

Efecto del calcio en la fertilización convencional en plántulas de café en vivero

Carlos Andrés Galicia Castillo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto del calcio en la fertilización convencional en plántulas de café en vivero

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carlos Andrés Galicia Castillo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Efecto del calcio en la fertilización convencional sobre el crecimiento de plántulas de café en vivero

Carlos Andrés Galicia Castillo

Resumen. El sistema radicular de una planta de café (*Coffea arabica*) es el eslabón principal para alcanzar altos rendimientos, de igual forma el calcio es un nutriente de naturaleza estructural que promueve el desarrollo y crecimiento radicular. El objetivo de este experimento fue determinar la dosis óptima de calcio y el efecto en la fertilización convencional sobre el crecimiento de plántulas de café en vivero. El experimento tuvo lugar en la Unidad de Propagación de Plantas de Zamorano, Honduras. Las variables evaluadas fueron diámetro de tallo, altura de planta, área foliar volumen y longitud de raíz. Se evaluaron siete tratamientos, cuatro con fertilización convencional (20 g/L) y diferentes dosis de calcio (26, 52, 79 y 105 mg/planta), solamente calcio (105 mg/planta), solo convencional y sin fertilizar. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por seis plántulas por tratamiento. Las aplicaciones iniciaron en plántulas en estado de chapola (dos cotiledones abiertos), posteriormente en intervalos de ocho días, hasta completar seis aplicaciones. Los resultados mostraron que el tratamiento con fertilización convencional junto con 79 mg/planta de calcio produjo mayor volumen y longitud de raíz, altura de planta e incremento del área foliar. Los tratamientos sin calcio tuvieron menor crecimiento en plántulas de café en vivero.

Palabras clave: Altura de planta, área foliar, chapola, diámetro de tallo.

Abstract. Root system of a coffee plant (*Coffea arabica*) is the principal link to achieve high performance, one important fact to performance the root system is with the application of calcium, because is nutrient of nature structural who promotes the development and growth of roots. The objective of this experiment is to determine the most effective dose of calcium and the effect of conventional fertilization on the development of coffee seedlings produced in nursery. The experiment took place in the plant propagation unit of Zamorano, Honduras. The evaluated variables were; stem diameter, plant height, volume, leaf area, volume and length root. Seven treatments were evaluated, four with different calcium dose (26, 52, 79 and 105 mg/plant) combined with conventional fertilization (20 g/L) ones were only applied conventional fertilization, only calcium (105 mg/plant) and one without fertilization, using a random design of complete block in area. Six seedlings formed experimental units with treatment by repetition and each treatment have four repetition. The treatments application initialized once the plants were in “chapola” state (two open cotyledons), later in intervals of eight days, until completing six applications in the experiment. The result showed that the treatment with conventional fertilization together with the calcium dose (79 mg/plant) developed a greater root volume and length, greater height of the plant, also an increase in the leaf area, comparing it with the other treatments. The treatments in which it was not applicate or combined conventional fertilization and calcium they did not improve in the development of the coffee seeding in nursery.

Key words: Chapola, height of the plant, leaf area, stem diameter.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Análisis químico del sustrato compuesto por suelo, compost, casulla de arroz y arena de río con una relación (2-2-3-1), utilizado en la evaluación fertilización convencional con diferentes dosis de calcio en plántulas de café variedad Parainema en etapa de vivero, en la unidad de Propagación Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	5
2. Tratamientos y nutrientes suministrados durante la evaluación de diferentes dosis de calcio y fertilización convencional sobre el desarrollo de plántulas de café en etapa de vivero, variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en la unidad de Propagación de Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	6
3. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en la longitud de raíz, en plántulas de café variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	8
4. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en el volumen de raíz, en plántulas de café variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	9
5. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en la altura de la planta, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	10
6. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en el diámetro del tallo, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	11
7. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en área foliar, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.....	12

1. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de gran importancia para la economía de los países centroamericanos, siendo este uno de los rubros de exportación que mejor distribuye la riqueza entre los países productores. En el 2011 el café representó el 3% del producto interno bruto (PIB) de Honduras, 2% en Nicaragua, 1.5% en Salvador y Guatemala (CEPAL 2014). Siendo este un elemento integral que abarca desde el sistema productivo hasta el ámbito social y cultural. Las plantaciones de café cubren más de un millón de hectáreas y cerca de dos millones de personas dependen del cultivo para su sustento, incluidos algunos de los trabajadores sin tierra más pobres de la región (PROMECAFE 2013).

