

Producción de café robusta (*Coffea canephora*) con reciclaje de biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca

Production of coffee robusta (*Coffea canephora*) with biomass recycling from three forage species during the dry season

Argenis Ariel Franco Vera¹, Alexis Fernando Torres Moreira¹, Ricardo Augusto Luna Murillo², Gregorio Humberto Vásconez Montufar³

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.

²Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFE)

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Autor de correspondencia: ricardo.luna@utc.edu.ec

Recibido: 09/02/2025. Aceptado: 15/06/2025.
Publicado el 02 de julio de 2025.

Resumen

En Ecuador, la producción de café robusta es clave para pequeños agricultores gracias a los microclimas favorables. En el centro experimental Sacha-Wiwa (provincia de Cotopaxi), se evaluó la producción de los cultivares Napo payamino, Ecorobusta y Conilón durante la época seca, usando biomasa reciclada de forrajeras mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Se aplicó un diseño experimental en bloques completos al azar y se midió la producción cada 30 días hasta los 150 días. El cultivar Ecorobusta obtuvo la mayor producción (143,88 kg/10 plantas), destacando el uso de kudzu como forrajera, con 128,88 kg/10 plantas. Además, se mantuvieron los niveles de nutrientes en el suelo. El estudio concluye que el uso de forrajeras, especialmente kudzu, mejora el rendimiento del café y la fertilidad del suelo.

Palabras clave: Rendimiento, cultivares, suelo, materia orgánica.

Abstract

In Ecuador, Robusta coffee production is key for small farmers thanks to favorable microclimates. At the Sacha-Wiwa experimental center (Cotopaxi), the production of the Napo payamino, Ecorobusta, and Conilón cultivars was evaluated during the dry season, using recycled biomass from mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*), and golden button (*Tithonia diversifolia*) forage crops. A randomized complete block experimental design was applied, and production was measured every 30 days up to 150 days. The Ecorobusta cultivar obtained the highest production (143,88 kg/10 plants), highlighting the use of kudzu as a forage plant, with 128,88 kg/10 plants. In addition, adequate nutrient levels were maintained in the soil. The study concludes that the use of forage crops, especially kudzu, improves coffee yield and soil fertility.

Keywords: Yield, cultivars, soil, organic matter.

Introducción

El café es uno de los productos agroindustriales más importantes en el comercio internacional, su producción juega un papel sustancial en la economía de muchos países generando fuentes de empleo y produciendo grandes ingresos económicos (Urgiles-Gómez *et al.*, 2023). Las especies de café económicamente significativo son *Coffea arabica* y *Coffea robusta* dentro de las cuales existen múltiples cultivares.

El café robusta (*Coffea canephora*) representa un 30 % de la producción mundial como menciona López Torres (2024), se adapta bien a las zonas tropicales húmedas y subhúmedas del país, puede sembrarse en cualquier mes del año, lo que ha facilitado su rápida expansión en la costa y oriente ecuatoriano, se caracteriza por su sabor fuerte y menor aroma en comparación con el café arábigo. La cosecha de robusta se realiza durante todo el año con frecuencia mensual (Sotomayor Herrera y Duicela Guambi, 1995; Lindao Cruz, 2016).

La incorporación de leguminosas y forrajeras como abono verde son una fuente de nutrientes al suelo, ha logrado reemplazar parte de la fertilización química, mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo. La incorporación de abonos verdes al suelo no es una práctica generalizada sin embargo se postula que su uso podría contribuir a minimizar el uso de fertilizantes nitrogenados y por ende a reducir los costos de producción, además pueden modificar las propiedades físicas, crear un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces y extracción de nutrimentos (Jiménez-Suárez *et al.*, 2005). Las leguminosas y forrajeras tolerantes a sequías integradas como abonos verdes proveen una protección al suelo a procesos erosivos durante la época seca y conservar la humedad del suelo (Castro-Rincon *et al.*, 2018).

El empleo de leguminosas y forrajeras tiene ventajas entre ellas aumentar el aporte de nitrógeno vía fijación biológica y la mejora de la fertilidad del suelo. Estas especies empleadas en los cafetos como una práctica agroecológica están ganando importancia, incrementan la sostenibilidad de los cafetales y disminuye la dependencia de los insumos externos (Bustamante-González *et al.*, 2022).

