

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACION DE DIEZ DIFERENTES DOSIFICACIONES DE
FERTILIZANTE GRANULADO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS
DE CAFÉ (*Cofee arábica*) EN ETAPA DE VIVERO.**

POR:

BAIRON ANTONIO SOSA HERRERA

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

**EVALUACION DE DIEZ DIFERENTES DOSIFICACIONES DE FERTILIZANTE
GRANULADO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE CAFÉ (*Cofee
arábica*) EN ETAPA DE VIVERO**

POR

BAIRON ANTONIO SOSA HERRERA

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

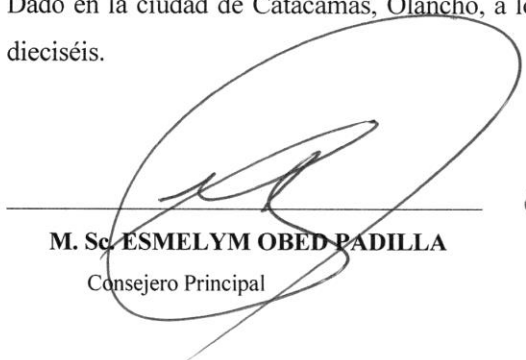
Reunidos en el Departamento Académico de Producción Vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura: **M. Sc. ESMELYM OBED PADILLA**, **M. Sc. RAMON ROSALIO ROSALES**, **Ph.D. ELIO DURÓN ANDINO**, Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

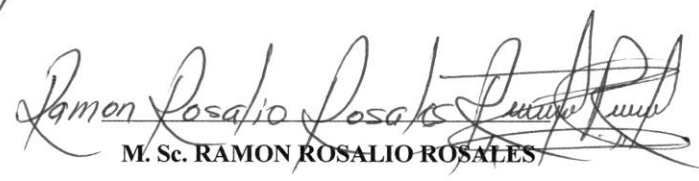
El estudiante **BAIRON ANTONIO SOSA HERRERA** del IV Año de la Carrera de Ingeniería Agronómica presentó su informe.

“EVALUACIÓN DE DIEZ DIFERENTES DOSIFICACIONES DE FERTILIZANTE GRANULADO EN PLANTULAS DE CAFÉ (*cofee arabiga*) EN ETAPA DE VIVERO”

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veintiocho días del mes de junio del año dos mil dieciséis.


M. Sc. ESMELYM OBED PADILLA
Consejero Principal


M. Sc. RAMON ROSALIO ROSALES
Examinador

Ph.D. ELIO DURÓN ANDINO
Examinador

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis y la obtención de mi título universitario, se lo dedico de manera especial a la memoria de mi padre. El **Sr. Leonardo A. Sosa V** .y mi madre querida. La **Sra. Nelda J. Herrera A.**, quienes han sido el pilar fundamental en mi formación integral y profesional.

A mis queridos abuelos **Reynaldo Herrera, Maura Ávila y Estela Vindel** a mis adorables hermanas **Mafer Sosa H, Nelda Sosa H**, a mi querida esposa **Alma Alemán** a mis queridas hijas, **Mía y Lía** a mis tías **Linda Herrera y Benita Sosa**, a mis tíos **Wilson Herrera, Gerzan Herrera y Juan Sosa**, a mis **primos y amigos** quienes me han brindado su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al creador del universo, por brindarme la oportunidad de estudiar en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA y permitirme culminar con éxito mi formación profesional

Agradezco a mi mama la Sra. Nelda herrera y a mi papa el Sr. Leonardo sosa quienes lucharon siempre para poder darnos a mí y mis hermanas lo que ellos no pudieron tener, como olvidar sus palabras la mejor herencia que te podamos dar será tu educación gracias por sacrificarse por mí.

Agradezco también a las personas que creyeron en mí, y me demostraron su amistad, compartieron con migo, no puedo mencionarlos a todos pero gracias amigos y familia por su apoyo les quiero mucho.

Un agradecimiento especial para mis asesores por brindarme su apoyo, compartir sus experiencias y conocimientos, dedicándome parte de su valioso tiempo.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos Específicos:.....	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1. Importancia del café en Honduras	4
3.2 Descripción del cafeto.....	5
3.3. Requerimientos Edafoclimaticos	5
3.4. Suelo	5
3.5 Altitud	6
3.6 Temperatura.....	6
3.7 Humedad relativa	7
3.8 Viento	7
3.9. Precipitación.....	7
3.10. Producción de vivero	8
3.11. Nutrición del cafeto.....	8
3.12 Características de los fertilizantes químicos	8
3.12.1 Concentración.....	9

3.13 Tipo de reacción en el suelo	9
3.13.1 Índice salino	9
4.13.2 Higroscopicidad.....	10
4.13.3 Compatibilidad.....	10
4.14 Criterios para la selección de los fertilizantes	10
4.14.1 Disponibilidad.....	11
3.14.2 Manejabilidad	11
3.14.3 Costo por kilogramo de nutrimento.....	11
3.14.4 Eficiencia.....	11
3.15 Participación en el Producto Interno Bruto del sector	12
3.16 Selección y preparación de la semilla.....	12
4.16.1 Procedencia de la semilla.....	12
3.17. Función y síntomas de la deficiencia de nutrientes.....	13
3.17.1 Nitrógeno.....	13
3.17.2 Potasio	14
3.17.3. Fosforo.....	14
IV. MATERIALES Y MÉTODO	15
4.1 Ubicación del experimento	15
4.2 Materiales y equipo.....	15
4.3 Manejo del experimento	15
4.4 Descripción de los niveles evaluados	16
4.5 Diseño experimental	17
4.5.1 Modelo estadístico	17
4.6 Variables evaluadas	17
4.6.1 Altura de planta.....	17
4.6.2 Número de hojas.....	17
4.6.3 Diámetro de tallo	18

4.6.4	Área foliar	18
4.6.5	Mortalidad	18
4.6.6	Deficiencias nutricionales	18
4.7	Análisis estadístico	18
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
5.1	Altura de planta	20
5.2	Diámetro de tallo.....	22
5.3	Número de hojas	24
5.4	Área foliar.....	27
5.5	Mortalidad.....	29
5.6	Deficiencias nutricionales.....	31
VI.	CONCLUSIONES	33
VII.	RECOMENDACIONES	34
IX.	BIBLIOGRAFÍA	35
	ANEXOS	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Niveles de fertilización nitrogenada y potásica evaluados en la producción de plántulas de café en etapa de vivero.	16
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.....	19
Cuadro 3. Promedio para la variable mortalidad de plantas en respuesta a los niveles de nitrógeno y potasio.	29
Cuadro 4. Deficiencias nutricionales según categorías observadas en los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento en la variable altura de planta (cm) respecto al nivel de N.	20
Figura 2. Efecto del nivel de K sobre la altura de plántulas (cm).	21
Figura 3. Manifestación en la variable diámetro de tallo (cm) con relación al nivel de N.	22
Figura 4. Expresión de la variable diámetro de tallo (cm) en relación al nivel de K. ..	23
Figura 5 Manifestación de la interacción entre los niveles de N * K sobre el diámetro de tallo (cm).....	24
Figura 6. Efecto del nivel de N sobre la variable número de hojas por planta.....	25
Figura 7. Comportamiento en la variable número de hojas en relación al nivel de K. 26	
Figura 8 Variación del número de hojas en las plántulas de café por efecto de la interacción entre los niveles de N * K.	27
Figura 9. Influencia de los niveles de N sobre el área foliar(cm^2) de la planta.....	28
Figura 10 Comportamiento de la variable área foliar (cm^2) de la planta en relación al nivel de K.....	29
Figura 11. Efecto de los niveles de N sobre la mortalidad de las plántulas.	30
Figura 12 Manifestación de los niveles de K sobre la mortalidad de las plántulas.....	31

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de plantas	40
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos.....	40
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta.....	40
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable área foliar	40
Anexo 5 Cronograma de actividades.....	41
Anexo 6. Formato hoja para toma de datos.....	42
Anexo 7 Croquis del experimento en vivero	43
Anexo 8. Imágenes del experimento	44

Sosa Herrera, B.A. 2016. Evaluación de diez diferentes dosificaciones de fertilizante granulado para la producción de plántulas de café (*Coffee arábica*) en etapa de vivero., Tesis Ing. Agro. Universidad Nacional de Agricultura, .Catacamas, Honduras, C.A.