La producción total de Honduras aumentó un 12% en el año 2017 logrando producir 8.35 millones de sacos, lo que le permitiría mantenerse por cuatro temporadas consecutivas de crecimiento en este país. Sin embargo, el crecimiento de otros países como Uganda y Perú han desplazado la producción de Guatemala que anteriormente se encontraba en el noveno puesto de países con mayor cantidad de sacos producidos a el onceavo puesto, de igual forma Nicaragua ha reducido su producción 2.8% en 2017 con respecto al año 2016. Siendo este un claro indicador de que la producción actual necesita mejorar las estrategias de producción o encontrar medios más eficientes que mejoren el rendimiento de las plantaciones de café, por lo que hacer énfasis en la nutrición de las plantaciones es fundamental (ABG 2017).

Para poder mejorar la productividad es necesario conocer y comprender como se desenvuelve el cultivo, logrando de esta manera explotar el potencial genético y productivo que ofrecen las diferentes variedades. Para obtener plantas vigorosas y sanas es necesario brindarle las condiciones adecuadas, considerando las condiciones climáticas, requerimientos hídricos, realizando prácticas como renovación de cafetales, que permitan estabilizar la producción promedio y de igual manera brinda la oportunidad de incorporar nuevas variedades de café, es por ello que un buen manejo del cultivo resulta fundamental para mejorar su productividad (Farfán 2014).

La productividad de los cafetales inicia con la producción de plantas que cuenten con un sistema radicular bien desarrollado. Además de su función de soporte, el sistema radicular actúa como el principal órgano para la absorción de nutrientes y agua. Los suministros adecuados de nutrientes son importantes para el desarrollo radicular profundo, vigoroso y activo (ANACAFÉ 2011).

El sistema radicular de la planta es el eslabón principal mediante el cual se puede alcanzar altos rendimientos y a la vez hacer sostenible la producción (Albelo y Mármol 2016). La

raíz es el principal órgano de asimilación de la planta y la función de esta, está asociada con el anclaje al suelo, la absorción de agua y sustancias minerales.

Las curvas de crecimiento de la planta de café muestran un comportamiento en el cual el desarrollo de la raíz es mayor en sus etapas iniciales de crecimiento, por lo que una baja disponibilidad de nutrientes restringe el crecimiento normal, trayendo consigo consecuencias en la futura producción. Considerando que la raíz es una de las partes más importantes de las plantas es importante incurrir en una buena práctica nutricional para mejorar la condición de la raíz y la productividad en el cultivo, gracias a las aplicaciones de fertilizantes y tomando en cuenta los nutrientes que aporta el suelo y la demanda del cultivo se puede añadir los nutrientes demandados. Por ello conocer la función de cada uno de los elementos y su movilidad permite mantenerlos en niveles adecuados, generando buenas cosechas y de alta calidad (Sadeghian Khalajabadi 2012).

La ventaja de utilizar fertilizantes es que permite mejorar la producción, sin embargo estos tienden a tener un costo elevado y es muy sensible a cambios en el precio, siendo el caso de 2008 cuando los fertilizantes tuvieron un alza del 336%, lo que afectó los programas nutricionales que se utilizaba en la producción cafetalera, reduciendo el rendimiento de este sector, por lo que es necesario ser eficientes con el uso de los fertilizantes para reducir los costos, reducir el impacto ambiental y obtener buenos resultados (Ramirez *et al.* 2012).

El manejo correcto de la nutrición, permite reducir la cantidad de fertilizante adquirido. Para que esto sea posible se debe conocer las demandas de los cultivos y aplicar los fertilizantes correctamente durante la formación de las plántulas y teniendo el cuidado necesario al trasplantar puede llegar a determinar el éxito o fracaso de una plantación al influenciar directamente el desarrollo de la raíz (ANACAFÉ 2011).