Con los antecedentes expuestos el estudio se planteó con el objeto de evaluar la producción de las variedades de café

robusta Napo payamino, Ecorobusta y Conilón empleando las forrajeras mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) durante la época seca como una estrategia de manejo sustentable en la producción de café.

Materiales y métodos

La investigación se ejecutó durante la época seca, en el Centro Experimental Sacha Wiwa, ubicado en el sistema WGS84 entre las coordenadas geográficas de 0° 47' 46" latitud S; 79° 09' 31" longitud W, a una altura de 500 m sobre el nivel del mar, en la parroquia Guasaganda del cantón La Maná en la provincia de Cotopaxi - Ecuador. Las condiciones meteorológicas de mayo a octubre del año 2024 se presentan en la Tabla 1, en donde se observó que la temperatura promedio del ambiente es de 30,54 °C, temperatura del suelo de 26,45 °C, humedad relativa de 93,83 %, humedad del suelo 68,00 % y precipitación de 273,80 mm. (Tabla 1).

La investigación se inició con la limpieza de la zona de estudio y alrededor de las plantas experimentales de café robusta Napo payamino, Ecorobusta y Conilón, se procedió al sorteo de los tratamientos constituidos por la biomasa de plantas forrajeras de mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), material forrajero obtenido del Jardín de Pastos y Forrajes de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), y cuyo análisis químico de tejido vegetal se reporta en Cedeño Enriquez *et al.* (2024).

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con seis repeticiones, para la estimación del rendimiento el número de observaciones se ajustó a 10 plantas. Para el análisis estadístico, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad, mediante el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2020). Se realizaron análisis de suelo y foliar antes y después del experimento en los tres cultivares de café, con el objetivo de determinar los niveles de macro y micronutrientes. La biomasa de las especies forrajeras se aplicó alrededor de las plantas de café en una dosis total de 800 gramos por planta, distribuida en dos aplicaciones de 400 gramos cada una, efectuadas al inicio del experimento (día 0) y a los 30 días.

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

Parámetros	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Promedios
Temperatura del ambiente (°C)	30,10	32,20	28,70	29,50	31,40	30,90	30,54
Temperatura del suelo (°C)	26,30	25,90	28,70	25,90	26,20	25,70	26,45
Humedad del ambiente (%)	99,00	99,00	98,00	87,00	91,00	89,00	93,83
Humedad del suelo (%)	80,00	80,00	99,00	60,00	37,00	52,00	68,00
Precipitación (mm)	124,20	75,60	26,40	20,00	7,80	19,80	273,80

Al iniciar la investigación se tomó como referencia los análisis de suelo reportado por Cedeño Enriquez *et al.* (2024) quienes evaluaron la producción de los cultivares de café bajo el efecto del reciclaje de la biomasa de las forrajeras mucuna, kudzú y botón de oro desde octubre 2023 a marzo 2024 (época lluviosa) donde el pH fue de 5,06 a 6,92, la materia orgánica de 5,23 a 9,26 (%); los macronutrientes se mantuvieron entre bajo y alto destacándose el fósforo con 193,35 mg/kg.

Resultados y discusión

Al finalizar la investigación se pudo determinar que el pH del suelo se mantuvo ligeramente ácido para las tres cultivares de café, la materia orgánica y el macro elemento fósforo obtuvieron valores altos a nivel edáfico en donde se encontraba el cultivar Conilón con 9,32 % y 149,69 mg/kg, lo que concuerda con García-Hernández *et al.* (2010) quienes mencionan que la materia orgánica del suelo es una importante fuente de nutrimentos para el desarrollo vegetal que necesitan ser mantenidos para asegurar la fertilidad del suelo (Tabla 2).