RESUMEN

En un periodo de tres meses, se realizó la investigación, basada en la evaluación de plántulas de café en vivero que fueron sometidas a diferentes dosis de fertilizante granulado en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA exactamente en la sección de cultivos industriales con el fin de observar y estimar la mejor combinación de estos para el crecimiento y desarrollo eficiente de las mismas con los resultados obtenidos descritos brevemente a continuación. 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; básico y Nicola, 1995; citado por Rangel *et al*, 2002). Se presentan las deficiencias nutricionales de las plántulas de café en relación a los diferentes niveles de fertilización utilizado 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.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo hace referencia a la evaluación de diferentes dosificaciones de fertilizantes granulados en plantas de café en vivero, que lo podemos definir como la cantidad de fertilizante a utilizar en cada aplicación.

La fertilización de café en vivero tiene como característica principal, dirigir la atención del productor, para poner en práctica las técnicas de fertilización y cuáles de estos fertilizantes es el más adecuado para su aplicación a las plántulas de café en vivero.

Sin embargo para lograr esto, hay que capacitar al productor fortalecerlo en su capacidad de adaptación en nuevas tecnologías implementadas, y sobre todo para que sean capaces de crear nuevas alternativas que le brinden beneficios y asegurar su propio bienestar.

La problemática que trataremos, nos obliga a mencionar las causas de las malas dosificaciones de los fertilizantes, la causa principal es que los productores no conocen de las dosificaciones adecuadas para aplicarlos en las plántulas de café en vivero, si bien aplican fertilizante no manejan las épocas, momentos, y dosificaciones adecuado de los fertilizantes.

El interés que nos lleva a realizar este trabajo, es conocer la correcta dosificación de los fertilizantes en los viveros de café, las características fisiológicas y morfológicas que pueden presentar las plántulas de la café en vivero con cada dosificación diferente

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

- Conocer las respuestas fisiológicas morfológicas de las plántulas de café, sometidas a diferentes dosificaciones de fertilizante.

2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el fertilizante más apropiado para incrementar las condiciones fisiológicas morfológicas de las plántulas de café
- Establecer las dosificaciones adecuadas para el desarrollo crecimiento correcto de las plántulas de café en vivero
- Realizar un análisis económico del crecimiento de las plántulas de café en vivero, en función al costo de los tratamientos en base a la relación costo beneficio.

III. REVISION DE LITERATURA

El café es uno de los principales productos agrícolas en el mercado internacional y es el cultivo agrícola más importante para la economía de los países donde se cultiva (Monroe, 1983). En Puerto Rico, la industria cafetalera ocupa el primer lugar entre los cultivos que más aportación generan al ingreso del país (Deyes, 1992). La mezcla que se utiliza, para el llenado de los envases donde se propaga el cafeto, debe tener suelo fértil y gran cantidad de materia orgánica (Coste, 1975; González, 1974; Harre, 1964; Nostinova, 1963; Salazar y Mestre, 1993)

El café familia Rubiáceas, es un arbusto, perenne originario de Etiopía. Su grano genera una de las bebidas estimulantes más conocidas en el mundo por su contenido de cafeína y también para otros usos como licores, bebidas y caramelos. Cuenta con un buen mercado internacional ya que es altamente rentable y demandado como un gran rubro de calidad.

El café es el principal producto de exportación agrícola en Honduras. Además es el cultivo que mejor distribuye la riqueza mediante empleos en la región centroamericana. (Ihcafe. s.f.)

El café ha representado por muchos años uno de los principales sectores de las economías de región centroamericana pues su influencia en la formación de los tejidos económicos y sociales de las sociedades centroamericanas es sin duda muy importante y aún hoy en día, su efecto es sensible en los rendimientos de las economías regionales (Infoagro, 1999).

Para Ihcafe (s.f.), la caficultura de los países centroamericanos tiene una significativa

Importancia económica y social; sigue siendo fuente importante de empleo e ingreso para cerca de 300 mil familias productoras y un millón de asalariados temporales y permanentes que se desempeñan en todos los eslabones de la cadena de producción e industria del café tiene especial relevancia el hecho de que la caficultura ocupa tradicionalmente el territorio montañoso húmedo y tierras frágiles de ladera.

El arbusto de café puede propagarse por métodos sexuales o asexuales. El primer método incluye el uso de la semilla en grano y el segundo la utilización de estacas, esquejes o injertos. La forma de propagar el cafeto en forma comercial es por semilla no obstante la propagación vegetativa se usa también pero solo para fines específicos; tales como conservación de híbridos interespecífica, injertos (Sullca. s.f.)

3.1. Importancia del café en Honduras

La actividad cafetalera ha sido uno de los principales pilares de la sostenibilidad económica, social y ambiental del país. Es una de las actividades humanas que a lo largo del siglo XX, transformó nuestro paisaje, la economía y la cultura de miles de familias rurales.

Es el rubro de mayor influencia en el sector agrícola; más de 100,000 familias se benefician directamente de la explotación del cultivo; por lo tanto, vincula aproximadamente un millón de empleos directos e indirectos, en las labores de mantenimiento, cosecha, comercialización y procesamiento e industrialización del grano (Gerardo Arguijo ,2011)

El café en la actualidad es uno de los principales productos de exportación de Honduras.

Los datos registrados por el IHCAFE (2011) revelan que la producción nacional de café correspondiente a la cosecha 2010/11 fue de 5.2 millones de quintales, aportando un ingreso en divisas de 1238.9 millones de dólares. Los ingresos generados por la exportación de café durante esta cosecha han sido los más altos en su historia, siendo Alemania por muchos años el principal país comprador del café hondureño (30 % de la producción) seguido por Bélgica (16.92%) y Estados Unidos (15.81%)

3.2 Descripción del cafeto

El cafeto es un árbol o arbusto perenne de fuste erecto que en estado natural puede alcanzar los 10 metros pese que en cultivos se mantiene una altura aproximada de tres metros. Posee hojas elípticas oscuras y coriáceas de dimensiones que pueden ir desde los cinco a quince centímetros de ancho *C. arábica* es la especie que tiene las hojas más grandes. La primera floración se obtiene a partir del tercer o cuarto año de crecimiento con inflorescencias axilares y fragantes, se agrupan en grumerolos (Wrigley, citado por Gonzales 2007)

El sistema radicular está compuesto por una raíz principal o pivotante, raíces axiales, raíces lateral superficial y absorbente .Estas son renovadas continuamente ya que la absorción de nutrimentos y agua se da predominantemente en tejidos nuevos (Sosa 2001)

3.3. Requerimientos Edafoclimaticos

3.4. Suelo

En relación al suelo, si bien es cierto el café presenta una notable adaptación a diferentes condiciones edáficas, se esperan los mejores resultados productivos en suelos profundos (mayor 1.5 m.) de una acidez moderada (pH 5.0 a 6.5) altos contenidos de materia orgánica (mayor a 5 %) adecuados contenidos de macro y micronutrientes y ausencia de elementos en niveles tóxicos. Todo esto acompañado de texturas medias (francas a franco arcillosas) (Chávez 1999)

3.5 Altitud

Según estudios realizados por monje (1999) indica que en alturas mínimas de 900 y máximas 1600 msnm, se obtienen mejores rendimientos en beneficiado y calidad en taza de café.