Uno de los nutrientes con mayor importancia en las primeras etapas fisiológicas del cultivo es el fósforo, pues afecta el desarrollo de una planta vigorosa con un buen sistema radicular y es imprescindible en los mecanismos de formación, crecimiento y multiplicación. De igual forma, otro nutriente esencial en el desarrollo de la raíz es el calcio, el cual estimula los sistemas enzimáticos en la división, crecimiento y elongación celular (Stauder 2010). Siendo el calcio uno de los componentes principales que conforman parte de la estructura en la pared celular, por lo que una deficiencia de calcio afectaría la formación de membranas celulares (Carvajal 1984).

El calcio es un nutriente de naturaleza estructural pues forma parte de las paredes y membranas celulares, razón por la cual es fundamental para la formación de nuevas células de plantas. Las raíces toman el calcio desde el sustrato en forma iónica de Ca^{2+} . La absorción del calcio está delimitada por la zona colindante al ápice de la raíz, la translocación del calcio desde la corteza del tallo se limita a la ruta apoplástica o del espacio libre, vía que solamente es accesible en zonas jóvenes de la raíz, indicando entonces, la importancia de este nutriente en etapas iniciales del café. Cabe indicar que la absorción del calcio se da de manera pasiva, apoyando el hecho que su ascenso en la savia del xilema ocurre con la corriente transpiratoria; fenómeno que tiene lugar durante el día y es gracias a esto que la absorción del calcio se detiene durante la noche (Sadeghian Khalajabadi 2012).

El calcio es fundamental para el crecimiento de las raíces (Malavolta 1991). Este elemento juega un papel importante como regulador de crecimiento en las plantas, en su desarrollo y habilidad para adaptarse a las condiciones adversas del ambiente mejorando la resistencia a las enfermedades (ANACAFÉ 2014). Se debe evaluar el efecto del fósforo y calcio en el desarrollo de la plántula logrando determinar las dosis adecuadas con el fin de mejorar el rendimiento en el cultivo de café.

Se han realizado varios experimentos para evaluar el efecto de aplicación de calcio en el rendimiento sobre la producción del café. De acuerdo con este estudio los tratamientos en los cuales se aplicaron altas dosis de calcio obtuvieron mejores rendimientos de producción en el cafeto (Fournier 1988). De igual forma se realizó un experimento en el cual se evaluaban diferentes aplicaciones de calcio con boro, en plantas jóvenes, en el que se mejoró el desarrollo del diámetro del tallo, la cantidad de hojas, las ramas laterales y el volumen de la raíz en comparación del tratamiento convencional (Albelo y Mármol 2016).

Tomando en cuenta los precios bajos del café y que su producción se encuentra ampliamente distribuida entre pequeños y medianos productores, surge la necesidad de ser más eficientes con los recursos y fertilizaciones para tener plantas saludables y vigorosas que generen una mejor producción, es por ello que se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de calcio en la fertilización convencional sobre el desarrollo de plántulas de café en viveros para determinar la dosis adecuada de este elemento que mejore el desarrollo de las plántulas de café.

- El objetivo fue la evaluación del efecto de la aplicación de calcio en la fertilización convencional en el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica*) en viveros y determinar la dosis de calcio que mejore la calidad de las raíces de plántulas de café.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El estudio se realizó entre el 13 mayo y 7 de septiembre de 2018 en la Unidad de Propagación de plantas de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano ubicado a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación acumulada de 420 mm.

Etapas de germinación.

La variedad del cultivo de café utilizada en el presente experimento fue Parainema, que presenta características de alta vigorosidad, alta productividad, grano de tamaño grande, resistencia a roya, resistencia a nematodos y una buena calidad de tasa. Esta variedad se ha adaptado adecuadamente a zonas de baja y media altura (WCR 2018).

Las semillas utilizadas en el presente estudio fueron estimuladas con un tratamiento pre germinativo, con la finalidad de acortar los días de germinación. Para esto se sumergieron en agua durante 12 horas, en consiguiente se dejó secar las semillas por 12 horas más bajo invernadero, se repitió el procedimiento por tres días seguidos. Una vez finalizado este tratamiento se procedió a sembrar las semillas en semilleros de arena en la unidad de Propagación de Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las semillas se colocaron en hileras a dos centímetros de profundidad y se cubrieron con la arena, se colocó hojas secas de plátano para proteger las semillas de las altas temperaturas. La germinación duró 60 días hasta alcanzar el estado juvenil (fosforito). Cabe recalcar que no se evaluó la etapa de germinativa en este experimento.