La mayor producción de café la obtuvo el cultivar Ecorobusta desde los 30 a los 120 días con 3.387,11 (0,05 t/ha) a 15.789,00 g/10 plantas (0,24 t/ha), a los 150 días el cultivar Conilón alcanzó una producción de 8.414,11 g/10 plantas (0,18 t/ha), valores superiores a los reportados por Cedeño

Enriquez *et al.* (2024) quienes reportaron rendimientos de café de 3.258,78 a 1.900,33 g/10 plantas con el cultivar Ecorobusta y con el cultivar Conilón 2065,33 g/10 plantas.

En relación a las forrajeras el kudzú reporto valores 2.992,44 g/10 plantas (0,05 t/ha) a los 30 días; 11.988,44 g/10 plantas (0,18 t/ha) a los 90 días y 9.795,89 g/10 plantas (0,15 t/ha) a los 150 días, lo que probablemente se debe a que el kudzú favorece las propiedades físicas (retención de agua), químicas (incrementa el contenido de nutrientes) y biológicas (aumentan la biodiversidad de microorganismos) de los suelos (Berdeja- Abreu *et al.*, 2022).

La forrajera mucuna obtuvo a los 120 días 10.598,22 g/10 plantas (0,16 t/ha), esta forrajera tiene auge como fertilizante natural, se ha determinado que, durante la descomposición de la materia vegetal, libera compuestos orgánicos que funcionan como nematocidas, el alto porcentaje de nitrógeno total de la mucuna, su peso seco y producción de materia verde, reportan un aporte de nitrógeno total de 80,91 kg /ha (García-Abarca y Calderón-Cerdas, 2021). Es necesario mencionar que botón de oro (*T. diversifolia*) mantiene una producción intermedia de café, pero dentro de una de sus propiedades esta la capacidad de mejorar las características edáficas (biológicas y físicas) cuando se utiliza como abono orgánico, puesto que aporta nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio presentes en sus hojas (Argüello-Rangel *et al.*, 2019) (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis de suelo producción de café robusta (*Coffea canephora*) empleando biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca junio-octubre 2024

Descripción	Napo payamino	Ecorobusta	Conilón
pH	6,40 L. Ac	6,46 L. Ac	6,73 L. Ac
C.E ds/m	0,28 N.S.	0,33 N.S.	0,38 N.S.
Materia orgánica (%)	5,66 A	8,75 A	9,32 A
NH ₄ mg/kg	13,33 B	15,47 B	15,47 B
P mg/kg	82,20 A	99,64 A	149,69 A
K meq/100 mL	0,22 M	0,2 M	0,19 M
Ca meq/100 mL	10,00 M	14,00 M	15,00 M
Mg meq/100 mL	1,41 M	1,99 M	2,03 M
S mg/kg	17,10 M	14,71 M	14,89 M
Zn mg/kg	6,17 M	6,33 M	10,67 M
Cu mg/kg	3,37 M	2,80 M	3,33 M
Fe mg/kg	51,23 A	52,10 A	49,1 M
Mn mg/kg	5,00 M	5,13 M	6,03 M
B mg/kg	0,21 B	0,26 B	0,25 B
Ca/Mg	6,92 A	7,25 A	7,48 A
Mg/K	6,52 O	9,90 O	10,51 O
Ca+Mg/K	51,85 A	80,80 A	88,51 A

L. Ac = ligeramente ácido M.O. = Materia Orgánica; N. S= No salino; A= Alto; B = Bajo; M= Medio; O=Óptimo

La mayor producción total de café se obtuvo con el cultivar Ecorobusta con 143,88 kg/10 plantas y en la forrajera kudzú con 122,88 kg/10 plantas. El uso de abonos verdes de leguminosas tiene el potencial de economizar las necesidades de fertilizante nitrogenado (García-Hernández *et al.*, 2010) (Tabla 4 y Figura 1).

