

**Crecimiento, desarrollo y concentración de macronutrientes
en genotipos de café (*coffea robusta* P.) con diferentes
dosis de abono orgánico**

Ana Lucia Espinoza Coronel

consultar_ar@yahoo.es

<https://orcid.org/0000-0002-6119-3796>

Maestría en Agronomía, Mención Producción Agrícola Sostenible,
Unidad de Posgrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas
Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia
Dirección parroquia San Cristóbal km 3,5 vía Valencia sector El Pital

Gregorio Humberto Vásconez Montúfar

gvasconez@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1260-8075>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas
Los Ríos, Ecuador

Cristian Santiago Tapia Ramírez

cristian.tapia4416@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2104-5972>

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión
La Maná Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Av.
Los Almendros y Pujili

Luis Alberto Duicela Guambi

lduicela@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9326-8545>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Calceta 10 de agosto #82 y Granda Centeno Carrera de Ingeniería Agrícola

RESUMEN

El café es un cultivo de importancia social y comercial, se estima que es el sustento de 25 millones de familias en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Con el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y concentración de macronutrientes en genotipos de café con diferentes dosis de abono orgánico se realizó un ensayo en el centro experimental Sacha Wiwa, bajo un diseño de bloques aleatorios con arreglo factorial (genotipos x dosis de abono orgánico Bioabor®). Las variables que se midieron fueron altura de planta, diámetro del tallo, concentración y relación de macronutrientes en el tejido foliar, análisis físico y químico del suelo al inicio y final del estudio. Los datos fueron analizados con estadística descriptiva univariante y técnicas paramétricas. Para la comparación entre medias se empleó el test Tukey al 95% de probabilidad. La variedad Ecorobusta fue la que obtuvo la mayor altura y diámetro de tallo. El abono orgánico inhibe el crecimiento y desarrollo del cultivo de café. Las dosis de abono a 1000, 1500 y 2000 kg /ha aplicada en este orden en la variedad NapoPayomino, Ecorobusta y Conilón reducen la concentración de N en el tejido foliar. Se encontró una correlación positiva significativa entre la altura de planta y diámetro del tallo.

Palabras claves: fertilización, subtropico, macronutrientes, suelo, variedades.

Growth, development and concentration of macronutrients in coffee genotypes (*coffea robusta P.*) with different doses of organic fertilizer

ABSTRACT

Coffee is a crop of social, economic and commercial importance, it is estimated that it is the livelihood of millions of families in the tropical and subtropical regions of the world. In order to evaluate the growth, development and concentration of macronutrients in coffee genotypes with different doses of organic fertilizer, a trial was carried out at the Sacha Wiwa experimental center, under a random block design with factorial arrangement (A) genotypes (B) fertilizer dose. The variables that were measured were plant height, stem diameter, concentration and ratio of macronutrients in the foliar tissue, physical and chemical analysis of the soil at the beginning and end of the study. The data were analyzed with univariate descriptive statistics and parametric techniques. For the comparison between means, the Tukey test was used at 95% probability. The ecorobusta variety was the one that obtained the highest height and stem diameter. Organic compost inhibits the growth and development of the coffee crop. The doses of fertilizer at 1000, 1500 and 2000 kg BBQ / ha applied in this order in the napopayomino, ecorobusta and conilón varieties reduce the concentration of N in the leaf tissue. A significant positive correlation was found between plant height and stem diameter.

Keywords: fertilization; subtropical; macronutrients; soil, varieties.

INTRODUCCIÓN

Se considera a *Coffea arabica* y a *Coffea robusta* como las especies de café más importantes desde una perspectiva social y comercial, cuyas diferencias radican en su contenido de cafeína y de otros metabolitos, también por su adaptabilidad a las condiciones climáticas de la zona de producción, y como los factores edafo-climáticos inciden en el sabor final del café (Rega y Ferranti, 2018).

Se estima al café como el segundo producto más comercializado a nivel mundial después del petróleo, su producción se divide en tres áreas geográficas principales: Centroamérica y Sudamérica (alrededor del 70% del total mundial), Centro África y Asia (Rega y Ferranti, 2018). En este sentido, se considera que la cadena cafetalera es el sustento de alrededor de 25 millones de personas que habitan en los trópicos. Particularmente, en América Latina el cultivo de café genera empleo a millones de familias campesinas (Jiménez-Torres y Massa-Sánchez, 2015). Ecuador es una de los países de la región que ha aumentado la productividad del café en las últimas décadas de manera significativa, se estima que en el 2020 se obtuvo una producción de 5.280 t, con un rendimiento de 0,20 t ha⁻¹ (INEC, 2021).

