



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 12. N° 34

Junio 2019

www.eumed.net/rev/delos/34/index.html

INFLUENCIA DE Pueraria phaseoloides SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CACAO Y LOS ATRIBUTOS DEL SUELO

Allan Alvarado Aguayo¹

Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias
aalvarado@uagraría.edu.ec

Braulio Carrera Maridueña²

Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias
bcarrera@uagraría.edu.ec

Wilmer Pilaloo David³

Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias
wpilaloo@uagraría.edu.ec

Mariela Carrera Maridueña⁴

Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias
dcarrera@uagraría.edu.ec

Ecuador

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Materiales y métodos	5
3. Resultados	6
3.1 Floración del cacao	6
3.2 Producción y peso de mazorcas	7
3.3 Relación beneficio - costo (RBC)	10
3.4 Características químicas del suelo	10
4. Conclusiones y recomendaciones	12
4.1 Conclusiones	12
4.2 Recomendaciones	12
5. Referencias bibliográficas	13

¹ Ingeniero Agrónomo; Diplomado Superior en Investigación; Magister en Docencia Superior; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador

² Ingeniero Agrónomo; Maestría en Diseño Curricular; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador

³ Ingeniero Agrónomo; Maestría en Agroecología y Agricultura Sostenible; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador

⁴ Ingeniero Agrónomo; Maestría en Diseño Curricular; Doctorado en Ciencias Ambientales; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo sobre influencia del kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) en la producción de cacao CCN-51, se realizó en la finca Domínguez, ubicada en el cantón El Triunfo, Guayas, Ecuador. Para ello se estableció un ensayo con cuatro densidades de siembra, que permitieron determinar la relación entre la cubierta vegetal y la producción de cacao. La investigación contribuye con información de métodos sostenibles de nutrición vegetal y su influencia en la producción en plantaciones de cacao, ya que esta especie es una fuente de trabajo y desarrollo social en la zona agrícola de estudio. La investigación utilizó un diseño experimental de tratamientos en parcelas divididas bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en los cuales se estudiaron los distintos tratamientos basados en la densidad de siembra de la cobertura: T1 (0,50 m x 0,50), T2 (0,75 m x 0,75 m), T3 (1 m x 1 m), T4 (1,50 m x 1,50), T5 (testigo químico: glifosato) y T6 (testigo absoluto). Los resultados del proyecto buscaron evaluar la influencia del kudzú en la producción del cacao, el peso de las mazorcas y las características químicas del suelo. En los tratamientos con influencia de kudzú la producción es mayor el promedio de flores por planta (T1=804.6, T2=779.6, T3=600.3 y T4=573.6) con respecto al testigo absoluto (T6=391.0), siendo mayor en comparación con el testigo químico (T5=364.3), en el cual decrece la cantidad de flores. Además se ve un efecto de incremento en el peso de las semillas, en estado fresco y seco. El promedio de mazorcas producidas con influencia del kudzú está en el rango de 32 a 38 frutos/planta, que supera a los testigos, químico y absoluto, con 14 frutos/planta. El peso referencial de 100 mazorcas cosechadas de las plantas con influencia del kudzú es de 80 a 83 kg, mientras que en los testigos es 72 y 74 kg.

Palabras clave: asimilación mineral, conservación de suelo, cultivo de cobertera, fijación biológica de nitrógeno, leguminosa, macronutriente, micronutriente.

INFLUENCE OF *Pueraria phaseoloides* ON THE PRODUCTIVE BEHAVIOR OF COCOA AND THE ATTRIBUTES OF SOIL

ABSTRACT

The present work on the influence of tropical kudzú (*Pueraria phaseoloides*) on the production of CCN-51 cocoa was carried out at the Dominguez farm, located in El Triunfo city, Guayas, Ecuador. For this purpose, a trial with four planting densities was established, which allowed to determine the relationship between plant cover and cocoa production. The research contributes with information on sustainable methods of plant nutrition and its influence on production in cocoa plantations, since this species is a source of work and social development in the agricultural area of study. The research used an experimental design of treatments in divided plots under a completely random block design (DBCA), in which the different treatments based on the sowing density of the

