

INCORPORACIÓN DE BIOMASA DE TRES FORRAJERAS EN EL SUELO DE UNA LA PLANTACIÓN DE CAFÉ (*Coffea canephora*)

INCORPORATION OF BIOMASS FROM THREE FORAGE PLANTS INTO THE SOIL OF A COFFEE PLANTATION (*Coffea canephora*)

Steven Jorge Cedeño Enríquez ^{1*}

¹ Estudiante de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9362-4524>. Correo: steven.cedeno8567@utc.edu.ec

Oscar Joel Moreira Angulo ²

² Estudiante de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6239-4340>. Correo: oscar.moreira3808@utc.edu.ec

Ricardo Augusto Luna Murillo ³

³ Docente, Carrera de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, La Maná, Ecuador. Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFE). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9078-9302>. Correo: ricardo.luna@utc.edu.ec

Gregorio Humberto Vásquez Montufar ⁴

⁴ Docente, Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas Universidad Técnica Estatal de Quevedo km 7,5 vía Mocache. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1260-8075>. Correo: gvasconez@uteq.edu.ec

* Autor para correspondencia: steven.cedeno8567@utc.edu.ec

Resumen

Ecuador tiene condiciones ideales para la producción intensiva de café robusta, apoyando la industria local y exportaciones. Dado que los fertilizantes inorgánicos son insostenibles, se buscan forrajeras como abonos verdes para mejorar la producción de café. Como objetivos tenemos: determinar los macro y micro elementos del suelo antes y después del aporte y de cada una de las forrajeras, evaluar la producción de las variedades de café. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial tres variedades de

café robusta (*Coffea canephora*) Napopayamino, Ecorobusta y Conilón y tres forrajeras mucuna (*Mucuna pruriens*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y kudzu (*Pueraria phaseoloides*) con seis repeticiones y diez plantas como unidad experimental. Las variables bajo estudio fueron: análisis de suelo al inicio y final, análisis foliar de las forrajeras y producción de café (g/planta). El suelo presentó características de ácido a potencialmente neutro y se destacó el elemento fósforo, el mayor nivel de nitrógeno a nivel foliar lo reportó botón de oro. La mayor producción de café se reportó en la variedad ecorobusta con 16078 g (0,24 t ha⁻¹) y en la leguminosa kudzu con 11261,56 g (0,17 t ha⁻¹). El empleo de las forrajeras mejoró el suelo y la producción de café.

Palabras clave: forrajeras; café; abonos verdes

Abstract

Ecuador has ideal conditions for the intensive production of robusta coffee, supporting the local industry and exports. Since inorganic fertilizers are unsustainable, forages such as green fertilizers are sought to improve coffee production. Our objectives are: to determine the macro and micro elements of the soil before and after the contribution and of each of the forages, to evaluate the production of the coffee varieties. A randomized complete block design (DBCA) was used in a factorial arrangement of three varieties of robusta coffee (*Coffea canephora*) Napopayamino, Ecorobusta and Conilón and three forage varieties mucuna (*Mucuna pruriens*), buttercup (*Tithonia diversifolia*) and kudzu (*Pueraria phaseoloides*).) with six repetitions and ten plants as experimental unit. The variables under study were: soil analysis at the beginning and end, foliar analysis of forages and coffee production (g/plant). The soil presented characteristics of acid to potentially neutral and the element phosphorus stood out, the highest level of nitrogen at the foliar level was reported by buttercup. The highest coffee production was reported in the ecorobusta variety with 16078 g (0.24 t ha⁻¹) and in the kudzu legume with 11261.56 g (0.17 t ha⁻¹). The use of forage crops improved the soil and coffee production.

Keywords: fodder; coffee; green manures

Fecha de recibido: 27/05/2024

Fecha de aceptado: 02/08/2024

Fecha de publicado: 17/08/2024

Introducción

El clima ecuatorial del país hace posible la cosecha durante todo el año con arabica y robusta, granos de café cultivados desde el nivel del mar hasta altitudes de 2000 metros. Ecuador cuenta con ecosistemas y microclimas diferentes adecuados para el cultivo del café. La combinación de lluvias regulares, suelos volcánicos, y fuentes de agua hace propicia la producción de café.