Según Pineda (2011) en Honduras las fincas de café deben establecerse entre los 600 y 1500 msnm, ya que al plantar un cafetal en alturas menores de 600 msnm se obtienen menores rendimientos en producción y un agotamiento más rápido de las plantas debido a las temperaturas predominantes, además se obtendrá una taza de baja calidad. En altitudes mayores de 1500 msnm el desarrollo vegetativo de la planta es menor y la cosecha mucho más tardía.

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 msnm. Por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta. (CICAFE 2011)

3.6 Temperatura

El café se desarrolla y produce mejor cuando se tiene un ambiente con temperatura promedio de 23 °C durante el día y 17 °C en la noche, el exceso de temperatura reduce la productividad por que perjudica la floración. Además la planta es menos eficiente y dificulta el traslado de sustancias producidas por las hojas a otras partes de la planta (OIRSA 2000)

La temperatura anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 °C. Temperaturas inferiores a 10 °C., provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes. (CICAFE 2011)

3.7 Humedad relativa

Cuando alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas. (CICAFE 2011)

3.8 Viento

Vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades. Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompe vientos para evitar la acción de éste (CICAFE 2011)

3.9. Precipitación

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7500 metros cúbicos / Ha) hasta 3000 mm (30,000 metros cúbicos /Ha), sin embargo, el mejor café se produce en aquellas áreas donde la precipitación pluvial anual es entre 2000 y 3000 mm (Departamento de Agricultura Costa Rica 2006)

Sosa (2011) menciona que la caficultura hondureña se desarrolla mejor en regiones con precipitaciones que fluctúan entre los 1200 y 1800 mm/año. A pesar que las necesidades hídricas del café son consideradamente elevadas.

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta (CICAFE 2011)

3.10. Producción de vivero

Para IHCAFE (1995), el éxito de la futura siembra dependerá de la calidad de planta que se lleve al campo la hechura de un buen vivero es parte fundamental en el éxito de la futura plantación. En Honduras existen dos formas de hacer los viveros de café: uno en bolsas de polietileno y el otro directamente en el suelo; las dos opciones son adecuadas para la producción de plantas, sin embargo, el productor decide por la alternativa más apropiada para sus condiciones.

La preparación de plantas de vivero de buena calidad, es un aspecto muy importante de la caficultura moderna, debido al imperativo de renovar las plantaciones viejas y utilizar los mismos o nuevos terrenos para la siembra de variedades de alta producción, resistentes a la roya, y a ciertas plagas. Además la densidad de siembra debe ser mantenida en un 100%, vale decir que las plantas que por alguna razón perecen, deben ser sustituidas a intervalos anuales (Carvajal. 1984).

3.11. Nutrición del cafeto

El suelo es un ente natural que proporciona al café el suplemento de nutrientes y agua. Es importante conocer el comportamiento y la dinámica de los nutrientes teniendo las siguientes fases. La reserva del suelo (factor cantidad) su transformación y dinámica (factor capacidad) y la concentración del suelo (factor intensidad) la aplicación de nutrientes partiendo de un buen diagnóstico del suelo (análisis), permite una nutrición bien orientada, lo que aumenta y eleva la concentración de uno o más elementos en la solución del suelo. (Herrera 2001)

3.12 Características de los fertilizantes químicos

(Fincó, 1992) Se han desarrollado numerosos fertilizantes minerales para suplementar los nutrientes del suelo y llenar los requerimientos de los cultivos. Ellos son generalmente sales minerales, excepto algunos químicos orgánicos tales como: la urea,

que son fácilmente convertidos a sales. Algunas características importantes de los fertilizantes químicos son las siguientes:

3.12.1 Concentración

Se refiere a la cantidad de nutrimento que contiene una unidad de peso del fertilizante y se expresa en por ciento. Al ser las concentraciones mayores, el peso final y el volumen de los fertilizantes es menor para un mismo contenido nutrimental, (Salgado *et al.*, 2006): Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos

3.13 Tipo de reacción en el suelo

La acidez, la alcalinidad y neutralidad de los fertilizantes se refiere a su comportamiento final en el suelo, influyendo en los cambios de pH de la solución del mismo. Si aumenta el pH será un alcalinizante y si lo disminuye, un acidificante. Estos efectos (acidez y alcalinidad) no son inmediatos, además inclusive no se usan grandes cantidades que afectan al suelo, pero deben tomarse en cuenta a largo plazo. (Pierre, 1933, citado por IFDC, 1979).

Como se puede observar, los fertilizantes nitrogenados son los que modifican el pH del suelo. La urea no es recomendable aplicarla al momento de la siembra junto con las semillas ya que reduce la germinación y puede provocar la muerte de las plantas pequeñas. (Salgado *et al.*, 2006:)

3.13.1 Índice salino

Los fertilizantes aumentan la concentración salina de la solución del suelo, el índice salino de un fertilizante es la medida de este fenómeno y se determina mediante la colocación del material a estudiar en el suelo y la medición de la presión osmótica del mismo. El índice salino es mayor en los fertilizantes nitrogenados y potásicos, que en

los fosforados; también es mayor en los fertilizantes de baja concentración que en los de alta, (Tisdale y Nelson, 1985).

4.13.2 Higroscopicidad

Es la capacidad que tiene un fertilizante para absorber el agua de la humedad ambiental y se expresa en porcentaje. La higroscopicidad es una propiedad negativa en los fertilizantes ya que produce alteraciones o aglomerados, las partículas absorben el agua disolviéndose y una vez seca la solución, se unen entre sí.

El aglomera miento es el efecto de la higroscopicidad según el IFDC (1979):

4.13.3 Compatibilidad

La compatibilidad se refiere a la posibilidad de mezclar dos fertilizantes sin que sus propiedades físicas y químicas sufran un proceso de deterioro. (Fink, 1992).

Una clásica incompatibilidad ocurre al mezclar urea y nitrato de amonio, por su elevada higroscopicidad. El endurecimiento ocurre cuando se mezclan la urea y el superfosfato triple.

4.14 Criterios para la selección de los fertilizantes

Los abonos son imprescindibles para proporcionar a las plantas los nutrientes que necesitan para su correcto desarrollo, crecimiento y floración. Aportan, además, resistencia ante plagas y posibles enfermedades (Leroy Merlín, 2014)

4.14.1 Disponibilidad

Este factor depende directamente del tipo de material primario del fertilizante. En México, los fertilizantes derivados del petróleo están fácilmente disponibles, no así los fertilizantes cuya materia prima no existe, como por ejemplo el potasio.

En la actualidad se está observando un cambio en la producción de los fertilizantes, ya que los productores agrícolas prefieren los de alta concentración de nutrimentos porque resultan más baratos. García (1984),

3.14.2 Manejabilidad

Rodríguez (1990) Se refiere a la facilidad de manejo de los diferentes fertilizantes relacionados con algunas de sus propiedades físicas, costo de transporte y aplicación. Normalmente los fertilizantes sólidos son más fáciles de manejar que los fertilizantes líquidos.

3.14.3 Costo por kilogramo de nutrimento

Se presenta el costo por kilogramo de nutrimento de los principales fertilizantes. Se observa el producto que más se adecue al sistema de siembra utilizado por ejemplo el nitrógeno de la urea es más barato que el del sulfato de amonio. (Salgado, 1999).

3.14.4 Eficiencia

Se refiere al porcentaje de N, P y K que es recuperado por la planta, después de la aplicación del fertilizante, la cual se consideró teóricamente del 50 % durante la década de los sesentas (FAO, 1984).