Tabla 3. Producción de café cereza (g/10 plantas) empleando biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca junio-octubre 2024

Factores	Producción (g/10 plantas)				
	Días después de incorporar biomasa forrajera al suelo				
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
Variedad					
Napo payamino	303,44 b	1.079,44 b	4.914,56 b	5.781,33 b	5.274,11 a
Ecorobusta	3.387,11 a	6.477,44 a	14.202,22 a	15.798,00 a	8.094,00 a
Conilón	2.927,11 a	3.221,78 ab	13.027,67 a	6.425,78 b	8.414,11 a
p - valor	0,0005	0,0034	0,0011	0,0082	0,423
Forrajeras					
Mucuna	1.620,22 a	2.003,11 b	10.085,33 a	10.598,22 a	6.138,67 a
Botón de oro	2.005,00 a	3.083,11 ab	10.070,67 a	6.914,44 a	5.847,67 a
Kudzú	2.992,44 a	5.692,44 a	11.988,44 a	10.492,44 a	9.795,89 a
p - valor	0,1372	0,0383	0,6115	0,418	0,2587

Tabla 4. Variedades por forrajeras en producción de café cereza (g/10 plantas) empleando biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca junio-octubre 2024

Variedades	Forrajeras	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	Total	Variedades (kg)	Forrajeras (kg)
Napo payamino	Mucuna	181,00	791,33	4.140,00	5.048,00	4.411,33	14571,66	51,06	91,34
	Boton de oro	470,67	1.097,33	3.526,67	4.397,67	2.505,00	11.997,34		82,76
	Kudzú	258,67	1.349,67	7.077,00	7.898,33	7.906,00	24.489,67		122,88
Ecorobusta	Mucuna	2.642,67	2.981,33	15.268,00	19.798,67	6.628,33	47.319,00	143,88	
	Boton de oro	2.812,67	5.076,33	11.915,00	12.503,67	7.739,00	40.046,67		
	Kudzú	4.706,00	11.374,00	15.423,67	15.091,67	9.914,67	56.510,01		
Conilón	Mucuna	2.037,00	2.236,67	10.848,00	6.948,00	7.376,33	29.446,00	102,05	
	Boton de oro	2.731,67	3.075,67	14.770,33	3.842,00	6.299,00	30.718,67		
	Kudzú	4.012,67	4.353,00	13.464,67	8.487,33	11.567,00	41.884,67		