Por otra parte, la producción de alimentos es un problema para todas las cadenas agroalimentarias, debido a que para aumentar los rendimientos agrícolas se aplica tecnologías agroquímicas que liberan sustancias nocivas en los ecosistemas, estas causan severos problemas en la salud humana y provoca deterioros en los recursos naturales (Putra, 2020). Debido a ello, se incentiva a que en las explotaciones agrícolas se utilicen tecnologías que reduzca al mínimo el impacto negativo sobre el medio ambiente. Además, que las tecnologías sean de fácil acceso y económicas para los agricultores. Los abonos orgánicos son agrotecnologías amigables con el medio ambiente, se los considera ser sustratos ricos en materia orgánica, minerales y microorganismos (Ramos y Terry, 2014). En Ecuador no se encuentra suficientemente documentado el comportamiento agroproductivo del cultivo de café con el uso de tecnologías que tenga un bajo impacto nocivo sobre el medio ambiente. Por tanto, el presente trabajo se enfocó en evaluar el crecimiento, desarrollo y concentración de macronutrientes en genotipos de café con diferentes dosis de abono orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la finca experimental Sacha wiwa, situada geográficamente a una latitud de 0°48'00.0"S, longitud de 79°10'01.2"W. Con una altitud de 500 msnm, precipitación de 2854 mm anuales y temperatura media mensual de 18 °C.

Material vegetal

Se utilizaron los clones de café Napopayomino, Ecorobusta y Conilón, con edad de dos años y sembrados a una distancia de plantación 3x3 m.

Manejo del experimento y variables evaluadas

En un jardín clonal de las variedades de café Napopayomino, Ecorobusta y Conilón se delimitaron 20 unidades experimentales (UE) (dos árboles por UE) por cada variedad de café. A cinco UE/variedad de café se le aplicó fertilización química (FQ); a cinco UE/variedad se le aplicó FQ + 1000 kg Bioabor®/ha; a cinco UE/variedad se le aplicó FQ + 1500 kg Bioabor®/ha; a cinco UE/variedad se le aplicó FQ + 2000 kg Bioabor®/ha; a cinco UE/variedad no se aplicó nada de fertilizante (sin químico, sin orgánico). El cultivo fue manejado sin riego y el control de plantas no deseadas (malezas) se lo realizó con métodos manual y químico.

Las variables bajo estudio fueron altura de planta, diámetro del tallo, concentración de macronutrientes en el suelo y tejido foliar. La altura de la planta se la midió desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta. El diámetro del tallo se lo cuantifico a 5 cm sobre el nivel del suelo. Para determinar P, K, Mg y Ca en los tejidos foliares se utilizaron los métodos de digestión húmeda, mientras que, el análisis de N se lo hizo empleando el método de Kjeldhal (1883). Los métodos que se utilizaron para conocer las características físicas y químicas del suelo al inicio y al final de la investigación fueron para materia orgánica (%) el método de Walkley y Black (1934). Para determinar la cantidad de macronutrientes se empleó la técnica de Olsen Modificado *et al.* (1954).

Análisis estadístico

El ensayo estuvo bajo un diseño en bloque completamente aleatorio con arreglo factorial, A (genotipos), B (dosis de abono) con cinco replicas. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva univariante (frecuencia relativa). Técnicas paramétricas multivariadas (correlaciones lineales). Para la diferencia entre medias se empleó el test Tukey al 95% de probabilidad. Los datos fueron procesados estadísticamente en la aplicación Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla muestra las características físicas y químicas del suelo de las variedades de café robusta al inicio del estudio. Con dicho análisis se realizó el plan de fertilización de los diferentes genotipos de café. Se encontró un pH no ideal para el cultivo de café. Según, Sadeghian (2016) el pH óptimo para el Café es 5,5 por debajo o encima de este valor se presenta problema en el crecimiento radicular y esto disminuye la fito-extracción de nutrimentos. También se evidenció que los macronutrientes estuvieron en niveles relativamente bajos. Mientras que, el análisis de suelo al final del estudio reflejó que la aplicación del abono mejoró la concentración de calcio en los suelos de las tres variedades, además incremento el contenido de azufre en las variedades NapoPayamino y Conilon. Generalmente se observó que el suelo no retuvo nutrientes, esto puede deberse a la poca cantidad de coloides inorgánicos, además la cantidad de protones (H^+) que remueven a los cationes a la solución del suelo y por efecto de las precipitaciones de la zona donde se llevó a cabo el estudio estos fueron lavados hacia las capas más profundas del suelo.

Tabla 1. Análisis de suelo al inicio al final del estudio en las tres variedades de café bajo el efecto de la fertilización química y orgánica