De acuerdo a lo manifestado por (Venegas-Sánchez *et al.*, 2018) el café, en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica ya que cuenta con 199.215 ha cultivadas, el 68% de esta área corresponde a la especie

Coffea arábica y el 32% *Coffea canephora*, tiene relevancia social y ecológica. En el aspecto social se generan empleo para 105.000 familias de productores, así como para 700.000 familias vinculadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación. En el orden ecológico, la importancia del café radica en la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agro ecosistemas de las cuatro regiones del país

Los abonos permiten recuperar la fertilidad del suelo proporcionando aumento del contenido de materia orgánica, de la capacidad de intercambio catiónico y de la disponibilidad de macro y micronutrientes; formación y estabilización de agregados; mejoramiento de la infiltración de agua y aeración; disminución diurna de la amplitud de la variación térmica, control de nematodos y en el caso de las leguminosas, incorporación al suelo de nitrógeno. (Moraoka et al., 2002). También se definen como la incorporación de masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con la finalidad de restaurar o preservar la productividad del suelo (Jiménez-Suárez et al., 2005)

El kudzu tropical cuyo género es *Pueraria* y su especie *phaseoloides*, es una leguminosa que se utiliza comúnmente como cultivo de cobertura en la agricultura debido a su capacidad para mejorar la salud del suelo y aumenta la producción de cultivos. Es una planta trepadora que puede crecer rápidamente y alcanzar una altura de hasta seis metros, las hojas del kudzu son grandes y de forma ovalada, y las flores son de color púrpura o blanco y se agrupan en racimos. Una de las principales ventajas es su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, ayuda a controlar la erosión del suelo y a suprimir el crecimiento de arvenses. (Alvarado- Aguayo et al., 2023).

Materiales y métodos

El botón de oro (*Tithonia diversiflora*) es una planta arbustiva robusta de la familia Compositae que ha demostrado una alta adaptación a las condiciones tropicales y en particular en zonas cafetaleras, presenta alta resistencia a condiciones de corte permanente, mejora el reciclaje de nutrientes y previene la erosión, por lo tanto, la *Tithonia diversifolia* es una alternativa productiva incluso en condiciones de ladera; encontrándose altamente distribuida en el trópico, desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Botero-Londoño et al., 2019).

Mucuna pruriens ha sido muy empleada en Asi, África, y Centroamérica, como abono verde y cultivo de cobertura para conocer los efectos sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, dentro de los beneficios obtenidos por la mucuna es la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, debida a su asociación simbiótica con rizobios del suelo, se han reportado valores de fijación de hasta 250 kg ha⁻¹ que beneficia sustancialmente a los cultivos. (Sanclemente -Reyes et al., 2013).

Resultados y discusión

La investigación se ejecutó en el Centro Experimental Sacha Wiwa, ubicado entre las coordenadas geográficas WGS84 de 0° 47' 46" latitud S; 79° 09' 31" longitud W, a una altura sobre el nivel del mar de 512 m, en la parroquia Guasaganda del cantón La Maná en la provincia de Cotopaxi. Las condiciones meteorológicas se presentan en la Tabla 1, en donde se observa promedios de temperatura del ambiente de 24,59 °C, temperatura del suelo de 25,93 °C, humedad relativa de 90,13%, humedad del suelo 68,45%, radiación solar 135,85 W/m², índice ultravioleta de 3,79 , presión 956,59 pascales y precipitación de 272,03.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas del Centro Experimental Sacha Wiwa durante el periodo de investigación.

Parámetros	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Promedios
Temperatura del ambiente (°C)	23,75	23,78	24,29	26,29	24,65	24,82	24,59
Temperatura del suelo (°C)	25,98	25,63	25,44	25,80	26,41	26,30	25,93
Humedad del ambiente (%)	94,67	90,53	90,71	83,35	90,77	90,72	90,13
Humedad del suelo (%)	64,73	58,73	67,27	72,85	74,91	72,22	68,45
Radiación solar (W/m ²)	114,81	105,21	120,76	170,15	139,98	164,21	135,85
Índice ultravioleta (UVI)	4,33	4,12	2,91	4,05	3,41	3,94	3,79
Presión (pascales)	956,67	956,37	956,24	956,81	956,99	956,44	956,59
Precipitación mensual (mm)	76,50	100,60	177,00	339,70	442,20	496,20	272,03