cover were studied: T1 (0.50 m x 0.50), T2 (0.75 m x 0.75 m), T3 (1 m x 1 m), T4 (1.50 m x 1.50), T5 (chemical control: glyphosate) and T6 (absolute control). The results of the project sought to evaluate the influence of kudzu on cocoa production, the weight of cobs and the chemical characteristics of the soil. In the treatments with kudzu influence the production is higher the average of flowers per plant (T1=804.6, T2=779.6, T3=600.3 and T4=573.6) with respect to the absolute control (T6=391.0), being higher in comparison with the chemical control (T5=364.3), in which the quantity of flowers decreases. There is also an effect of increase in the weight of the seeds, in fresh and dry state. The average number of cobs produced with kudzu influence is in the range of 32 to 38 fruits/plant, which exceeds the controls, chemical and absolute, with 14 fruits/plant. The reference weight of 100 ears harvested from plants with influence of kudzu is 80 to 83 kg, while in the controls is 72 and 74 kg.

Keywords: mineral assimilation, soil conservation, cover crop, biological nitrogen fixation, legume, macronutrient, micronutrient.

Clasificación JEL: E23, C93, Q01, Q57, Y10

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se caracteriza por una alta productividad, estabilidad de la producción y rentabilidad a corto plazo. Sin embargo, esta se basa en el uso intensivo de recurso externos (energía, fertilizantes, agroquímicos, etc.), presenta una muy baja diversidad (vegetal, microorganismo, etc.), así como una baja autonomía y resiliencia a las perturbaciones o cambios en las condiciones ambientales (Tilman, Cassman, Matson, Naylor, & Polasky, 2002); (Henle, y otros, 2008). Como consecuencia de ello, la agricultura convencional se enfrenta a graves problemas ambientales como la pérdida de nutrientes, la contaminación del suelo y el agua, altas emisiones de gases de efecto invernadero y mayores emisiones de carbono y agua. La agricultura es también vulnerable al cambio climático global (CCG), en particular debido a los cambios en la distribución y los niveles de precipitación, que afectan a la disponibilidad de agua no sólo en las zonas de secano, sino también aquellas de riego, lo que genera mayores incertidumbres a la agricultura convencional (Prober & Smith, 2009).

La agricultura sostenible tiene como objetivo introducir importantes cambios en las prácticas agrícolas actuales con el fin de hacerlas más viable desde el punto de vista ambiental, social y económico (FAO, 2014). Los focos principales están en: 1) el aumento de la biodiversidad (plantas, insectos y microorganismos) en los agroecosistemas, de manera que éstos puedan imitar el funcionamiento de los ecosistemas naturales, pero al mismo tiempo, seguir siendo económicamente sostenible; 2) el aumento de la ecología microbiana del suelo y del ciclo de nutrientes para asegurar una nutrición adecuada de las plantas; 3) el manejo de plagas y enfermedades a través de mecanismos de regulación interna a fin de reducir los insumos agroquímicos; y 4) la adaptación de

cultivos para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos naturales (agua y nutrientes) y la resistencia a plagas y enfermedades (Tilman, Cassman, Matson, Naylor, & Polasky, 2002).

Se deben introducir leguminosas como cobertura de agro-ecosistema como alternativa eficaz para mejorar sustancialmente las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo (Teasdale, 2003); (Penold & Collins, 2012). Las coberturas vegetales se relacionan con los aspectos físicos del suelo (agregación, infiltración, erosión), factores de fertilidad de los suelos (fijación de N, reciclaje de nutrientes) y de manejo de enfermedades, preservación del balance y la biodiversidad (Sancho & Cervantes, 1997).

La fijación biológica de N₂ (BNF) es el proceso mediante el cual bacterias fijan el nitrógeno atmosférico (N₂) en amoníaco (NH₃). Estas bacterias sintetizan la enzima nitrogenasa que cataliza la conversión de N₂ a NH₃. En el caso de las leguminosas, bacterias de distintos géneros forman asociaciones simbióticas, a través de nódulos que se desarrollan en los pelos radicales de la planta. Evaluaciones de la fijación de N por parte del kudzú son escasas, pero puede superar los 100 kg ha/año creciendo como cubierta vegetal en condiciones de sombra (Toomsaw, y otros, 2010).