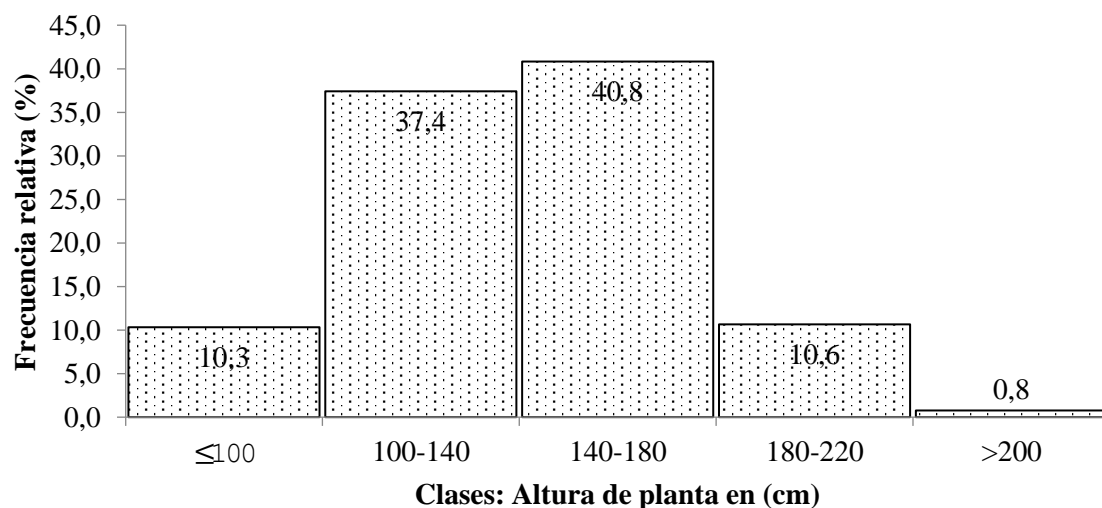
Descripción	Unidades	Valores por variedades		
		Napo Payamino	Ecorobusta	Conilón
pH		5,40 Ac Req Cal	5,60 Me Ac	5,60 Me Ac
Materia orgánica	(%)	5,50 Alto	4,60 Medio	3,80 Medio
NH ₄	mg/kg	10,00 Bajo	13,00 Bajo	11,00 Bajo
P	mg/kg	12,00 Medio	6,00 Bajo	3,00 Bajo
K	meq/100mL	0,10 Bajo	0,13 Bajo	0,09 Bajo
Ca	meq/100mL	3,00 Bajo	3,00 Bajo	4,00 Medio
Mg	meq/100mL	0,90 Bajo	0,90 Bajo	0,60 Bajo
S	mg/kg	8,00 Bajo	8,00 Bajo	8,00 Bajo
Textura	%			
Arena		51,00	52,00	44,00
Limo		43,00	44,00	52,00
Arcilla		6,00	4,00	4,00
Clase textural		Franco- Arenoso	Franco	Franco- Limoso

Análisis de suelo al final del estudio

pH		5,50 Ac Req cal	5,40 Ac Req cal	5,60 Me Ac
Materia orgánica	(%)	4,80 Media	4,30 Medio	3,50 Medio
NH ₄	ppm	39,00 Medio	16,00 Bajo	12,00 Bajo
P	ppm	3,00 Bajo	5,00 Bajo	14,00 Medio
K	meq/100ml	0,20 Medio	0,16 Bajo	0,17 Bajo
Ca	meq/100ml	7,00 Medio	7,00 Medio	7,00 Medio
Mg	meq/100ml	0,90 Bajo	0,70 Bajo	0,70 Bajo
S	ppm	15,00 Medio	8,00 Bajo	19,00 Medio
Ca/Mg		7,70	10,00	10,00
Mg/K		4,50	4,38	4,12
Ca+Mg/K		39,50	48,13	45,29

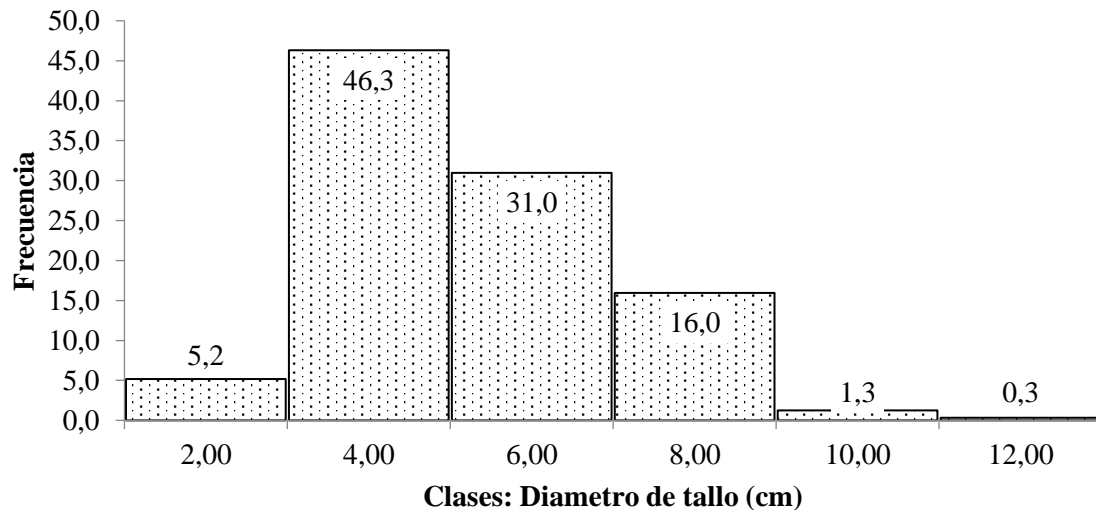
En la figura 1 se muestra la distribución de frecuencias relativas de la variable altura de planta de tres variedades de café robusta. El histograma evidenció un amplio rango de variación considerando que el 40,8 % de plantas muestreadas obtuvieron una altura entre 140 a 180 cm y el 37,4 % obtuvieron un tamaño de 100 a 140 cm. Estos resultados demuestran que la mayoría de plantas consideradas presentaron más de 100 cm de altura.