Las variedades de café robusta (*Coffea canephora*) Napopayamino, Ecorobusta y Conilón tienen una edad promedio de cinco años, el material vegetal de mucuna, kudzu y botón de oro proceden del Jardín de Pastos y Forrajes de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial tres variedades de café robusta (*Coffea canephora*) Napopayamino, Ecorobusta y Conilón y tres forrajeras mucuna (*Mucuna pruriens*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y kudzu (*Pueraria phaseoloides*) con seis repeticiones y diez plantas como unidad experimental. Para el análisis de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad, empleando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Las variables bajo estudio fueron: análisis de suelo al inicio y final, análisis foliar de las forrajeras y producción de café (g). Los análisis de suelo y foliares se efectuaron en el laboratorio AGROLAB, donde se utilizaron las metodologías de colorimetría, absorción atómica (Olsen Modificado), turbidimetría (Fosfato de calcio), volumetría (Pasta saturada) y Walkley y Black (materia orgánica).

Para la colocación de la biomasa se procedió a una limpieza alrededor de la planta de café, luego se agregaron 800 g/planta de la biomasa de cada una de las forrajeras repartidos en dos aplicaciones cada 30 días, para la descomposición de la materia verde se empleó un inoculante biotecnológico a base de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* el cual transforma los residuos hasta convertirlos en moléculas orgánicas simples y minerales (1 L/ha). Para la recolección del grano de café maduro (cereza) se lo realizó cada siete días por cada una de las unidades experimentales, tratamiento y repetición.

Al inicio de la investigación el suelo presenta para las tres variedades de café un pH de 5,06 a 5,48 ácido, con materia orgánica alta de 5,23 a 5,48%, los macro elementos primarios y secundarios como NH₄, P, K, Ca, Mg y S están en valores bajo tal como se presenta en la Tabla 2, valores similares a los reportados por (Espinoza-Coronel *et al.*, 2021) quien en el mismo sitio obtiene valores de pH de 5,40 a 5,60 de ácido a medianamente ácido, con una materia orgánica de 3,50 a 4,80% desde media a alto, de la misma forma los macroelementos primarios y secundarios estuvieron bajos.

Al finalizar el ensayo se procedió a evaluar el suelo donde habían recibido las forrajeras y se observó que en cada una de las variedades el suelo paso de ligeramente ácido a potencialmente neutro el valor más alto de pH se registró en la variedad conilón más mucuna con 6,92 y el valor más bajo en ecorobusta más kudzu con 6,27. La materia orgánica presentó valores altos en conilón más mucuna con 9,38% y el menor valor en napopayamino más mucuna con 5,51%. El NH₄ y K se mantiene bajo y medio en cada una de las variedades

de café, los elementos secundarios Ca, Mg y S se encuentran en valores medios. Al emplear abonos verdes la disponibilidad de nutrientes en el suelo, se ve influenciada por la tasa de descomposición de la materia orgánica por la fauna edáfica, proceso que en algunas especies puede llevar cerca de 45 días. (Matos-Pech *et al.*, 2022)

El elemento fósforo es que mayormente se destaca con valores de 79,75 ppm a 193,35 ppm en cada una de las variedades de café con las forrajeras mucuna, botón de oro y kudzu. Dentro de los factores que controlan las tasas de descomposición y mineralización se encuentra la calidad o composición química de los materiales vegetales, se sabe que la composición química dirige el sentido de los procesos biológicos y varía de acuerdo a la especie vegetal y su estado fenológico.

Los aportes de fósforo agrónomicamente significativos podrían estar subestimados en los actuales sistemas de producción, principalmente a través del uso de cultivos de cobertura de fabáceas (Serri *et al.*, 2017). Es necesario indicar que el fósforo del suelo, no siempre es aprovechado por los cultivos en su totalidad, pues su disponibilidad real se encuentra afectada por condiciones físicas del suelo como la compactación, concentración de sales y por rangos de pH alcalinos, el contenido de fósforo en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales, cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionado con la concentración de fósforo en solución (Guecaimburu *et al.*, 2019)

Al realizar el análisis foliar de la biomasa de las forrajeras a los 30 días para ver el aporte de nutrientes podemos observar que los valores más altos de N se registran en botón de oro con 3,60%, valor inferior al reportado por (Carrión-Zambrano y Palacios-Rivera, 2022) quienes obtienen valores de nitrógeno de 5,00% a los 30 días y 4,50% a los 75 días y superiores a los presentados por (Noboa-Acurio y Naranjo-Calle, 2022) quienes a los 30 días presentan 2,00% y 3,50% a los 60 días, ambas investigaciones mantenían al botón de oro como bancos forrajeros. El valor del fósforo más alto se reporta a los 90 en botón de oro con 0,38% valor similar al reportado por (Noboa-Acurio y Naranjo-Calle, 2022) quienes a los 60 días presenta 0,36%, (Carrión-Zambrano y Palacios-Rivera, 2022) presentan valores de 0,40 a 0,44 durante los 30 y 60 días. En relación al potasio a los 90 días se obtiene 3,57 valor similar al encontrado por (Noboa-Acurio y Naranjo-Calle, 2022) y (Carrión-Zambrano y Palacios-Rivera, 2022).