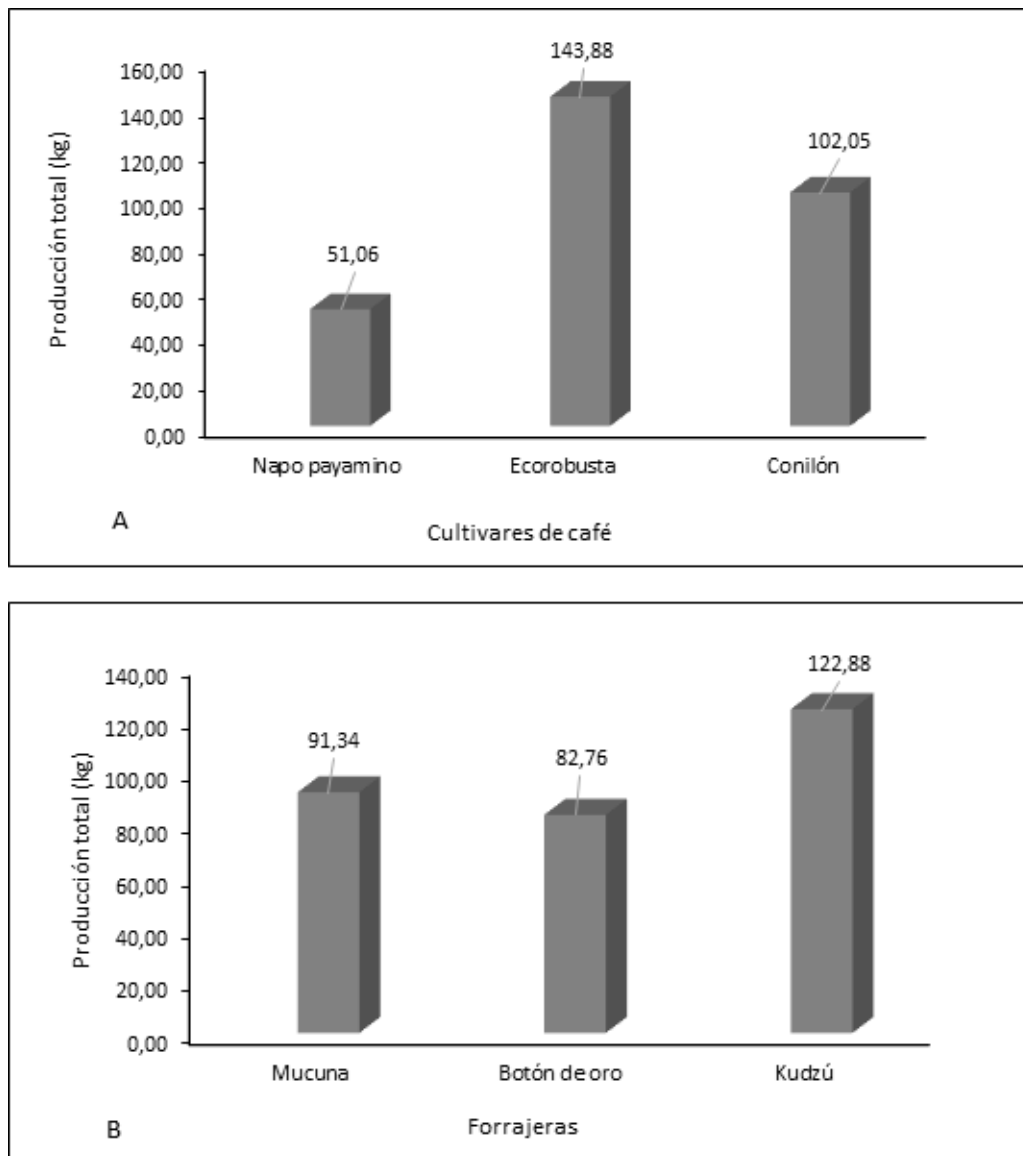


Figura 1. Producción total de café cereza por cultivar (A) y forrajeras (B) durante la época seca junio-octubre 2024

El cultivar de café Ecorobusta con la forrajera kudzú presentaron los mayores valores durante el proceso de investigación, las forrajeras utilizadas como abonos verdes incrementan los contenidos de P asimilable y cationes intercambiables del suelo, así como la absorción de NPK por el cultivo. Las forrajeras mostraron ser una alternativa no sólo de sustitución de fertilizantes minerales, sino de mejora de la fertilidad del suelo e incrementos de los rendimientos (García *et al.*, 2000) (Figura 2).