Figura 1. Distribución de frecuencias relativas (%) de la variable altura de planta (cm) de tres variedades de café robusta



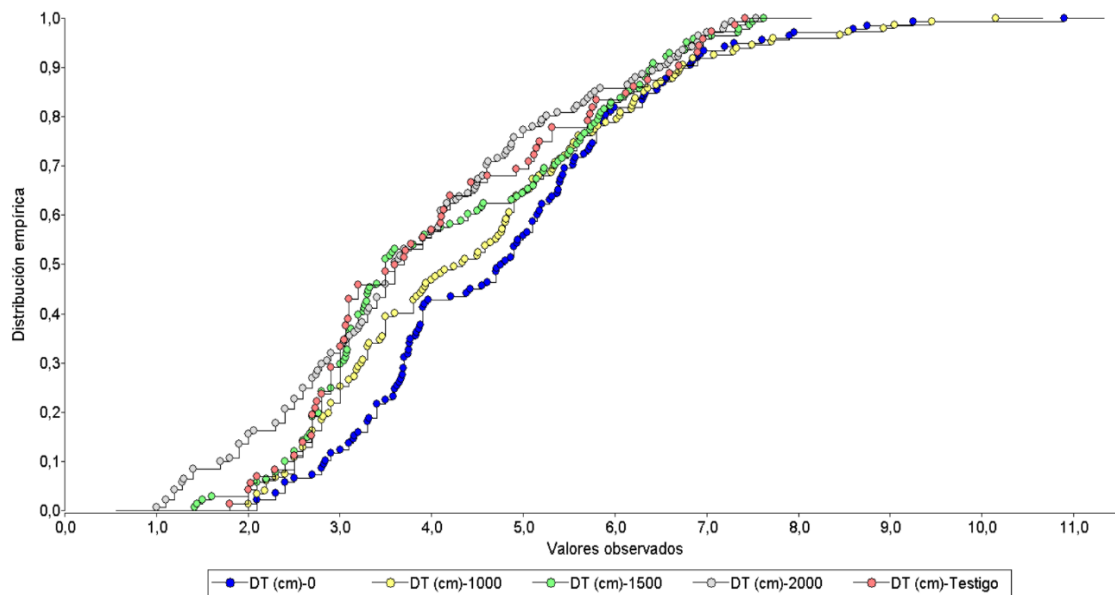
En la figura 2 se muestra la distribución de frecuencias relativas de la variable diámetro del tallo de tres variedades de café robusta. Se observa que el 46,3 % de las plantas presento diámetros de tallo de 4 cm y el 31 % obtuvo diámetro de 6 cm. Es decir que más del 50 % de las plantas presentaron diámetros de tallo por encima de 2 cm.

Figura 2. Distribución de frecuencias relativas (%) de la variable diámetro del tallo (cm) de tres variedades de café robusta



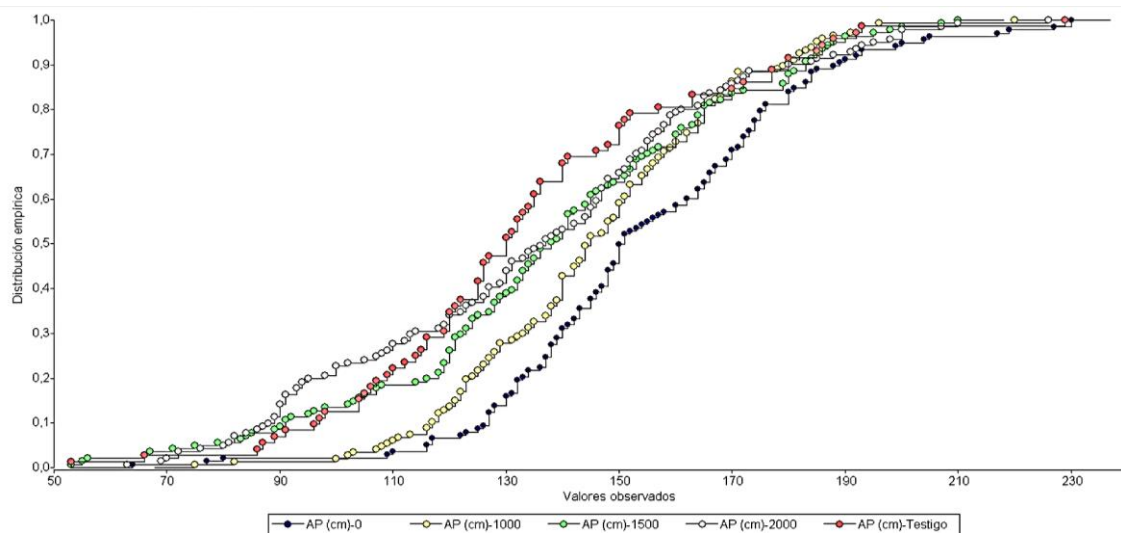
En la figura 3 se muestra el comportamiento de la variable altura de planta en función de las dosis de abono orgánico. Se evidencia que las plantas sometidas con abono orgánico no presentaron un efecto positivo en el crecimiento. Esto se le atribuye a que el suelo presento escasa arcilla y, por tanto, baja actividad enzimática, factores que reducen la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Bravo y Arboleda, 2013), efectos negativos que son más severos cuando se emplea fertilizantes nitrogenados (Castillo *et al.*, 2010). En este sentido, los suelos que son cultivados con déficit de coloides inorgánicos no acumulan ni desmineralizan materia orgánica (MO), esto se detectó en el presente trabajo una reducción de materia orgánica en el final del estudio con respecto al inicio. Sin embargo, el pH promedio del suelo fue de 5,5 adecuado para el cultivo de café, nivel que influye en la precipitación del aluminio, elemento que causa fitotoxicidad (Rivera y Domínguez, 2018). No obstante, se considera que los suelos con pH por debajo de 6 tienden a disminuir drásticamente la carga de coloides, cambiándoles a positivo y esto reduce los sitios de sorción de las bases intercambiable, como consecuencia se tiene una baja fertilidad, debido a que estos cationes no son retenidos y se pierden por lixiviación (Toledo, 2016).