Tabla 2. Variación en las características químicas del suelo cultivado con tres variedades de café (*Coffea canephora*) antes y después de 150 días de la incorporación de biomasa de tres especies forrajeras

Descripción	Napopayamino				Ecorobusta				Conilón			
	Inicio	Mucuna	Boton de oro	Kudzu	Inicio	Mucuna	Boton de oro	Kudzu	Inicio	Mucuna	Boton de oro	Kudzu
pH	5,06 Acid	6,50 L. Ac	6.89 P.N.	6,29 L.Ac	5,48 Ácd	6,74 P.N	6,38 L.Ac.	6,27 L.Ac	5,43 A	6,92 P.N.	6.36 L. Ac.	6,53 P.N.
C.E ds/m	0,04 N.S.	0,22 N.S.	0,41 N.S.	0,22 N.S.	0,07 N.S.	0,43 N.S.	0,31 N.S.	0,26 N.S.	0,04 N.S.	0,46 N.S.	0,30 N.S.	0,39 N.S.
M.O (%)	5,48 A	5,51 A	5,93 A	5,53 A	5,35 A	9,26 A	8,56 A	8,43 A	5,23 A	9,38 A	8,30 A	10,28 A
NH ₄ ppm	19,34 B	11,61 B	13,54 B	14,83 B	13,54 B	14,18 B	18,70 B	13,54 B	12,25 B	14,18 B	13,54 B	18,70 B
P ppm	2,30 B	79,75 A	79,94 A	86,91 A	2,09 B	94,64 A	127,55 A	76,73 A	2,30 B	98,56 A	193,35 A	157,15 A
K meq/100ml	0,16 B	0,16 B	0,27 B	0,23 M	0,14 B	0,18 B	0,21 M	0,21 M	0,10 B	0,18 B	0,19 B	0,21 M
Ca meq/100ml	2,00 B	8,00 M	15,00 M	7,00 M	2,00 B	16,00 M	15,00 M	11,00 M	2,00 B	16,00 M	14,00 M	15,00 M
Mg meq/100ml	0,37 B	1,22 M	1,72 M	1,28 M	0,48 B	1,68 M	2,55 M	1,73 M	0,43 B	1,85 M	2,23 M	2,00 M
S ppm	7,46 B	9,84 B	16,75 M	24,72 A	9,76 B	13,82 M	14,62 M	15,69 M	7,46 B	14,09 M	17,55 M	13,03 M
Zn ppm	3,50 M	5,80 M	7,80 M	4,90 M	2,70 B	5,10 M	10,00 M	3,90 M	2,20 B	10,70 M	8,60 M	12,70 M
Cu ppm	2,90 M	1,90 M	4,00 M	4,20 M	3,60 M	2,00 M	3,60 M	2,80 M	2,60 M	2,80 M	2,80 M	4,40 M
Fe ppm	124,30 A	48,00 M	54,00 A	51,70 A	120,60 A	39,30 M	60,00 A	57,00 A	149,30 A	45,00 M	65,00 A	37,30 M
Mn ppm	1,10 B	3,30 B	6,10 M	5,60 M	1,20 B	4,70 B	5,20 M	5,50 M	1,50 B	6,30 M	5,70 M	6,10 M
B ppm	0,53 M	0,23 B	0,23 B	0,16 B	0,94 M	0,25 B	0,24 B	0,28 B	0,80 M	0,28 B	0,20 B	0,27 B
Ca/Mg	5,41 A	6,56 A	8,72 A	5,47 A	4,17 O	9,52 A	5,88 A	6,36 A	4,65 O	8,65 A	6,28 A	7,50 A
Mg/K	2,31 B	7,63 O	6,37 O	5,57 O	3,43 O	9,33 O	12,14 O	8,24 O	4,30 O	10,28 O	11,74 O	9,52 O
Ca+Mg/K	14,81O	57,63 A	61,93 A	36,00 O	17,71 O	98,22 A	83,57 A	60,62 A	24,30 O	99,17 A	85,42 A	80,95 A