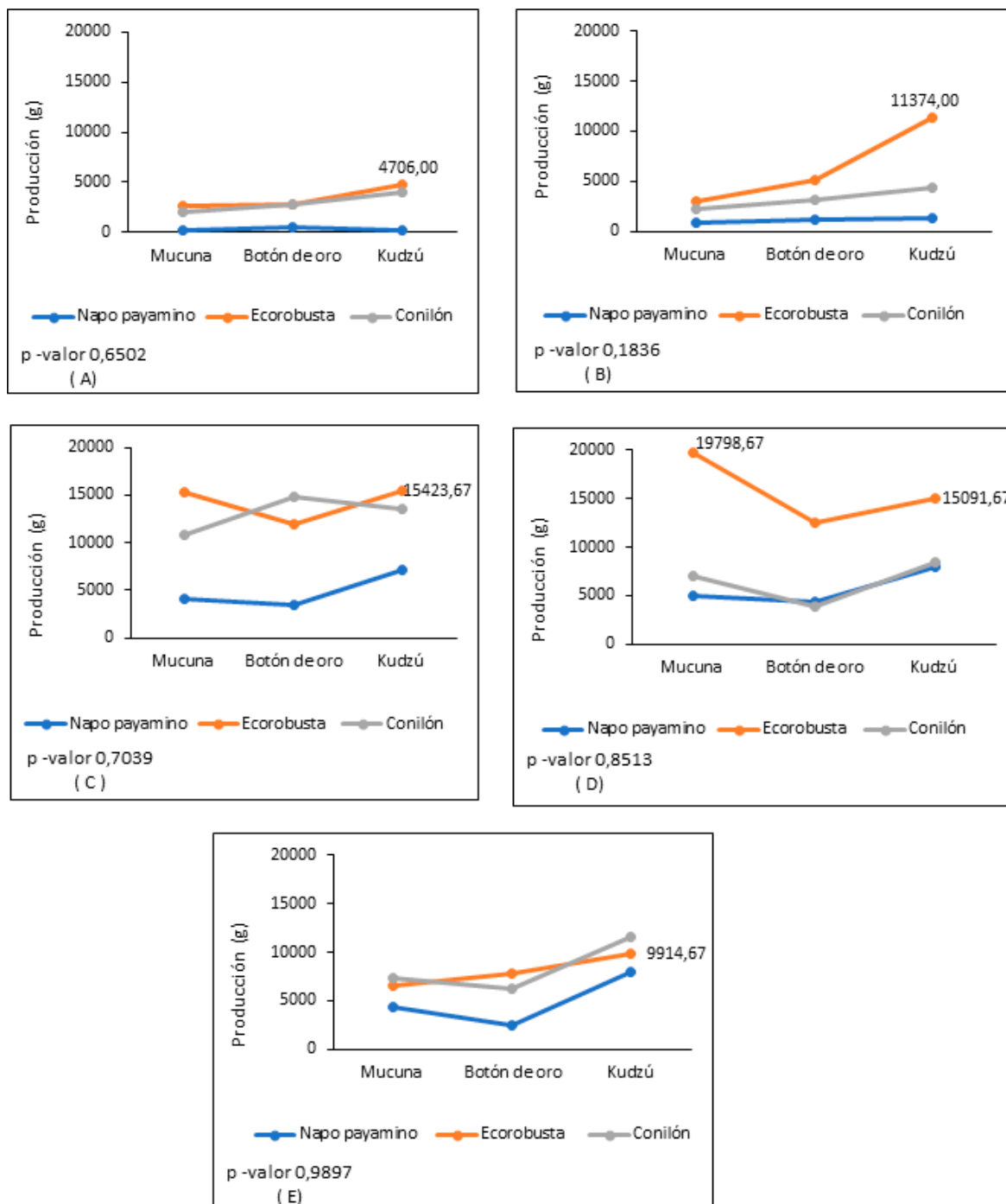


Figura 2. Producción de café a los 30 días (A), 60 días (B), 90 días (C), 120 días (D), 150 días (E) empleando biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca junio-octubre 2024

En el análisis foliar se observó que los valores de nitrógeno calcio, magnesio y azufre aumentaron después de aplicado las forrajeras, los valores para fósforo y potasio disminuyeron levemente, valores que tienen referencia con lo indicado por Sadeghian (2020) donde mencionan los valores críticos para nitrógeno en un rango de 2,56 -2,78 %; fósforo 0,14-0,20 %, potasio 1,58 - 2,15 %; calcio 0,75-1,29 %; magnesio 0,18-

0,45 % y azufre 0,15-0,19 %, lo que permite indicar que el usar las forrajera mejora el estado nutricional de las plantas (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis del tejido vegetal de café robusta (*Coffea canephora*) empleando biomasa de tres especies forrajeras durante la época seca

Descripción	Inicio del experimento			Final del experimento		
	Napo payamino	Ecorobusta	Conilón	Napo payamino	Ecorobusta	Conilón
N (%)	2,23	2,14	2,26	3,20	3,10	2,70
P (%)	0,14	0,16	0,13	0,10	0,12	0,12
K (%)	1,47	1,55	1,42	1,12	1,34	1,25
Ca (%)	0,85	0,88	1,08	1,38	1,74	1,78
Mg (%)	0,23	0,25	0,23	0,29	0,30	0,34
S (%)	0,13	0,15	0,15	0,20	0,24	0,21
Cu (mg/kg)	18,00	23,00	15,00	18,00	26,00	28,00
B (mg/kg)	66,96	87,46	78,35	24,00	26,00	30,00
Fe (mg/kg)	78,00	91,00	57,00	112,00	133,00	87,00
Zn (mg/kg)	16,00	13,00	15,00	9,00	7,00	9,00
Mn (mg/kg)	116,00	43,00	52,00	93,00	62,00	68,00

Conclusiones

La utilización de forrajeras como mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), a través del reciclaje de la biomasa beneficia la producción de café durante la época seca en la provincia de Cotopaxi, donde se observó un mayor rendimiento en el cultivar Ecorobusta utilizando kudzu. Además, el reciclaje de biomasa de estas forrajeras contribuyó al mantenimiento de los niveles de nutrientes en el suelo, asegurando la fertilidad del mismo. Los resultados sugieren que el reciclaje de biomasa de forrajera, especialmente kudzu puede ser una estrategia para mejorar la producción de café en la época seca.