3.15 Participación en el Producto Interno Bruto del sector

Según el Banco Central de Honduras (2004), el café contribuye al 14% del PIB nacional y al 33% del PIB agrícola, ocupando el segundo lugar como producto generador de divisas, lo que significa 300 millones de dólares en ingresos para el país.

El café ha sido el principal contribuyente al Producto Interno Bruto (PIB). En el ámbito económico, hasta el año 2000 ocupaba el primer lugar en la generación de divisas con un aporte del 26% en el PIB nacional. Debido al impacto severo de la crisis de bajos precios del café en el mercado internacional, pasó a ocupar el segundo lugar con una participación del 12%, permitiendo la adquisición de materias primas, bienes y servicios necesarios para la producción y el consumo interno. (Fuente: Banco Central de Honduras 2004)

La producción de almácigos de café de buena calidad es una condición indispensable para el establecimiento de cafetales de alta producción y calidad, siendo el café un cultivo perenne que estará en el campo por lo menos 20 años (ICAFFE 1998).

3.16 Selección y preparación de la semilla

En primer lugar se debe considerar con mucha importancia la procedencia de la semilla, ya que puede ser comprada o producida en la finca (FAO, 2016)

4.16.1 Procedencia de la semilla

Cuando el productor compra su propia semilla debe tomar en cuenta lo siguiente:

Debe tener conocimiento que la calidad de la semilla sea confiable, que posea pureza varietal y que proceda de plantaciones con buena producción y comportamiento agronómico estable.

También se debe conocer el procesamiento, cuidado del fruto y la semilla, ya que esta última debe ser manejada adecuadamente para mantener su poder germinativo (Mario Adolfo Ordoñez)

3.17. Función y síntomas de la deficiencia de nutrientes

Las deficiencias nutricionales pueden detectarse por unos signos visibles principalmente en las hojas nuevas o desarrolladas del cafeto así como en el crecimiento y desarrollo general de los tallos ramas, raíces y frutos. Veamos cómo se manifiestan éstos con la carencia de los distintos elementos necesarios para el crecimiento normal de los cafetos (Miguel F. Monroig, 2013)

3.17.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un constituyente de las sustancias de la célula, está ligada a todas las proteínas, a las sustancias orgánicas básicas, a las enzimas, a la clorofila y otras sustancias como alcaloides. El nitrógeno no puede ser reemplazado por otros elementos, ni un en pequeñas cantidades. El crecimiento orto trópico y plagio trópico con sus tejidos meristematicos actúan como el más activo drenaje para el nitrógeno. Los aminoácidos resultantes se transportan a los centros de crecimiento y producen una nueva posibilidad de crecimiento (Herrera s.f.)

Chirinos (s.f.) menciona que la deficiencia de nitrógeno se reconoce a través de un amarilla miento uniforme del follaje, apareciendo luego marchitez de los ápices foliares si la deficiencia es aguda. Por otro lado, se deberá evitar el exceso de nitrógeno, ya que ello provoca mucho follaje a expensas de la floración, las necesidades de nitrógeno para el cafeto es mínima al comienzo de la floración, aumentando rápidamente con el inicio de formación de las cerezas, hasta la maduración de las mismas

3.17.2 Potasio

Según estudios realizados por Herrera (s.f.) el potasio nunca se encuentra ligado a compuestos orgánicos, tiene una alta movilidad en la planta y siempre actúa como un ion, siendo el más importante para aumentar la expansión de la proteína. Es también activador de muchas enzimas y tiene influencia en el orden de moléculas de agua debido a su alta movilidad, es esencial donde se dan importantes cambios de presión osmótico; por ejemplo las células estomáticas.

La deficiencia de potasio se manifiesta también durante los estados avanzados de crecimiento, paraciencia de necrosis amarillo-rojizo de los márgenes foliares en hojas adultas. Así mismo, una deficiencia de potasio inhibe el desarrollo radicular (Chirinos s.f.).

3.17.3. Fosforo

La movilidad del fosforo es mínima debida a las interacciones que existen con el hierro, aluminio y magnesio en suelos ácidos con el calcio en suelos neutros y alcalinos. La deficiencia fosfórica se manifiesta por primera vez cuando el desarrollo del cafeto está ya en una fase avanzada, apareciendo manchas necróticas amarillo-bronceadas en los ápices foliares, antecediéndole un color verde oscuro. (Torres, citado por Lemus 2006).

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.

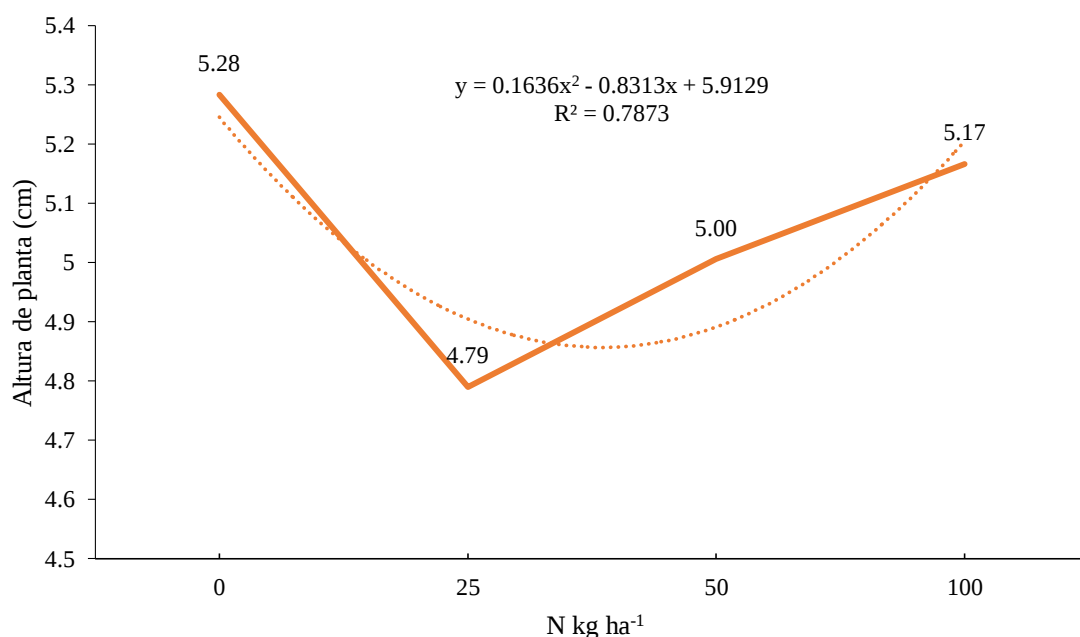


Figura 1. Comportamiento en la variable altura de planta (cm) respecto al nivel de N.

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 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.