Nota: M.O. = Materia Orgánica; P.N=Potencialmente neutro; N.S= No salino; A= Alto; B = Bajo; M= Medio; O=óptimo

Para kudzú el mayor nivel de nitrógeno y potasio se registra a los 30 días con 2,90 y 2,47%, fósforo a los 90 días con 0,26% valores inferiores a los reportado por (Haro-Mora y Vizcaino-Yepez, 2021) quienes presentaron datos de nitrógeno de 4,16% y de potasio con 1,63% a los 60 días, fósforo 0,55% a los 90 días, al utilizarlo como mejorador de suelo. Para la mucuna los valores más altos de nitrógeno y fósforo se reportan a los 30 días con 3,21 y 0,35%, en potasio a los 90 días con 2,35% valores relacionados a los obtenidos por (Vega y Leblanc, 2013) quienes presentan nitrógeno 4,60% para nitrógeno, fósforo 0,28% y potasio 0,61% en la producción de biomasa y fijación de nitrógeno de *Mucuna pruriens* en el trópico húmedo de Costa Rica. Tabla 3.

Tabla 3. Variación en los niveles de nutrientes a nivel foliar de tres variedades de café (*Coffea canephora*) después de 150 días de la incorporación edáfica de la biomasa de tres especies de forrajeras

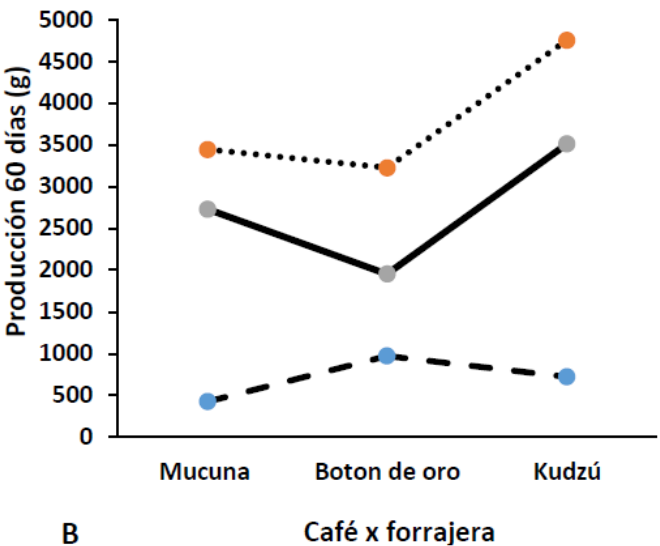
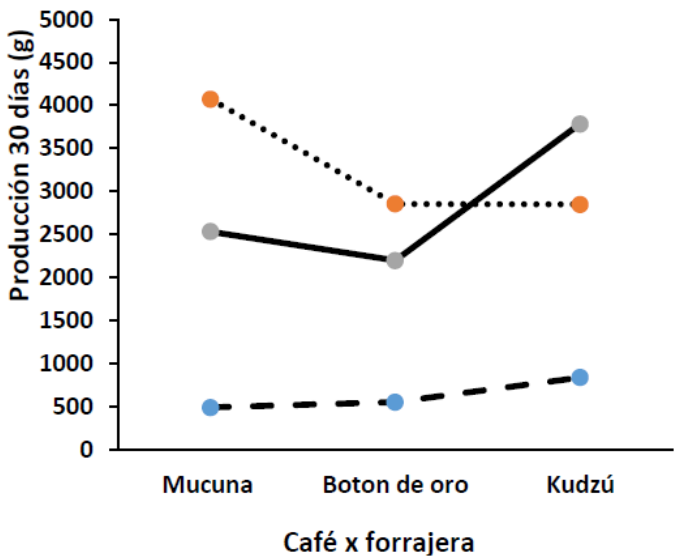
Descripción	Materia seca (%)					
	30 días			90 días		
	Mucuna	Boton de oro	Kudzú	Mucuna	Boton de oro	Kudzú
N %	3,21	3,60	2,90	2,15	2,32	2,19
P %	0,35	0,30	0,16	0,34	0,38	0,26
K %	2,17	1,41	2,47	2,35	3,57	1,57
Ca %	0,90	1,02	0,95	0,93	1,53	0,86
Mg %	0,39	0,49	0,44	0,29	0,50	0,26
S %	0,12	0,12	0,13	0,22	0,18	0,17
Cu mg/kg	16,00	15,00	17,00	23,00	14,00	15,00
B mg/kg)	25,04	20,62	20,66	69,24	75,16	74,25
Fe - mg/kg	98,00	75,00	59,00	101,00	125,00	131,00
Zn (ppm)	32,00	12,16	13,00	37,00	91,00	32,00
Mn (ppm)	84,00	40,10	35,00	268,00	95,00	97,00
N/K	1,48	2,55	1,17	0,91	0,65	1,39
N/P	9,17	12,00	18,13	6,32	6,11	8,42
Mg/K	0,18	0,35	0,18	0,12	0,14	0,17
Ca/B	359,42	494,67	459,83	134,32	203,57	115,82
(Ca+Mg)/K	3,46	2,92	3,86	0,52	0,57	0,71