Agradecimiento

A la Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFÉ), a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná - Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales con el proyecto “Fomento a la producción integral del cultivo de café en la provincia de Cotopaxi”, al Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA) con el proyecto “Sistemas agro-productivos de fabáceas en asociación con cacao y café en un contexto de economía circular para el desarrollo sostenible”.

Referencias bibliográficas

- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L. y Angulo-Arizala, J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías del trópico bajo Colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899-915. <https://doi.org/>
- Berdeja-Abreu, R., Méndez-Gómez, J., Escobar-Hernández, R., Pérez- Marroquín, G. y Enríquez-García, F. (2022). Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) una alternativa como abono orgánico en lima Persa. *Agro-Divulgación*, 2(2), 41-44. <https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/agrodivulgacion1/article/view/54/62>
- Bustamante-González, C., Ferrás-Negrin, Y., Hernández-Forte, I. y Rivera-Espinosa, R. (2022). Beneficios del intercambio de canavalia inoculada con hongos micorrízicos y *Rhizobium* in *Coffea canephora*. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2). <https://doi.org/doi:10.15517/am.v33i2.46288>
- Castro-Rincon, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Carulla-Fornaguera, J. E. y Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderos del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711-729. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43756297016>
- Cedeño Enriquez, S., Moreira Angulo, O., Luna Murillo, R. y Vásconez Montufar, G. (2024). Incorporación de biomasa de tres forrajeras en el suelo de una plantación de café (*Coffea canephora*). *Revista Cinética Multidisciplinaria Pentaciencias*, 6(5), 319-329. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1238/1667>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L. T., Casanoves, F., Tablada, M. y Robledo, C. (2020). InfoStat versión 2020. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>
- García-Hernández, J. L., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Fortis-Hernández, M., Márquez-Hernández, C., Castellanos-Pérez, E., Quiñones-Vera, J. y Avila-Serrano, N. Y. (2010). Avances en investigación y perspectiva

- del aprovechamiento de los abonos en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 391-399. <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/1222/1447>
- 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*, 21(1), 5-11. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232232001>
- García-Abarca, E. y Calderón-Cerdas, R. (2021). Influencia de la densidad de siembra sobre producción y desarrollo de mucuna (*Mucuna puriens* L. DC). *Agronomía Costarricense*, 45(2), 103-113. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/47771/47466>
- 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. *Cenicafé*, 56(2), 93-109. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2802%29093-109.pdf>
- Lindao Cruz, K. (2016). Selección preliminar de café robusta (*Coffea canephora* P) con base al rendimiento y características agronómicas deseadas en la zona de Colonche provincia de Santa Elena. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6932>
- López Torres, S. M. (2024). Análisis comparativo de las variedades de café del noroccidente de Pichincha e Intag, Ecuador. [Tesis de grado, Universidad Regional Autónoma de Los Andes]. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/17645/1/UA-GAS-EAC-003-2024.pdf>
- Sadeghian, S. (2020). Análisis foliar: Una guía para evaluar el estado nutricional del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 515, 1-4. <https://doi.org/10.38141/10779/0515>
- Sotomayor Herrera, I. y Duicela Guambi, L. (1995). Inventario Tecnológico del cultivo de café. Boletín Técnico. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1618/1/Inventario%20de%20caf%2c3%a9.pdf>
- Urgiles-Gómez, N., Loján, P., Ávila-Salem, M., Benavidez-Silva, C., Hurtado, L., Livisaca, F., . . . Quichimbo, L. (2023). Microorganismos benéficos con potencial: Una alternativa sostenible para la producción de café y calidad del suelo. *CEDAMAZ*, 13(1), 103-113. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i1.131>