Figura 3. Comportamiento de la altura de planta (cm) en función de las dosis de abono orgánico



En lo que corresponde el diámetro del tallo se encontró que las plantas tratadas con dosis alta de abono orgánico obtuvieron los menores promedios de la anchura del tallo (figura 4). Esto se le atribuye que cuando se combinó fertilización convencional con abono orgánico se llegó a aumentar ciertas sales en la solución del suelo, estas atrapan moléculas de agua y restringe su absorción para las plantas, así ocasionando una inhibición en el crecimiento y desarrollo debido a que con un déficit hídrico se pierde la turgencia celular. Igualmente, Aguilar *et al.* (2016) al estudiar tres abonos orgánicos sobre el cultivo de café en etapa de vivero, encontraron que la aplicación a 100 % de vermiabono y 75 % de bocashi generan el menor grosor de tallo. Lo anterior se encuentra de acuerdo a lo exhibido por Martínez-Villavicencio *et al.* (2011) quienes sostienen que los indicadores de crecimiento como altura de planta y diámetro del tallo pueden ser afectados por cualquier tipo de fertilización, debido a que se llega a aumentar la presencia de sales y estas reducen el potencial osmótico del suelo y de la planta. En tal sentido, Torres *et al.* (2016) reportaron que los abonos orgánicos no son inocuos porque estos presentan proporciones altas de conductividad eléctrica y metales pesados, lo cual es un riesgo fitotóxico cuando se emplean estos sustratos en planes de fertilización.

Figura 4. Comportamiento del diámetro del tallo (cm) en función de las dosis de abono orgánico



En la tabla 2 se muestra el efecto simple de las variedades de café robusta en el comportamiento de la altura de planta y diámetro del tallo (tabla 2). Se encontró que la variedad ecorobusta presento los mayores promedios a los 30, 45 y 60 días valores de 154,00; 157,14; y 166,38 cm, respectivamente. Asimismo, esta variedad presento el mejor diámetro del tallo a los 30, 45 y 60 días valores de 5,14; 5,62 y 5,92 cm, respectivamente. Esta respuesta se debió probablemente a que los cambios morfo-anatómicos y fisiológicos de las plantas están influenciado por la interacción genotipo-ambiente (Megías *et al.*, 2018), puede ser que el genotipo ecorobusta se encuentre mejor adaptado sobre las condiciones edafoclimáticas donde se llevó a cabo el presente trabajo, por ello se destacó en obtener el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo. Resultados que coincide con lo expuesto por Mosquera-Sánchez *et al.* (1999) quienes en tres genotipos de café detectaron diferente actividad fotosintética y fotorrespiratoria, procesos metabólicos que están relacionados con la temperatura y concentración de CO₂ ambiental. Asimismo, se concuerdan con lo reportado por Encalada *et al.* (2016) quienes estudiaron el crecimiento de posturas de *Coffea arabica* L. en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador y observaron que en la localidad Yantzaza se obtiene un mejor crecimiento de las plantas a diferencia del sector Chaguarpamba en donde el cultivo tuvo un retraso en su desarrollo. De hecho, estos autores manifiestan que este comportamiento es por efecto de los factores agroambientales. A su vez, Montoya y Jaramillo (2016) han referido que la temperatura

ideal para plantaciones de café fluctúa entre 18 a 21 °C y cultivos que se encuentren por encima de estos valores llegan a tener afectaciones en sus cambios fenológicos. Sin embargo, Lima y Silva (2008) sostienen que existen genotipos de café que se adaptan a cambios extremos de temperaturas, lo cual les permite tener un óptimo desarrollo fenológico.