La mayor producción de café se registró en la variedad Ecorobusta iniciando con 3258,78 g a los 30 días y a los 150 días con 3248,67 g, con un total de 16078 g (0,24 t ha⁻¹), destancandose de las variedades Napopayamino y Conilón, concordando por lo expuesto por (Toapanta - Añarumba et al., 2023) quien obtuvo en esta misma variedad valores de 3699,00 g a los 30 días y 3729,30 g en los 150 días con un total de 25908,90 g empleando diferentes niveles de fertilización inorgánica-orgánica. La forrajera que presentó la mayor producción de café durante los 150 días fue kudzú con 11261,56 g (0,17 t ha⁻¹) Tabla 4.

Tabla 4. Producción de café cereza (g/10 plantas) de tres variedades de café (*Coffea canephora*), después de 150 días de la incorporación edáfica de la biomasa de tres especies forrajeras

Factores	Producción (g/10 plantas)					
	Días después de incorporar bimsa forrajera al suelo					
Variedad	30	60	90	120	150	Total
Napopayamino	626,56 b	706,78 b	1022,78 c	625,56 b	426,44 b	3408,11 c
Ecorobusta	3258,78 a	3806,44 a	3863,78 a	1900,33 a	3248,67 a	16078,00 a
Conilón	2838,79 a	2730,56 a	2490,11 b	1188,44 ab	2065,33 a	11313,22 b
Forrajeras						
Mucuna	2365,33 a	2199,56 a	2278,22 a	1054,89 a	2098,11 a	9996,11 a
Boton de oro	1868,11 a	2049,39 a	2240,89 a	1363,44 a	2019,89 a	9541,67 a
Kudzú	2490,67 a	2994.89 a	2857,56 a	1296,00 a	1622,44 a	11261,56 a
p.Valor						
Café	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0022	0,0015	<0,0001
Forrajeras	0,2807	0,1049	0,2891	0,565	0,7255	0,5696
Café x Forrajeras	0,1567	0,4411	0,581	0,337	0,2021	0,5112

En la interacción de las variedades de café con las forrajeras la variedad que se destaca es Ecorobusta con cada una de las forrajeras como mucuna con 17680 g (0,79 t ha⁻¹), kudzú con 15326,33 g (0,69 t ha⁻¹) y botón de oro con 15227,00 (0,68 t ha⁻¹). Estas tres forrajeras estudiadas incrementan los rendimientos del cultivo de café, lo que coincide con varios autores en sus investigaciones donde es ampliamente reconocido el empleo de forrajeras como abono verde para lograr incrementos sustanciales dentro de la producción agrícola (García *et al.*, 2000).