Tratamientos de desinfección del sustrato.

Se realizó una pasteurización del sustrato a 90 °C por seis horas, proceso que pretendía eliminar cualquier tipo de organismo fitopatógeno o semillas ajenas a la investigación. Para la prevención de hongos se desinfectó el sustrato con el producto comercial Prevalor® 84 SL con el compuesto activo fosfetil aluminio y propamocarb, se aplicó 3.5 mL/L dosis recomendada por la etiqueta del producto. Se hizo dos aplicaciones, a los cero y 20 días después del trasplante.

Contenedor.

Se usó bolsas negras de polietileno con capacidad de 2.4 L, que se llenó con el medio de siembra a su máxima capacidad.

Condiciones del sustrato.

El sustrato que se uso fue una mezcla de suelo, compost, casulla de arroz y arena de río en una relación (2-2-3-1) volumen/ volumen, Previo al trasplante se realizó un análisis químico del medio de siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico del sustrato compuesto por suelo, compost, casulla de arroz y arena de rio con una relación (2-2-3-1) volumen, utilizado en la evaluación de fertilización convencional con diferentes dosis de calcio en plántulas de café variedad Parainema en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

pH	M.O. (%)	mg/kg				
		N	P	K	Ca	Mg
7.4	7.53	0.38	848	2,261	6,348	681

Fuente: Laboratorio de Suelos de Zamorano (2018). M.O= Materia Orgánica.

Etapa de trasplante.

Se realizó una selección de plantas juveniles, se escogió las plantas con un óptimo desarrollo radicular en tamaño y forma de inclinación vertical de la raíz, sin deformaciones o daños por organismos patógenos. Las plantas que cumplían con estas características fueron trasplantadas a bolsas plásticas llenas del sustrato.

Preparación del tratamiento convencional.

Para la preparación de la fertilización convencional, se tomó como referencia los fertilizantes recomendados en la Guía técnica de caficultura, que consiste los siguientes productos comerciales; Nitrocomplex® Plus (21 N, 17 P, 3 K) y Complex® (12 N, 11P, 18K) a manera de replicar el sistema de producción de los caficultores de Guatemala (ANACAFÉ 2014).

Se llenó un contenedor plástico con 1.2 L de agua para diluir 20 gramos de cada uno de los fertilizantes comerciales de manera individual. Se aplicó 50 mL/planta de la solución de Nitrocomplex® Plus a la semana uno, dos y tres semanas del experimento (SDE), se suministró 50 mL/planta de la solución Complex® a la cuatro, cinco y seis SDE. Las aplicaciones de la solución de fertilizantes se realizaron de forma directa al sustrato usando una probeta, cada ocho días durante todas las seis semanas del estudio.

Preparación de solución de calcio.

Como fuente de calcio se usó el producto comercial Bion calcio® que contiene un 22% de calcio. Los tratamientos de calcio consistía en las siguientes diferentes dosis: 4, 8, 12 y 16 mL/L que corresponde a 26, 52, 79 y 105 mg de calcio/planta respectivamente (Cuadro 2).

Para realizar la aplicación de la solución se diluyó la dosis de cada tratamiento en 1.2 L de agua, de esta solución se aplicó 50 mL en cada plántula de manera directa usando una probeta, cada ocho días durante seis semanas del estudio.

Tratamientos.

Se estableció siete tratamientos en total, de los cuales cuatro incluían el fertilizante convencional a diferentes dosis de calcio; tratamiento con la dosis más alta de calcio, tratamiento únicamente con fertilización convencional y tratamiento testigo, el cual no recibió ningún tipo de fertilización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos y nutrientes suministrados durante la evaluación de diferentes dosis de calcio y fertilización convencional sobre el desarrollo de plántulas de café en etapa de vivero, variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en la unidad de Propagación de Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Nutrientes (mg/planta)			
	N	P	K	Ca
NPK + Ca 1	250	280	210	26
NPK + Ca 2	250	280	210	52
NPK + Ca 3	250	280	210	79
NPK + Ca 4	250	280	210	105
NPK	250	280	210	0
Ca	0	0	0	105
Testigo	0	0	0	0

Variables evaluadas.