Tabla 1. Efecto simple de variedades de café robusta en las variables altura de planta y diámetro del tallo

Variabes	Variedades	30 días	45 días	60 días
Altura de planta (cm)	Napo Payamino	129,43 b	135,80 b	137,00 a
	Ecorobusta	154,00 c	157,14 c	166,38 b
	Conilón	111,16 a	124,25 a	145,57 a
Diámetro del tallo (cm)	Napo Payamino	2,74 a	3,01 a	3,04 a
	Ecorobusta	5,14 c	5,62 c	5,92 c
	Conilón	3,48 b	3,94 b	5,41 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

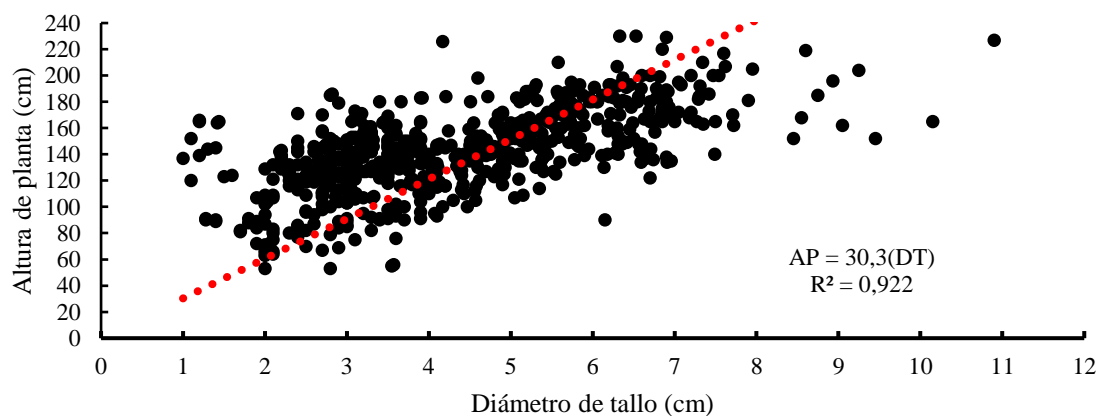
En los efectos simples de las dosis de abono orgánico se encontró dentro de los resultados obtenidos la mayor altura y diámetro del tallo con la aplicación de concentraciones bajas de abono orgánico (tabla 3). Resultados similares reportaron Ávila *et al.* (2010) quienes en plántones de café encontraron que una dosis baja de gallinaza combinada en suelo con niveles alto de fosfato diamónico aumentan el crecimiento de las plantas. De hecho, estos investigadores manifiestan que este comportamiento es producto de la mitigación fitotóxica del abono orgánico cuando se aplica DAP. Lo que concuerda con lo evidenciado en el presente trabajo, debido a que solo en dosis bajas del abono se tuvo combinación con DAP para el plan de fertilización. Igualmente, estos resultados coinciden con los obtenidos por Aguilar *et al.* (2016) quienes evaluaron tres abonos orgánicos sobre el cultivo de café en etapa de vivero y reportaron que las concentraciones altas de vermiabono inhibe el crecimiento de las plantas.

Tabla 3. Efecto simple de dosis de abono orgánico en la altura de planta y diámetro del tallo de variedades de café robusta

Variable	Fertilización	30 días	45 días	60 días
Altura de planta (cm)	0,00 kg BBQ/ha	148,35 b	154,75 b	162,34 b
	1000 kg BBQ/ha	136,08 ab	142,80 ab	153,06 ab
	1500 kg BBQ/ha	125,36 a	133,44 a	142,92 a
	2000 kg BBQ/ha	123,70 a	131,95 a	146,60 ab
	Testigo	124,17 a	132,38 a	143,33 a
Diámetro del tallo (cm)	0,00 kg BBQ/ha	4,24 b	4,71 b	5,49 c
	1000 kg BBQ/ha	3,91 ab	4,22 ab	5,16 bc
	1500 kg BBQ/ha	3,56 a	4,02 a	4,52 ab
	2000 kg BBQ/ha	3,57 a	3,98 a	4,15 a
	Testigo	3,65 a	4,00 a	4,62 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

Se encontró una correlación positiva y una dependencia relativamente fuerte entre la variable altura de planta y diámetro del tallo (0,92) (figura 5). Es decir que cuando el tallo aumenta su longitud también incrementa su anchura. Igualmente, Plaza *et al.* (2015) evidenciaron una correlación positiva entre estas variables cuando evaluaron la caracterización fenotípica de 16 genotipos de *Coffea canephora*. Asimismo, en otras especies leñosas se ha encontrado este fenómeno por ejemplo en cítricos Landin-García y Granja (2020) obtuvieron una correlación altamente positiva entre la longitud y diámetro del tallo (0,71). Resultados que coinciden con lo reportado por Casique *et al.* (2018) quienes sostienen que el diámetro del tallo es un indicador que refleja el comportamiento de la altura y determina la producción del cultivo.