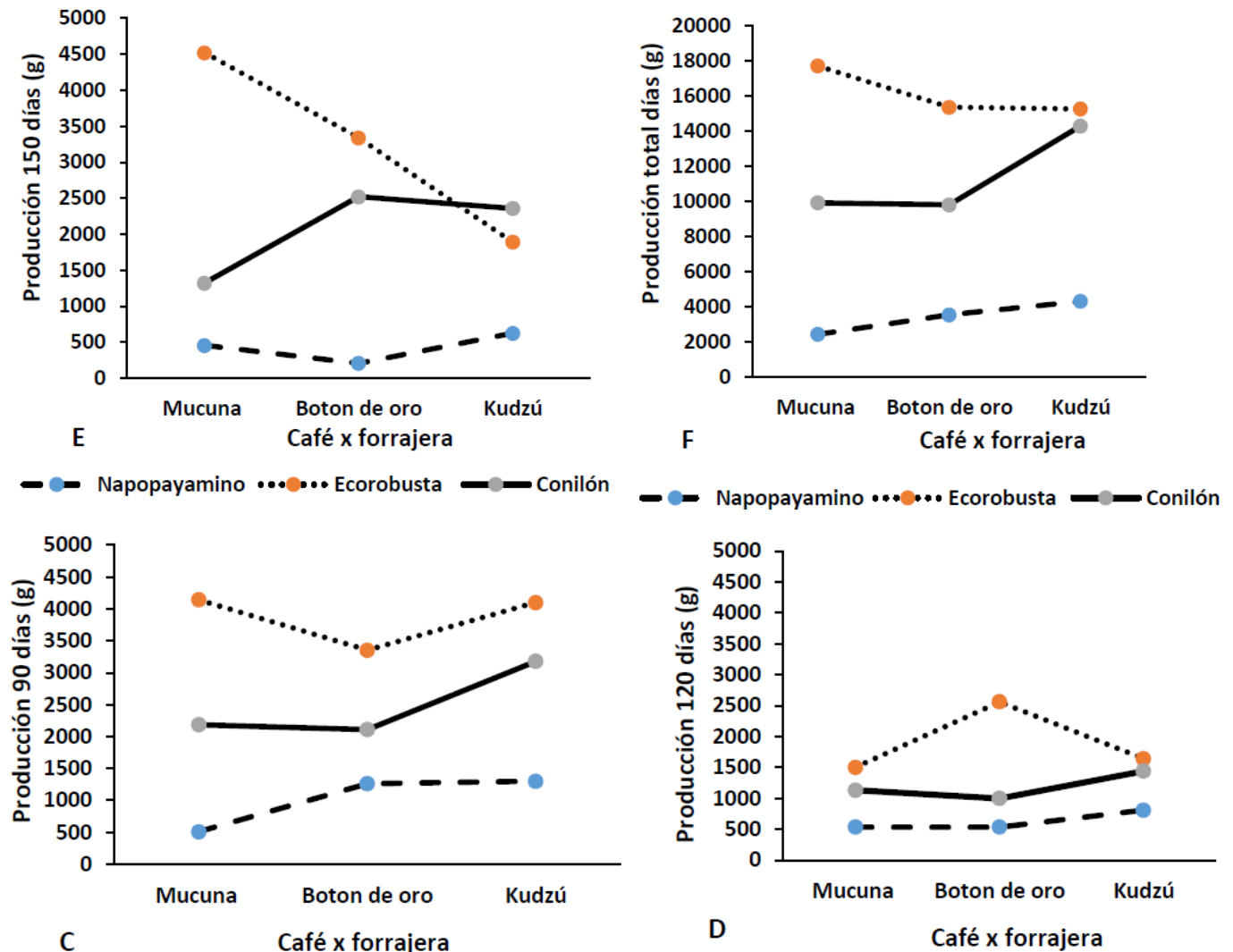


Figura 1. Producción de café cereza (g/planta) a los 30, 60, 90, 120 y 150 días, y producción total, por efecto de la interacción entre variedades de café (*Coffea canephora*) y biomasa vegetal forrajera incorporada al suelo

Conclusiones

La incorporación de forrajeras mejoró significativamente la calidad del suelo, elevando el pH a niveles casi neutros y aumentando la materia orgánica. El fósforo mostró un aumento considerable, destacando su aporte en todas las variedades de café combinadas con Mucuna, Botón de Oro y Kudzú. Estas mejoras en el suelo se tradujeron en un incremento en la producción de café, siendo Ecorobusta la variedad más productiva. Las forrajeras estudiadas demostraron ser efectivas en aumentar los rendimientos del cultivo de café

Agradecimiento

Se deja constancia del agradecimiento a la Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFÉ), al Jardín de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, al proyecto Fomento a la producción cafetalera en la provincia de Cotopaxi y al Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA).