Las variables medidas en el presente estudio fueron, longitud y volumen de la raíz, altura de la planta, diámetro del tallo y área foliar a los 67 días después del trasplante. Previo a la medición de las variables se extrajeron las plantas de las bolsas de plástico, se lavaron las raíces y las hojas y finalmente se procedió a medir las diferentes variables.

Longitud y volumen de raíz.

Para medir la longitud y volumen de raíz se realizó un corte en la base del tallo separando la raíz y se colocó la muestra en un recipiente plástico transparente con agua destilada, de dimensiones 30 × 22 cm y tres cm de profundidad donde se estiro por completo la raíz. se procedió a escanear la muestra y las imágenes obtenidas se analizaron en el programa winRHIZO®.

Altura de planta.

La altura de la planta se evaluó usando un pie de rey en milímetros, la medición se tomó desde la base del tallo hasta la última cruz formada en la planta.

Diámetro del tallo.

Para medir el diámetro del tallo se utilizó un pie de rey calibrado en milímetros, se tomaron los datos un centímetro arriba de la base del tallo.

Área foliar.

Se cortó una hoja madura de cada planta y se colocó en un recipiente plástico transparente con agua destilada, con dimensiones de 30 × 22 cm y tres cm de profundidad.

Posteriormente se colocó la muestra sobre el escáner para obtener la imagen y ser analizada en el programa winRHIZO[®].

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), compuesto por siete tratamientos con cuatro repeticiones, 24 plantas por tratamiento, los datos fueron tomados de cada planta.

Análisis estadístico.

Las variables fueron analizadas mediante un ANDEVA. Al encontrar diferencia en las medias se procedió a separar los datos con una prueba Duncan con una $P \leq 0.05$ con el programa Statistical Analysis Systems (SAS[®] 2013), versión 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud de raíz.

El tratamiento de fertilización convencional NPK más 79.2 mg de calcio /planta, obtuvo un mayor desarrollo en cuanto a longitud de la raíz, presentando diferencia significativa al resto de tratamientos, (cuadro 3). Estos datos concuerdan con el estudio realizado por Rincón *et al.* (2003), el cual observó un mejor desarrollo radicular en plantas jóvenes de *Acacia* sp., cuando se aplicaba mayores dosis de calcio junto con fósforo, hasta que la concentración de calcio llegaban a una relación calcio: fósforo (10:1).

De acuerdo al experimento realizado por Aguas (1989), en el cual evaluó el efecto de diferentes fuentes de calcio sobre el desarrollo y crecimiento en plántulas de café, encontró que, la correcta suplementación de calcio junto con materia orgánica mejora el desarrollo radicular, obteniendo de esta manera un mayor número y longitud de raíces por planta de café, mejorando la capacidad de absorción de nutrientes en el sustrato y contribuyendo a su vez al aumento de área foliar.

Los tratamientos con fertilizante convencional, solo calcio y sin fertilizar no presentan diferencias significativas en el desarrollo de longitud de raíz. De acuerdo con Sadeghian Khalajabadi (2012), la respuesta de café a la aplicación de nitrógeno en la etapa de almácigo, no presentó estadísticamente significativos, debido a que el sustrato aportó los nutrientes necesarios, como pudo ocurrir en este estudio.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en la longitud de raíz, en plántulas de café variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, En la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Fertilización	Longitud de raíz (cm)
NPK + 26 mg Ca	190.65 b ^B
NPK + 52 mg Ca	188.24 b
NPK + 79 mg Ca	254.27 a
NPK + 105 mg Ca	189.89 b
NPK	166.61 bc
105 mg Ca	154.09 bc
Sin Fertilización	141.11 c
CV (%)	15.5
R ²	0.71
P	0.002

^B Medias con distintas letras en la misma columna indican que hay diferencias significativas (P≤0.05).

Volumen de raíz.

La fertilización convencional más 79 mg de calcio presentó diferencia significativa con el resto de los tratamientos (Cuadro 4). Resultado similar fue encontrado en el experimento realizado por Emanuelsson (1984) quienes evaluaban la influencia de suministrar calcio y su relación en el crecimiento radicular en plántulas de café, encontraron que el volumen radicular incrementaba con el suministro de calcio generando un efecto positivo en la absorción de agua, de igual forma al incrementar el suministro de calcio, la planta absorbía mayores cantidades de nitrógeno lo que influenciaba positivamente en el crecimiento de esta. Resultados similares ocurrieron en el experimento realizado por Capula Rodríguez (2014) quien encontró que al suministrar 65 mg de calcio en plantas jóvenes de tomate el volumen radicular era mayor.

Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos, esto posiblemente se debe a que el sustrato proveía la cantidad necesaria de nutrientes para el desarrollo de la planta. De igual forma los resultados obtenidos por Salazar-Arias (1996) muestran que, al realizar trasplantes de planta en estado de chapola o fosforito, estas no representaban diferencia significativa en el volumen de raíz.

Los resultados obtenidos en los tratamientos fueron similares a los obtenidos por Fernández (2003) quien encontró que, aplicaciones de diferentes dosis de N y P no tuvieron efecto significativo sobre el desarrollo de plántulas de café, sin embargo, observaron que el desarrollo radicular se encontraba influenciado por el tamaño de las bolsas y el sustrato utilizado.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en el volumen de raíz, en plántulas de café variedad Parainema, a los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Fertilización	Volumen de raíz (cm³)
NPK + 26 mg Ca	0.46 b ^B
NPK + 52 mg Ca	0.55 b
NPK + 79 mg Ca	0.90 a
NPK + 105 mg Ca	0.59 b
NPK	0.56 b
105 mg de Ca	0.43 b
Sin Fertilización	0.42 b
CV (%)	26.4
R ²	0.62
P	0.013

^B Medias con distintas letras en la misma columna indican que hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Altura de planta.

La fertilización convencional con diferentes dosis de calcio y la fertilización convencional no presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo, estos tratamientos presentaron un mejor desarrollo en altura de planta (Cuadro 5). Resultados similares fueron encontrados en el experimento realizado por Albelo y Mármol (2016) en el cual los tratamientos de fertilización convencional que incluían calcio tuvieron un efecto positivo en la altura y desarrollo de plántulas de café en vivero con respecto a los tratamientos que no incluían calcio, permitiendo una disminución de tiempo en el cual las plántulas pasaban en vivero, lo que redujo la cantidad de fertilizante y generó un ahorro económico. De acuerdo con Sadeghian Khalajabadi (2012) el calcio es un nutriente de naturaleza estructural, pues es componente de las paredes y membranas celulares, por lo cual su presencia es fundamental para la formación de nuevos tejidos. La carencia de este elemento reduce la tasa de crecimiento en las plantas, dado que es requerido para la elongación y la división celular.

El resultado obtenido en el tratamiento solo calcio presentó un desarrollo menor con respecto a la altura de planta, habiendo diferencia significativa con los tratamientos que incluían fertilización convencional y calcio. Sin duda alguna es un resultado predecible debido a que los planes de fertilización convencionales propuestos por ANACAFÉ (2014) en almácigo consideran la aplicación de fórmulas completas que le provean a la planta nutrientes que estimulen el desarrollo; por ello la carencia de nutrientes esenciales afectó negativamente el desarrollo de las plántulas.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en la altura de la planta, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Altura de planta (cm)
NPK + 26 mg Ca	10.65 ab ^B
NPK + 52 mg Ca	11.95 a
NPK + 79 mg Ca	12.52 a
NPK + 105 mg Ca	10.22 ab
NPK	9.17 b
105 mg de Ca	9.42 c
Sin fertilizar	8.80 d
CV (%)	2.96
R ²	0.93
P	0.001

^B Medias con distintas letras en la misma columna indican que hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Diámetro del tallo.

La fertilización convencional y convencional con calcio en diferentes dosis, superaron el testigo en esta variable (Cuadro 6). Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Albelo y Mármol (2016) en el cual evaluaron el efecto de fertilización convencional junto con diferentes dosis de calcio en plántulas de café encontraron que no presentaron diferencias significativas con respecto al diámetro del tallo. Este fenómeno se atribuye a las cualidades de los nutrientes y su efecto en el desarrollo vegetativo presentados por Stauder (2010) en el cual nutrientes como nitrógeno, fósforo y calcio tienen un papel fundamental en la división y multiplicación de células, siendo fundamentales para el desarrollo de biomasa.

