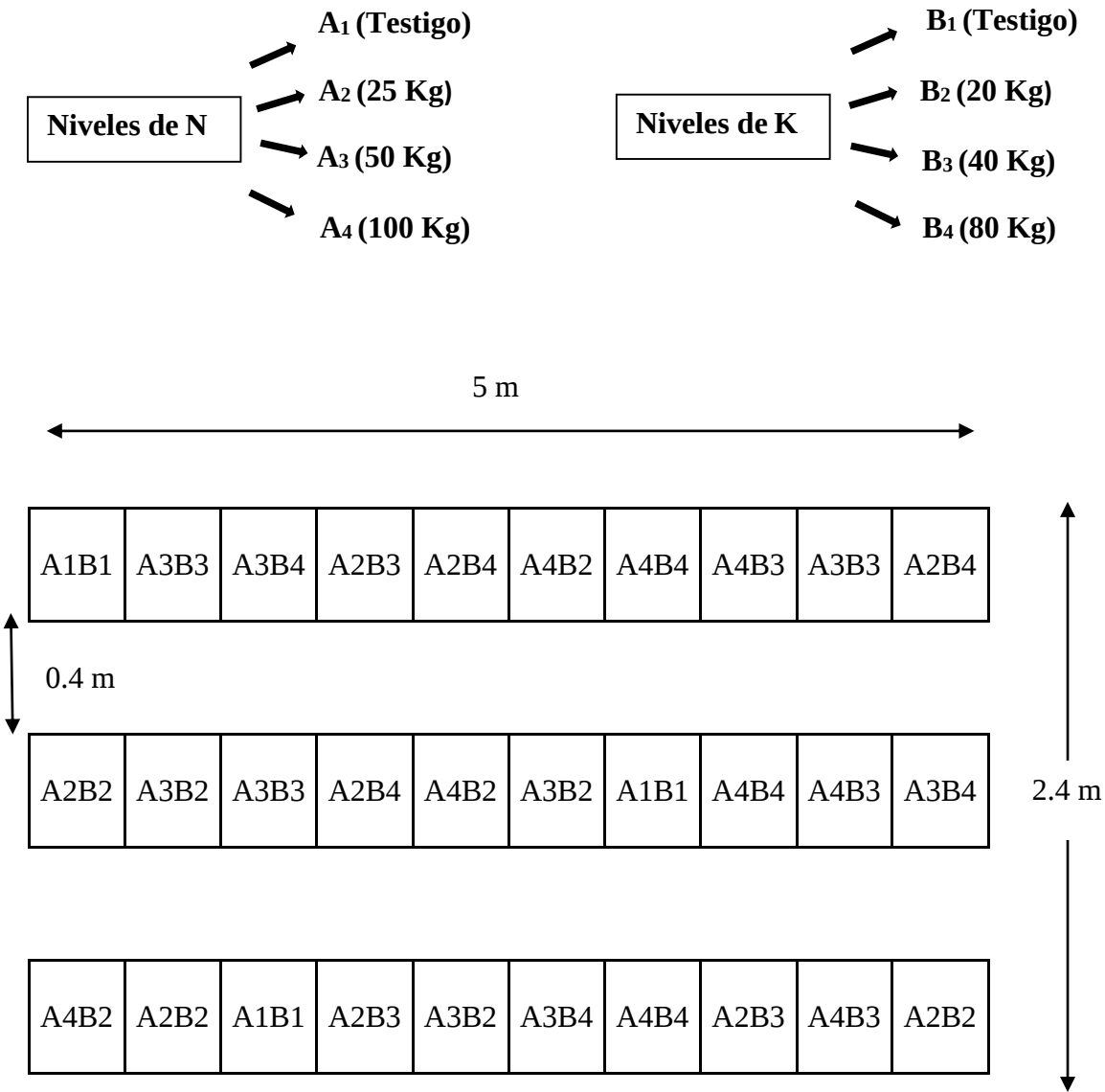
Anexo 5. Cronograma de actividades

Actividad	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Recolección de cerezas.	X																
Selección de semilla	X																
Preparación del semillero	X																
Siembra de la semilla	X																
Manejo del semillero		X	X	X	X	X	X										
Llenado y alineado de bolsas							X										
Trasplante de chapolas a bolsa							X										
Ubicación de las bolsas en vivero.							X										
Riego *							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Monitoreo de plagas **									X	X	X	X	X	X	X	X	
Control de malezas ***										X	X	X	X	X	X	X	
Toma de datos de las diferentes variables																	X
Nota: * Se realizó al momento que el cultivo requería para mantener la humedad adecuada. ** Se realizó durante la permanencia del experimento. *** Se realizó de forma manual en el momento oportuno.																	

Anexo 6. Formato hoja para toma de datos

Repetición	Nivel de K en Kg/ha	Nivel de N en Kg/ha	Altura de plantas (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Número de hojas/planta	Área foliar (cm ²)	Mort.	Def.
1	20	25						
2	20	25						
3	20	25						
1	20	50						
2	20	50						
3	20	50						
1	20	100						
2	20	100						
3	20	100						
1	40	25						
2	40	25						
3	40	25						
1	40	50						
2	40	50						
3	40	50						
1	40	100						
2	40	100						
3	40	100						
1	80	25						
2	80	25						
3	80	25						
1	80	50						
2	80	50						
3	80	50						
1	80	100						
2	80	100						
3	80	100						
1	0	0						
2	0	0						
3	0	0						
Mort. = Mortalidad								
Def. = Deficiencia nutricional								

Anexo 7. Croquis del experimento en vivero



Anexo 8. Imágenes del experimento



Llenado, alineado de bolsas y trasplante de chapolas



Establecimiento y toma de datos en el vivero



Deficiencias nutricionales y mortalidad en plántulas