Referencias

- Alvarado- Aguayo, A., Carrera-Maridueña, D., Carrera-Maridueña, B., y Pilaloe-David, W. (2023). Kudzú Tropical: Situación y Perspectivas para la agricultura sostenible (Primera edición ed.). Ecuador : Centro de Investigación y Desarrollo Profesional (CIDEPRO). <https://doi.org/https://doi.org/10.29018/978-9942-607-56-0>
- Botero-Londoño, J., Gómez-Carabalí, A., y Botero-Londoño, M. (2019). Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. Revista mexicana de Ciencias Pecuarias , Vol 10(No. 3), Pp 789-800. <https://doi.org/https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667>
- Carrión-Zambrano, L., y Palacios-Rivera, R. (2022). Comportamiento agronómico y composición química del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la parroquia Guasaganda del cantón La Maná. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, La Maná. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8649/1/UTC-PIM-%20000479.pdf>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2020). InfoStat verisión 2020 Centro de transferencia. Universidad Nacional de Córdoba , Argentina . <http://www.infostat.com.ar>
- Espinoza-Coronel, A., Vásconez-Montúfar, G., Tapia-Ramírez, C., y Duicela-Guambi, L. (2021). Crecimiento, desarrollo y concentración de macronutrientes en genotipos de café (*Coffea robusta* P) con diferentes dosis de abono orgánico. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar , Vol 5(No. 6). https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1196
- García, M., Treto, E., y Alvarez, M. (2000). Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. Estudio comparativo de diferentes especies. Cultivos Tropicales, Vol 21(No. 1), 5 -11. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232232001.pdf>
- Guecaimburu, J., Vásquez, J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martínez, M., y Introcaso, R. (2019). Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por tráfico agrícola en un arguido típico. Revista Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, Vol 35 (No. 1), 81-89. <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/994>
- Haro-Mora, K., y Vizcaino-Yepez, A. (2021). Respuesta agronómica del cultivo de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el cantón La Maná recinto Selva Alegre. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales , La Maná. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7727/1/UTC-PIM-000352.pdf>

- Jiménez-Suárez, A., Farfán - Valencia, F., y Morales - Londoño, C. (2005). Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), Vol 56(núm 2), pp 93-109. <https://doi.org/DOI-10.38141/10778>
- Matos-Pech, G., Arcocha-Gómez, E., López-Hernández, M., Garma-Quen, P., González-Valdivia, N., y Echavarría-Góngora, E. (2022). Efecto de abonos verdes inoculados en las propiedades químicas de un luvisol férreo de Campeche, México. Terra Latinoamericana, Vol 40, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra>.
- Moraoka, T., Ambrosano, E., Zapata, F., Bortoletto, N., Martins, A., Trivelin, P., . . . Scivittaro, W. (2002). Eficiencia de abonos verdes (*Crotalaria* y *mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. Terra Latinoamericana, Vol 20(Núm 1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320104>
- Noboa-Acurio, J., y Naranjo-Calle, J. (2022). Implementación de bancos forrajeros de especies leñosas de matarratón (*Gliricidia sepium*), Caraca (*Erythrina poeppigiana*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en el cantón La Maná parroquia Guasaganda. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, La Maná. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8571/1/UTC-PIM-%20000461.pdf>
- Sanclemente -Reyes, O., Prager- Mosquera, M., y Beltrán Acevedo, L. (2013). Aporte de nitrógeno al suelo por *mucuna pruriens* y su efecto sobre el rendimiento de maíz dulce (*Zea mays* L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Vol 4(No. 2), Pp 148-155.
- Serri, D., Faggioli, V., y Lorenzon, C. (2017). Fósforo del suelo: calidad del rastrojo y descomposición microbiana bajo diferentes contenidos hídricos. Revista Ciencia del Suelo, Vol 35 (No. 2), 239-248. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672017000200005&script=sci_abstract
- Toapanta - Añarumba, J., Quinatoa-Lozada, E., Luna - Murillo, R., y Macias-Pettao, R. (2023). Producción de café (*Coffea canephora* P) en el subtrópico ecuatoriano en respuesta a diferentes niveles de fertilización inorgánica -orgánica. Revista Multidisciplinaria Ciencia Latina, Vol 7(No. 1), 2750-2761. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4623
- Vega, P., y Leblanc, H. (2013). Producción de biomasa y fijación de nitrógeno de *Mucuna pruriens* en el trópico húmedo de Costa Rica. Tierra Tropical Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad, Vol 9(No. 1). <repositorio.earth.ac.cr/collections/a658edba-4e4f-44d0-8f69-7e9b0c09397a>
- Venegas-Sánchez, S., Orellana-Bueno, D., y Pérez-Jara, P. (2018). La realidad ecuatoriana en la producción de café. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, Vol 2(núm 2), pp 72-91. [https://doi.org/DOI:10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/DOI:10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)