Resultados similares fueron encontrados por Fernández (2003) quien evaluó fuentes y niveles de fertilización con fósforo en plantas jóvenes de café, obteniendo como resultado que no existe diferencia significativa en cuanto al diámetro de tallo.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en el diámetro del tallo, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Fertilización	Diámetro de tallo (mm)
NPK + 26 mg Ca	1.99 a ^B
NPK + 52 mg Ca	1.99 a
NPK + 79 mg Ca	2.00 a
NPK + 105 mg Ca	1.93 a
NPK	1.98 a
105 mg de Ca	1.84 ab
Testigo	1.77 b
CV (%)	5.53
R ²	0.55
P	0.045

^B Medias con distintas letras en la misma columna indican que hay diferencias significativas (P<0.05)

Área foliar.

La fertilización convencional con dosis de 26, 52 y 79.2 mg/planta de calcio presentaron el mejor desarrollo y diferencia significativa (P≤0.05) con respecto a la fertilización únicamente con calcio y sin fertilizar (Cuadro 7).

Resultados similares fueron encontrados por Mattiello (2008) quienes evaluaban la producción de materia seca, crecimiento radicular, foliar y absorción de calcio, fosforo en plántulas de café, quienes encontraron que al suministrar fosforo y calcio la planta mejoraba el crecimiento radicular y foliar, sin embargo este desarrollo se vía afectado cuando existían grandes concentraciones de aluminio en el sustrato. de acuerdo con Sadeghian Khalajabadi (2012) el calcio representa un elemento clave en el desarrollo de la planta y que la falta de

este elemento reduce la tasa de crecimiento, dado que el calcio es requerido para la elongación y división celular, tanto de la raíz como la parte aérea.

Meloni (2015) encontró que la aplicación de calcio incrementó la biomasa de hojas y raíces, debido a que el calcio es fundamental para el crecimiento de las raíces y en su ausencia no ocurre la división celular mitótica, siendo necesaria para el desarrollo de los meristemos apicales y radiculares (Malavolta 1991).

Cuadro 7. Efecto de la fertilización convencional y diferentes dosis de calcio en área foliar, en plántulas de café variedad Parainema. A los 67 días después del trasplante en etapa de vivero, en la Unidad de Propagación Vegetal de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Fertilización	Área foliar (mm)
NPK + 26 mg Ca	22.10 ab ^B
NPK + 52 mg Ca	19.87 ab
NPK + 79 mg Ca	22.52 a
NPK + 105 mg Ca	19.37 b
NPK	20.22 ab
105 mg de Ca	4.20 c
Sin fertilización	3.10 c
CV (%)	12.1
R ²	0.93
P	0.001

^B Medias con distintas letras en la misma columna indican que hay diferencias significativas (P<0.05)

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de calcio por sí solo no tiene un efecto significativo en el desarrollo de las plántulas de café en el vivero. La aplicación conjunta compuesta por NPK interacción entre el fertilizante convencional y el calcio a una dosis de 79 mg/planta mejoran notablemente el desarrollo.
- El efecto de la aplicación de fertilizante compuesto por NPK junto con el calcio a una dosis de 79 mg/planta mejoró la longitud de la raíz.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar este tipo de investigación con un tiempo más prolongado que cubra la etapa total de almácigo hasta el trasplante a campo.
- Realizar este tipo de investigación con las mismas dosis, en diferentes sustratos.

6. LITERATURA CITADA

- ABG (Asociación Bancaria de Guatemala). 2017. Análisis económico de ABG [internet]. Guatemala; [consultado 2018 sep 28]. <http://abg.org.gt/servicios/eco-abg/>
- Aguas LH. 1989. Efeito de fontes e doses de cálcio e enxofre no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) [Tesis]. Universidade Federal de Lavras, Dissertações, Brasil. 101 p. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/105>
- Albelo-Hernández A, Mármol-Loyola E. 2016. Efectos de la nutrición con calcio y boro en plantas jóvenes de *Coffea arabica* L. AGRO [consultado 2018 sep 18]; 9(10):17-20. <http://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/825>
- ANACAFÉ. 2014. Guía técnica de caficultura. 2da ed. Guatemala: Asociación Nacional del Café. 212 p.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). 2011. Semilleros y almácigos [internet]. Guatemala; [consultado 2018 sep 2]. https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_SemillerosyAlmacigos
- Capula Rodríguez R. 2014. Respuestas de plantas jóvenes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) al multiestres en función de la aplicación suplementaria de calcio y potasio [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico 60 p. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/43310>
- Carvajal JF. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. 2da ed. Costa Rica: Instituto Internacional de la Potasa; [consultado 2018 sep 21]. <https://www.ipipotash.org/udocs/65-carvajal-cafeto-cultivo-y-fertilizacion.pdf>
- CEPAL (Comisión económica para América Latina y el Caribe). 2014. Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica [internet]. México: CEPAL; [consultado 2018 jul 20]. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37456>
- Emanuelsson J. 1984. Plant soil. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk. [consultado 2018 sep 22]; 78(3): 325. <https://doi.org/10.1007/BF02450366>