Figura 5. Relación entre altura de planta y diámetro de tallo en tres variedades de café robusta

En términos generales el N, K, Ca y Mg fueron los macronutrientes con mayor porcentaje en los tejidos foliar, asimismo el análisis de suelo al final del ensayo exhibió el mayor contenido de estos elementos (tabla 4). Un fenómeno similar fue encontrado en plantas de café por Castro-Tanzi (2017) quienes evidenciaron que la bioacumulación de K, Ca y Mg en los tejidos depende de su contenido en el suelo. Además, se encontró diferente respuesta en cada variedad según el nivel de abono orgánico aplicado.

Tabla 4. Efecto simple de la interacción de dosis de abono orgánico con variedades de café robusta en la concentración de macronutrientes en los tejidos foliar

Dosis de abono	Macronutrientes	NapoPayamino	Ecorobusta	Conilón
0,00 kg BBQ/ha	Nitrógeno (%)	2,96	2,25	2,98
	Fósforo (%)	0,10	0,12	0,12
	Potasio (%)	1,27	1,11	1,42
	Calcio (%)	0,97	1,01	1,01
	Mg (%)	0,30	0,28	0,32
	Azufre (%)	0,12	0,12	0,14
1000 Kg BBQ/ha	Nitrógeno (%)	2,14	2,45	2,43
	Fósforo (%)	0,09	0,12	0,12
	Potasio (%)	1,22	1,26	1,33
	Calcio (%)	1,01	1,00	1,00
	Mg (%)	0,27	0,27	0,30
	Azufre (%)	0,13	0,10	0,13
1500 Kg BBQ/ha	Nitrógeno (%)	2,68	3,10	2,05
	Fósforo (%)	0,09	0,10	0,12
	Potasio (%)	1,28	1,18	1,30
	Calcio (%)	0,99	0,98	1,00
	Mg (%)	0,28	0,26	0,29
	Azufre (%)	0,13	0,13	0,12
2000 Kg BBQ/ha	Nitrógeno (%)	3,04	1,99	2,03
	Fósforo (%)	0,10	0,11	0,12
	Potasio (%)	1,59	1,04	1,49
	Calcio (%)	0,99	1,02	1,02
	Mg (%)	0,30	0,31	0,30
	Azufre (%)	0,13	0,14	0,11
Testigo	Nitrógeno (%)	2,00	1,40	2,02
	Fósforo (%)	0,08	0,12	0,10
	Potasio (%)	1,13	1,01	1,25
	Calcio (%)	0,95	0,90	0,93
	Mg (%)	0,26	0,25	0,28
	Azufre (%)	0,10	0,10	0,10

Se evidencio que la dosis de 2000 kg BBQ/ha en la variedad NapoPayamino incremento la concentración de N, K, Mg y S. En el genotipo ecorobusta se detectó que la concentración de abono a 1500 y 1000 kg BBQ/ha aumento el porcentaje de N y K

mientras que la mayor acumulación de Mg y S se encontró con una aplicación de 2000 kg BBQ/ha. Mientras que, la variedad conilón reflejó el contenido más alto de N, Mg y S sin la aplicación de abono orgánico, pero el mejor porcentaje de K y Ca con la aplicación de 2000 kg BBQ/ ha.

Las menores relaciones de N/P y N/K se obtiene con la dosis de 1000, 1500 y 2000 kg BBQ/ ha en la variedad napopayomino, ecorobusta y conilón, respectivamente (tabla 5). Al respecto, Guerrero-Polanco *et al.* (2018) señalaron que cuando las relaciones N/P y N/K disminuyen, indican que se reduce la concentración de N, a nivel de tejido foliar. Este antagonismo surge cuando no se aplica dosis adecuada de estos elementos, efecto que provoca daños en el crecimiento y producción de los cultivos (Shuman, 1994). El presente trabajo se identifica como el primero en reportar las concentraciones de macronutrientes en los tejidos foliares de clones de café con la aplicación de diferentes dosis de abono orgánico.

Tabla 5. Efecto simple de la interacción de dosis de abono orgánico con variedades de café robusta en la relación de macronutrientes en los tejidos foliar

Descripción	relaciones	NapoPayamino	Ecorobusta	Conilón
0,00 kg BBQ/ha	N/K	2,33	2,03	2,10
	N/P	29,60	18,75	24,83
	Mg/K	0,24	0,25	0,23
	(Ca+Mg)/K	1,00	1,16	0,94
1000 kg BBQ/ha	N/K	1,75	1,94	1,83
	N/P	23,78	20,42	20,25
	Mg/K	0,22	0,21	0,23
	(Ca+Mg)/K	1,05	1,01	0,98
1500 kg BBQ/ha	N/K	2,09	2,63	1,58
	N/P	29,76	31,00	17,08
	Mg/K	0,22	0,22	0,22
	(Ca+Mg)/K	0,99	1,05	0,99
2000 kg BBQ/ha	N/K	1,91	1,91	1,36
	N/P	30,40	18,09	16,92
	Mg/K	0,19	0,30	0,20
	(Ca+Mg)/K	0,81	1,28	0,89
Testigo	N/K	1,77	1,39	1,62
	N/P	25,00	11,67	20,20
	Mg/K	0,23	0,25	0,22
	(Ca+Mg)/K	1,07	1,14	0,97

CONCLUSIONES

Los resultados reflejaron que las diferentes dosis de abono orgánico inhiben el crecimiento y desarrollo de plantas de café. Sin embargo, la variedad Ecorobusta fue la que se destacó en obtener la mayor altura y diámetro de tallo.