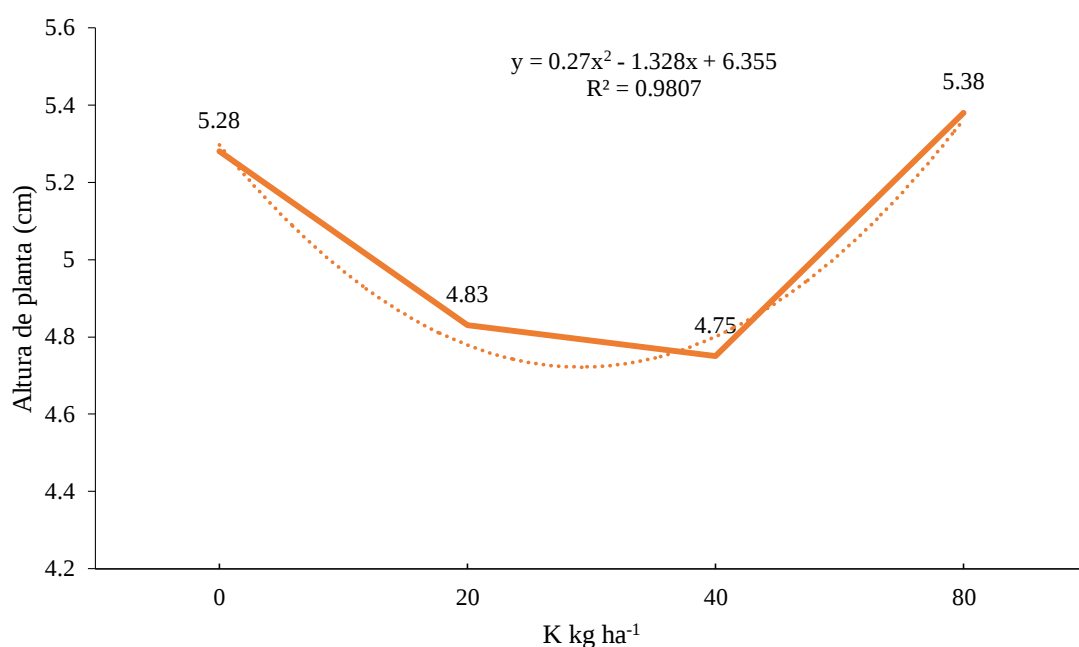


Figura 2. Efecto del nivel de K sobre la altura de plántulas (cm).

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 ha^{-1} 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 ha^{-1} de N y al incrementar la dosis a 100 kg ha^{-1} 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.

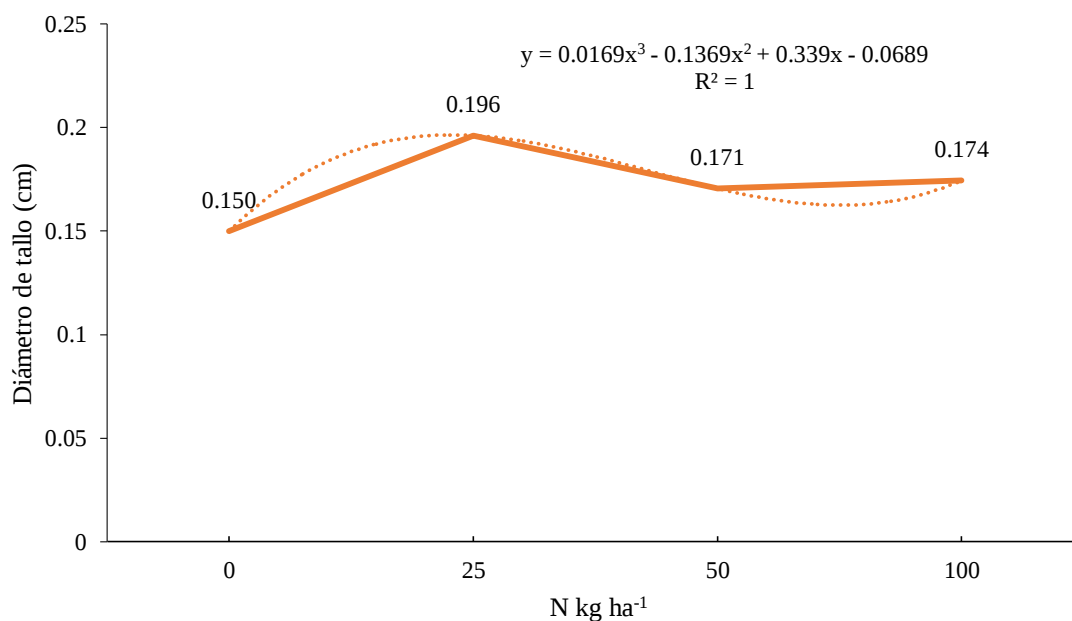


Figura 3. Manifestación en el variable diámetro de tallo (cm) con relación al nivel de N.

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 grafico 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 traslocarse a los sitios de demanda

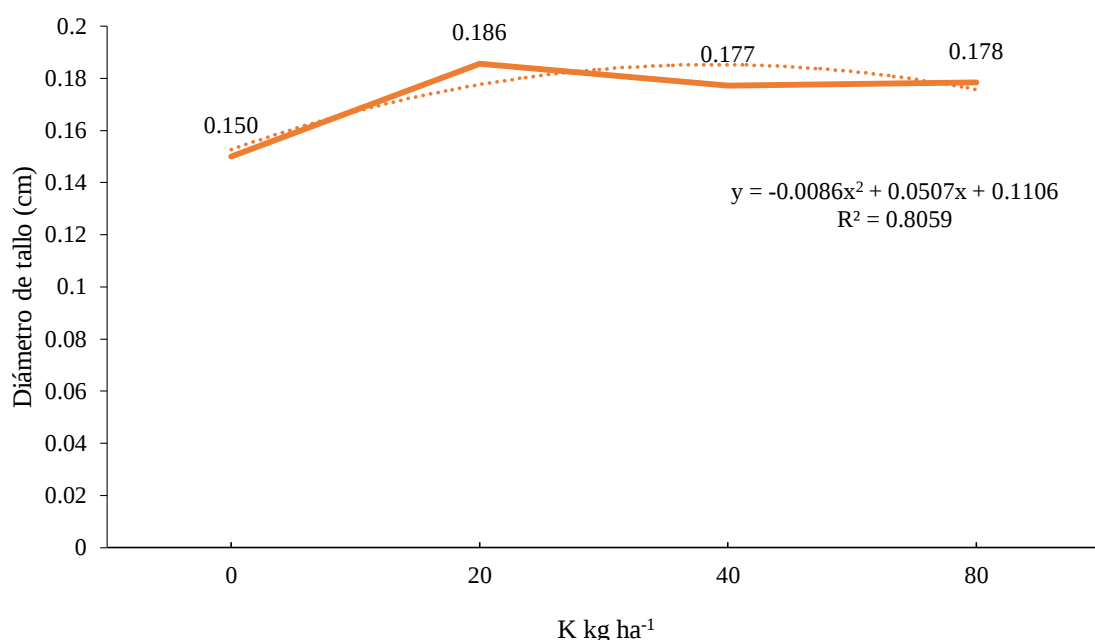


Figura 4. Expresión del variable diámetro de tallo (cm) en relación al nivel de K.

En la siguiente figura se muestra la interacción entre N y K para el variable diámetro de tallo. Aparentemente el mayor diámetro se manifiesta con 25 kg de N y 80 de 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.