- Farfán F. 2014. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. 1ra ed. Manizales (Colombia): Cenicafe; [consultado 2018 ago 31]. https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa_y_sistemas_agroforestales_con_caf%C3%A9.pdf
- Fernández Paima JE. 2003. Fuentes y niveles de fertilización fosforada en la obtención de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor [Tesis]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 106 p. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/UNAS/518/1/AGR-465.pdf>
- Fournier L. 1988. Curso regional sobre nutrición mineral del café. 1ra ed. San José (Costa Rica): PROMECAFE; [consultado 2018 sep 24]. https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=WOkNAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA83&dq=dosis%20calcio%20cafe&ots=Kp7DsGyGYX&sig=w66KqXXzjkiW5xwLfbFf2bTBkg&redir_esc=y#v=onepage&q=dosis%20calcio%20cafe&f=false
- Malavolta E. 1991. Nutrición mineral e Adubación del café. 1ra ed. Piracicaba (Brasil): CERES. 224 p.
- Mattiolo E. 2008. Producción de materia seca, crecimiento radicular e absorción de calcio, fósforo e aluminio por *Coffea canephora* y *Coffea arabica* sob influencia da atividade do alumínio em solução. Rev. Bras. Ciênc. Solo. [consultado 2018 sep 7]. 32(1):425-434. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100040>
- Meloni DA, Silva DM, Bolzón G. 2015. Efectos de la adición de calcio sobre la fisiología de plántulas de vinal (*Prosopis ruscifolia* G.) bajo estrés salino. Quebracho; [consultado 2018 jul 24]. 23(1,2):8-17. <http://www.redalyc.org/pdf/481/48145593001.pdf>
- Pérez-Nasser S. 2017. Efecto del Ca²⁺ sobre algunas variables de crecimiento de *Aloe vera* cultivada con NaCl. Biot Colomb. 18(1):41-48. doi:10.21068/c2017.v18n01a3.
- PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura) 2013. La crisis del café en Mesoamérica: Causas y respuesta apropiadas [internet]. Costa Rica: IICA; [consultado 2018 ago 31]. <http://promecafe.net/documents/Publicaciones/la%20roya%20en%20centroamerica.pdf>
- Ramírez VH, Moreno AM, López JC. 2012. Evaluación temprana de la deficiencia del nitrógeno en café y aplicaciones, Mayo 2013. Manizales, Colombia: Centro nacional de investigaciones de café. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/405>
- Rincón JJ, Gallardo Y, Leal M, Rojas Y. 2003. Efecto de la relación calcio: fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* W. Bioagro; [consultado 2018 sep 24]. 15(2):97-105. <http://www.uacm.kirj.redalyc.org/articulo.oa?id=85715204%3E%20ISSN%201316-3361>

- Sadeghian Khalajabadi 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. [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. Medellín (Colombia). 157 p. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5723/1/16077856.2012.pdf>.
- Salazar-Arias, JN. 1996. Efecto del tamaño de la bolsa del almácigo sobre la producción de café. [internet]. Manizales: Cenicafé; [consultado 2018 oct 9]. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/945>
- Stauder N. 2010. Guía para diseñar programas efectivos de fertilización. 1ra ed. Mixco (Guatemala): NORDIC. 126p.
- WCR (World Coffee Research). 2018. Variedades de café arábica parainema sarchimor [internet]. Oregon; [consultado el 2 de sep. de 2018]. <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties/parainema>