El abono aumenta la concentración de macronutrientes en el suelo y tejidos foliares de las variedades de café. No obstante, cuando se aplica en dosis de 1000, 1500 y 2000 kg BBQ/ha en la variedad Napopayomino, Ecorobusta y Conilón se reduce la concentración de N en el tejido foliar.

Las variables de crecimiento altura de planta y diámetro del tallo mostraron estar correlacionadas de forma positiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila R., W.E., Sadeghian K., Sánchez A., Castro F., H. E (2010). Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. *Cenicafé*, 61(4):358-369.
- Bravo, I., Ante, L., y Arboleda, C. (2013). Fosfatasa ácida afectada por la aplicación de abonos orgánicos en un typic melanudands del Cauca. *Suelos Ecuatoriales*, 43(1), 53-60.
- Casique, V. R., Mendoza, V. R., Galindo, G. S., Gonzales Morales, S., y Sanchez Peña, S. (2018). Improved parameters of *Pinus greggii* seedling growth and health after inoculation with ectomycorrhizal fungi. *Southern Forests: a J. Forest Sci.* 1-8 pp.
- Castillo, M. N., De Prager, M. S., Y Flores, J. C. (2010). Cambios en las Propiedades Químicas y en la Actividad de las Fosfatasas en Suelos Cultivados con Maíz Dulce (*Zea mays* L.) Fertilizados con Vinaza. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5533-5541.
- Castro-Tanzi, S. (2017). El calcio es un nutriente limitante en cafetales bajo manejo intensivo de fertilizantes en Ultisoles. *Agronomía Costarricense*, 41(1), 105-119.
- Di Rienzo JA, Casanoves F., Balzarini MG, González L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión (2020). Centro de Transferencia InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Encalada Córdova, M., Soto Carreño, F., y Morales Guevara, D. (2016). Crecimiento de posturas de caféto (*Coffea arabica* L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 37(2): 72-78.

- Guerrero-Polanco, F., Alejo-Santiago, G., Hernández, R. S. Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., y Isiordia-Aquino, N. (2018). Respuesta del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass a la aplicación de nitrato de potasio. *Acta Agronómica*, 67(3), 425-430.
- Instituto Nacional De Estadísticas y Censo (INEC). (2021). Visualizador de estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC.
- Jiménez, C. E. A., Cruz, I. I. A., Aguilar, F. B. M., Galdámez Galdámez, J., Gutiérrez Martínez, A., Morales Cabrera, J. A. (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra*, 3(1): 11-20.
- Kjeldahl J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Z Anal Chem* (1883); 22: 366-82; En ny Methode til Kvaelstofbestemmelsei organiske Stoeffter. *Medd Carlsb Lab* 1883; 2(1): 1-27; Sur une Nouvelle Méthode de Dosage de l'Azote dans les Substances Organiques (French summary: Résumé du CR Trav Lab Carlsb; separately paged section) 1883; 2: 1-12.
- Landin-García, W., y Granja, F. (2020). Respuesta morfológica en diferentes especies de cítricos usadas como portainjertos, sometidas a estrés salino e hídrico bajo condiciones de invernadero. *CEDAMAZ*, 10(2): 39-46.
- Lima E.P., y Da Silva, E. L. (2008). Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arabica em fase de implanacao. *R.Bras. Eng. Agripec. Ambiental* 12(3): 266-273.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. USDA, Washington, DC.
- Putra Bayu, T. W. (2020). New low-cost portable sensing system integrated with on-the-go fertilizer application system for plantation crops. *Measurement*, 107562.
- Ramos Agüero, D., Y Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35 (4): 52-59.
- Rega, F.V., Y Ferranti, P. (2018). Evaluación del ciclo de vida de la producción de café en tiempos de cambio global. Módulo de referencia en ciencia de los alimentos. University Of Naples Federico II, Portici, Italy.

- Rivera, E., Sánchez, M., Y Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista De Iniciación Científica*, 4: 101-105.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo una limitante común para la producción de café. el Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). 12 p. ISSN: 0120-0178.
- Shuman, L.M. (1994). Mineral nutrition. In: Wilkinson, R.E. (ed.). *Plant environment interactions*. Ed. Marcel Dekker (New York). p.49-182.
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Tegucigalpa, Honduras.
- Torres, D., Mendoza, B., Marco, L. M., Gómez, C. (2016). Riesgos de salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Multiciencias*, 16(2), 133-142.
- Walkley, A. y Black, A. I. (1934) An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.