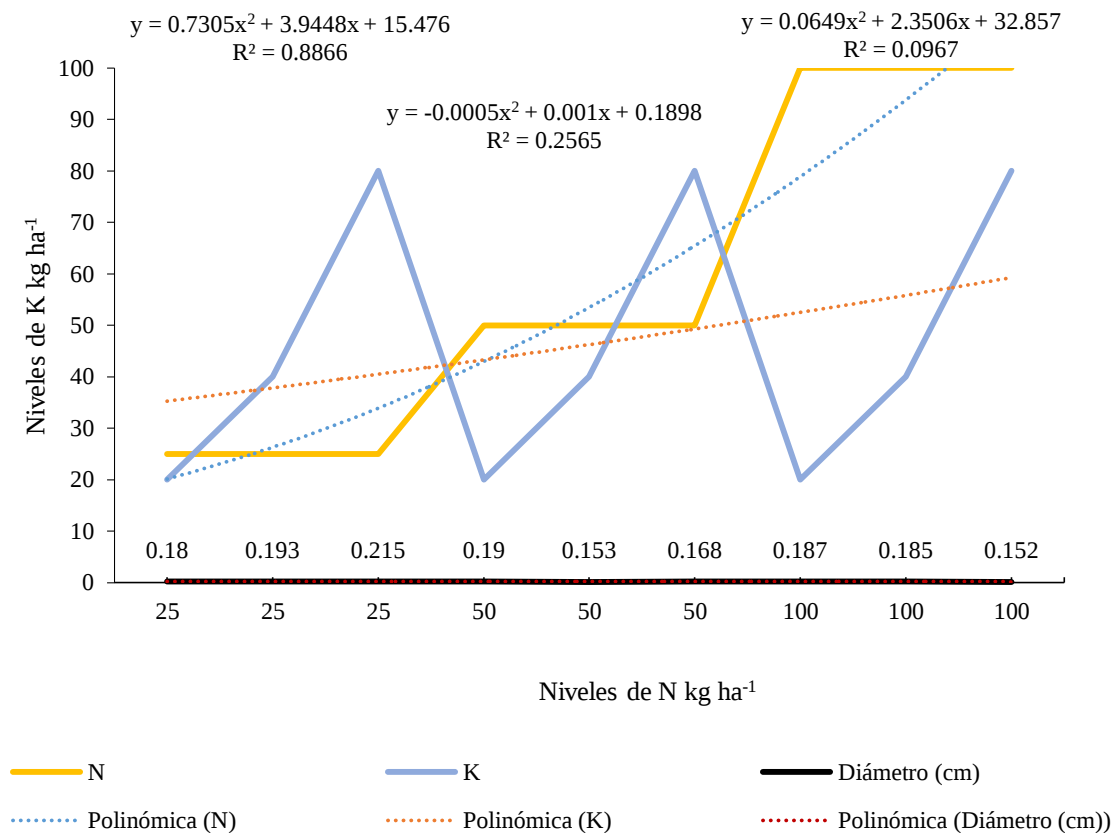


Figura 5 Manifestación de la interacción entre los niveles de N * K sobre el diámetro de tallo (cm).

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.

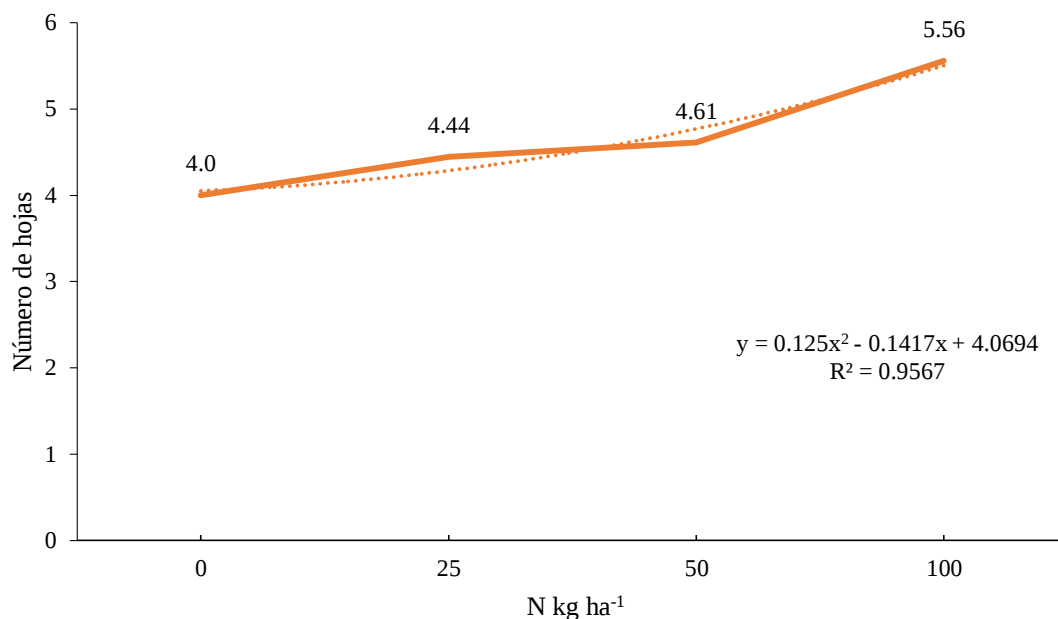


Figura 6. Efecto del nivel de N sobre el variable número de hojas por planta.

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).

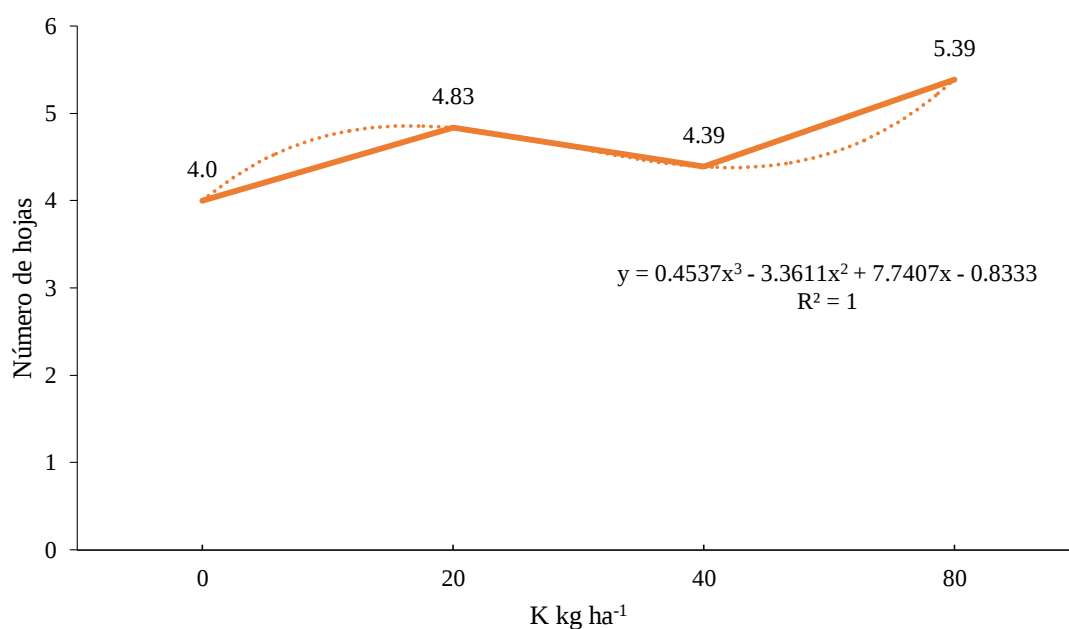


Figura 7. Comportamiento en el variable número de hojas en relación al nivel de K.

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.

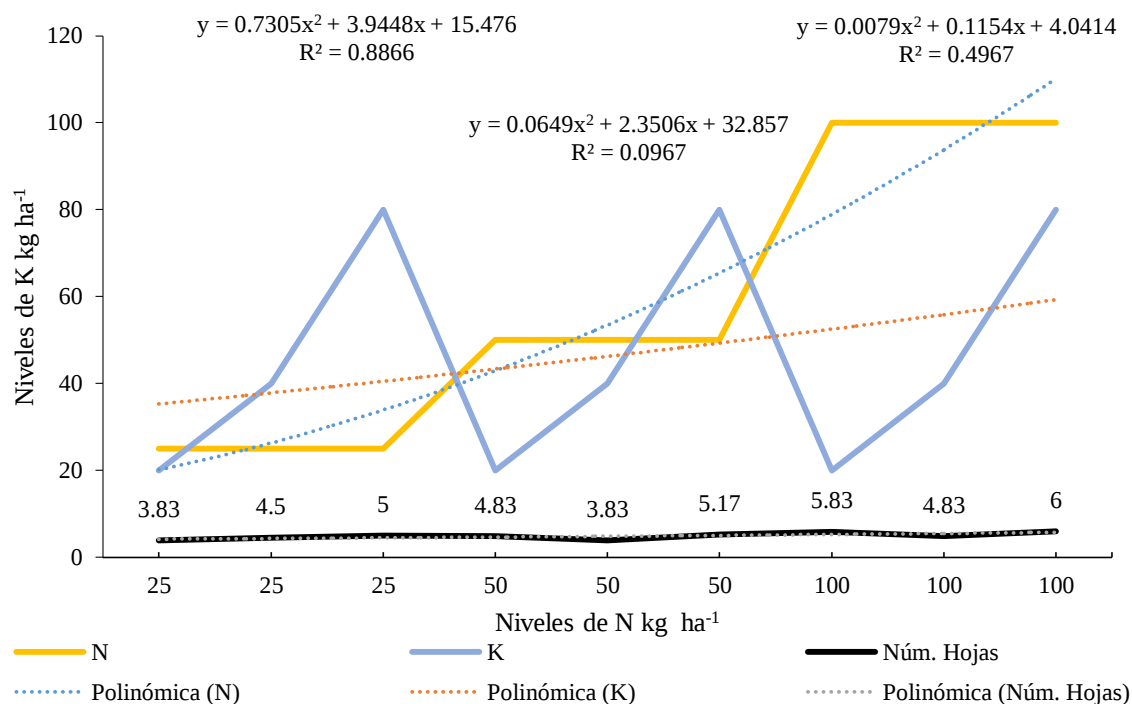


Figura 8 Variación del número de hojas en las plántulas de café por efecto de la interacción entre los niveles de N * K.

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).

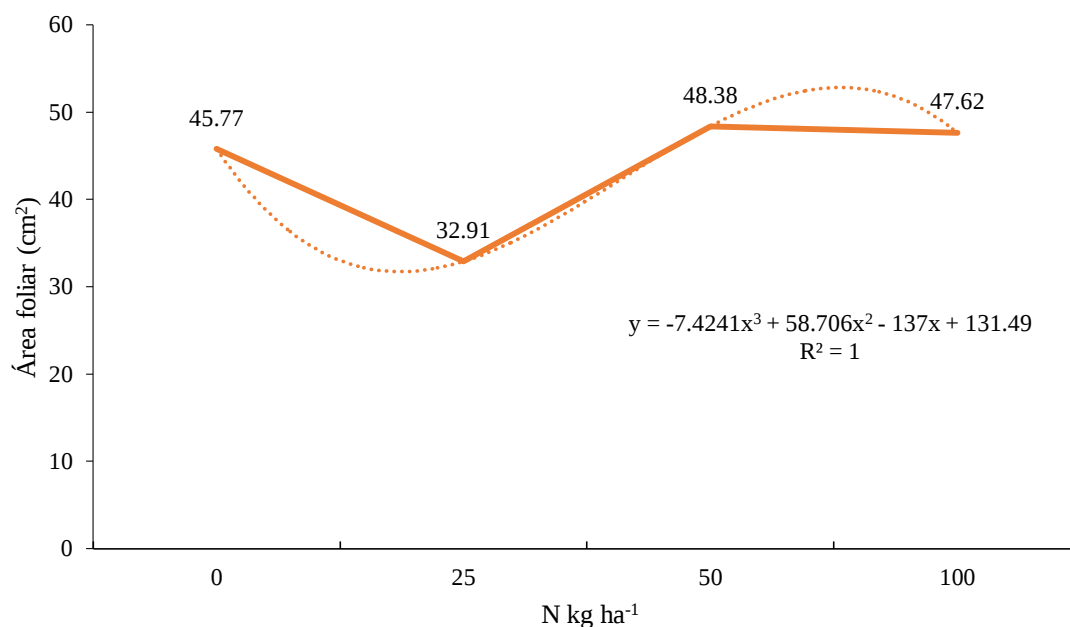


Figura 9. Influencia de los niveles de N sobre el área foliar (cm²) de la planta.

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

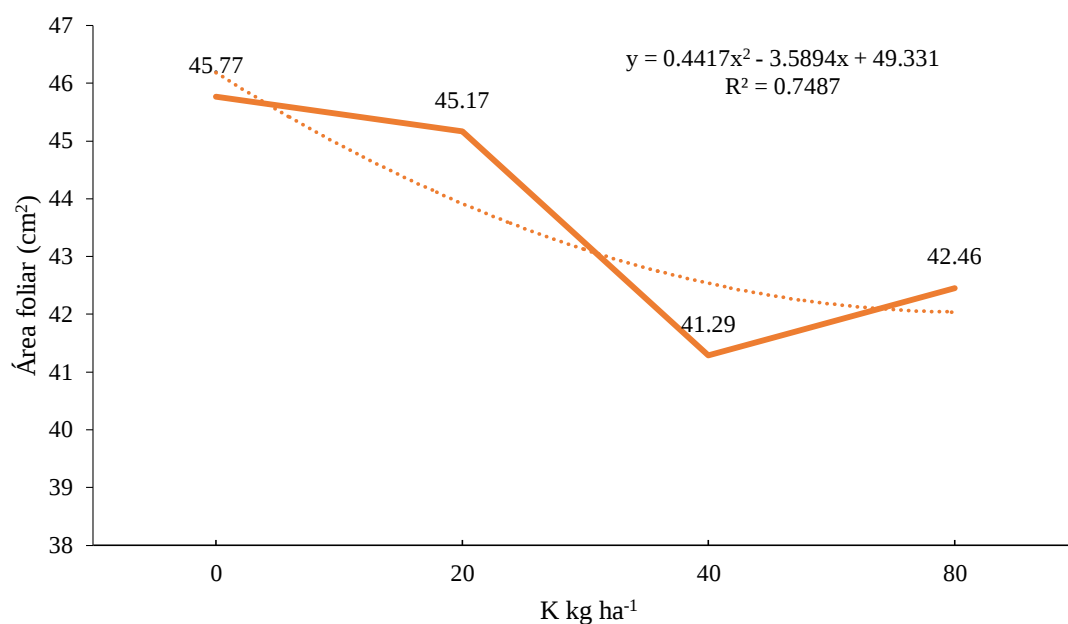


Figura 10 Comportamiento de la variable área foliar (cm²) de la planta en relación al nivel de K.

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 $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

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 $\text{NH}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. 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.

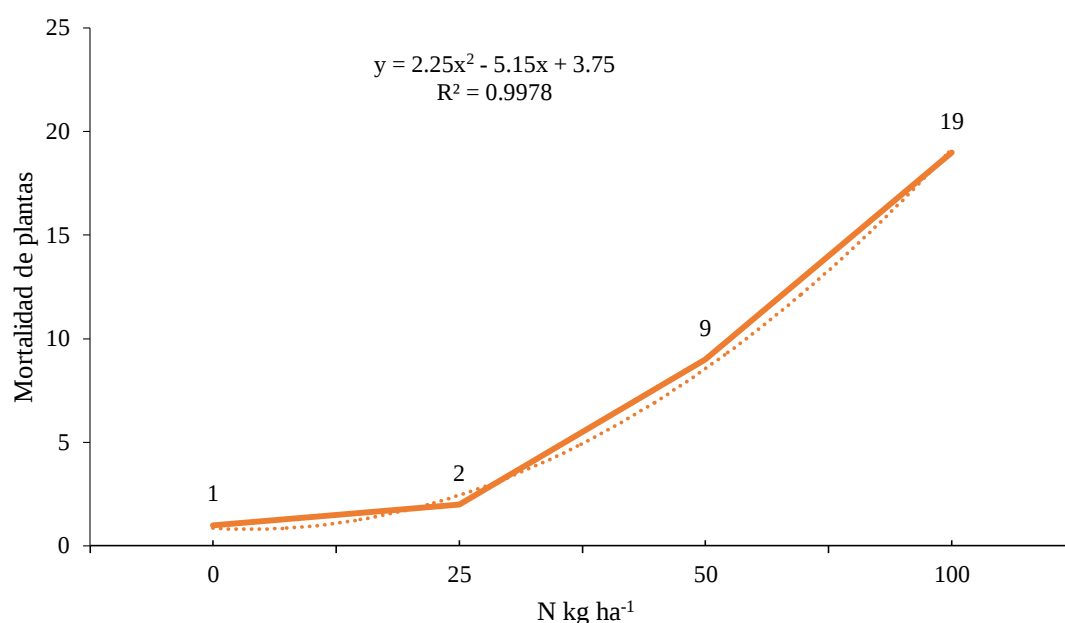


Figura 11. Efecto de los niveles de N sobre la mortalidad de las plántulas.

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.

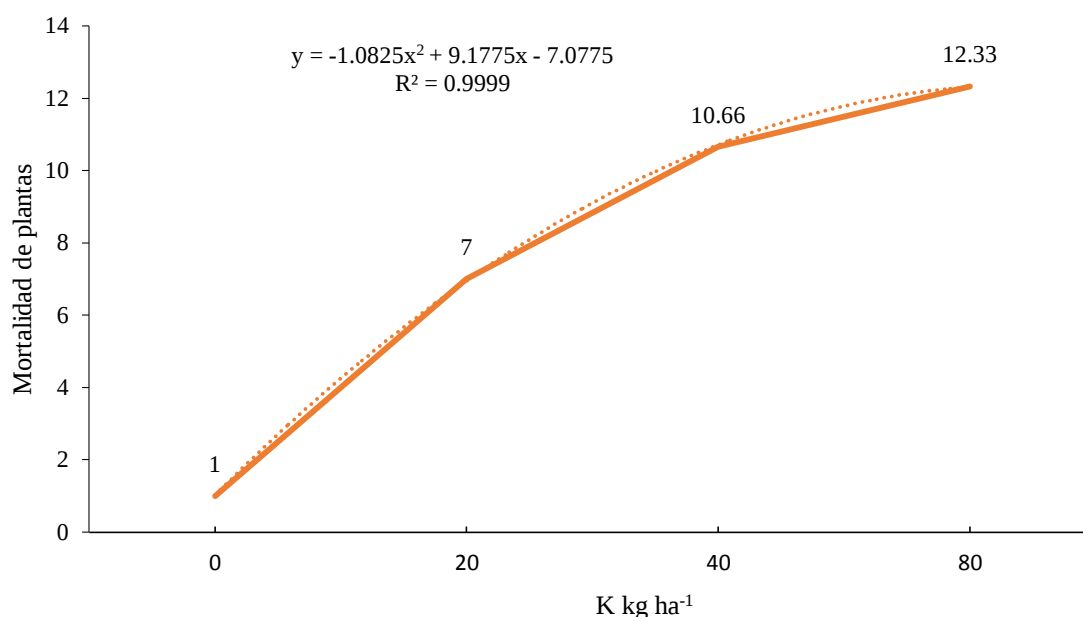


Figura 12 Manifestación de los niveles de K sobre la mortalidad de las plántulas.

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 deforme. 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 intervenla 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 micro elementos (Morales, 2012). MISTI (s.), 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 micros elementos 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 obtenidos 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 evalué 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 (Aanalistas de Agro negocios 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

Arrízatela 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.

Arrízatela, 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 Cent occidental 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](http://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-PROMECAFÉ. 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_FOSFORO_Y_POTASIO SOBRE_EL_RENDIMIENTO_DEL_CULTIVO_DE_CAFE_DURANTE_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. Cenicafé. 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.

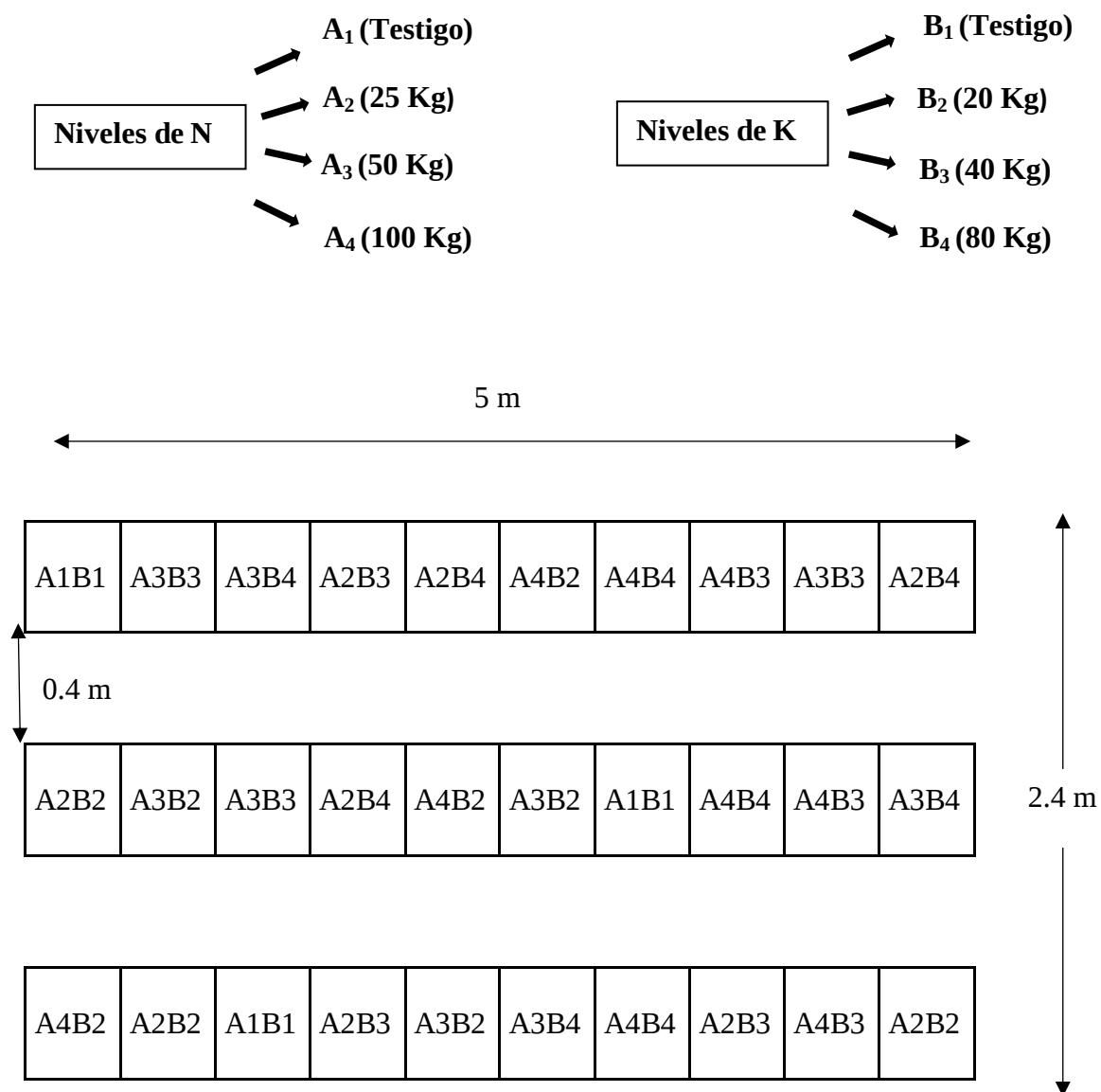
** Se realizó durante la permanencia del experimento.

*** 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