El uso de cultivos de cobertura es una alternativa para regular el equilibrio ecológico en la plantación y reducir la incidencia de hongos patógenos, al mismo tiempo de varios beneficios que aportan los cultivos de cobertura (Teasdale, 2003); (Penold & Collins, 2012). Se considera a las leguminosas, familia Fabaceae, como las especies idóneas para coberturas vivas en plantaciones de cultivos perennes (Fageira & Baligar, 2015). En el presente trabajo se utilizó como cultivo de cobertura la especie *Pueraria phaseoloides*, llamada comúnmente kudzú tropical, una planta herbácea perenne y trepadora. Los tallos son largos y pueden formar raíces en los nodos, cuando toman contacto con suelo húmedo, lo que favorece su propagación. Tiene raíces profundas y las raíces forman nódulos que albergan bacterias fijadoras de nitrógeno (De Pereira-Netto, De Magalhães, & Pinto, 1999).

La especie *P. phaseoloides* agrega materia orgánica que contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, aumenta la retención de humedad y favorece el desarrollo de fauna microbiana, y fija nitrógeno atmosférico (Hickman, Wu, Mickley, & Lerdauc, 2010). Este último proceso se conoce como fijación biológica de nitrógeno (FBN); los organismos capaces de fijar nitrógeno viven en simbiosis con las raíces de las leguminosas (De Los Ángeles, 2013); dichos organismos fijan nitrógeno atmosférico en sus nódulos radicales y, a través del metabolismo, almacenarlo en su componente forrajero (hojas, peciolo, tallos tiernos y frutos) en forma de proteína cruda, cuyo contenido varía entre 10 a 35% (Leng, 2008); (Subba & Rodríguez, 2003). Incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas (Botero & Russo, 2000).

Actualmente las plantaciones cacaoteras utilizan criterios de manejo convencional. No se ha dado énfasis al uso de cultivos de cobertura y sus beneficios sobre la producción, pues regulan el ambiente de la planta, controlan malezas y aportan nitrógeno. Además es una práctica usual extraer el mantillo de las plantaciones, contribuyendo a la degradación de la huerta.

El presente trabajo plantea un análisis de la influencia de Pueraria phaseoloides sobre el comportamiento productivo del cacao y los atributos del suelo. La hipótesis consistió en que la influencia del kudzú logra un mejor desarrollo fenológico del cacao, mejorando los indicadores de productividad de las mismas y un efecto favorable sobre las características químicas del suelo. El contexto espacial del estudio se sitúa en la zona del cantón El Triunfo, provincia del Guayas, Ecuador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en una finca local productora de cacao, del cantón El Triunfo, Guayas, Ecuador, ubicada en las coordenadas geográficas 2°21'12.6"S 79°23'42.8"W. Asentada a 10 metros sobre el nivel del mar. El clima de esta zona es monzón tropical, con una estación lluviosa entre diciembre y mayo, y una estación seca entre junio y noviembre, donde se necesita riego. Las temperaturas medias oscilan entre los 20 ° C (el mínimo en agosto) y 31 ° C (el máximo en marzo-abril). El suelo es de textura arcillosa (Alfisol).

La investigación utilizó un diseño experimental de tratamientos en parcelas divididas bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en los cuales se estudiaron los distintos tratamientos basados en la densidad de siembra de la cobertura:

- T1: distanciamiento de 0,50 m x 0,50 m (40.000 plantas/ha)
- T2: distanciamiento de 0,75 m x 0,75 m (17.777 plantas/ha)
- T3: distanciamiento de 1 m x 1 m (10.000 plantas/ha)
- T4: distanciamiento de 1,50 m x 1,50 m (4.444 plantas/ha))
- T5: testigo químico (control de arvenses con glifosato)
- T6: testigo absoluto (crecimiento espontáneo de arvenses)

Las variables a evaluar se relacionan con la producción y peso de mazorcas, y las características químicas del suelo (pH, N, MO), cantidad de nitrógeno en las plantas de cacao NH₄, % N total). El análisis de varianza se detalla en la tabla 1.

Tabla No. 1
Análisis de varianza

Fuente de variación	Grado de libertad
Tratamientos (t - 1)	5
Repeticiones (r - 1)	3
EE	15
Total	23

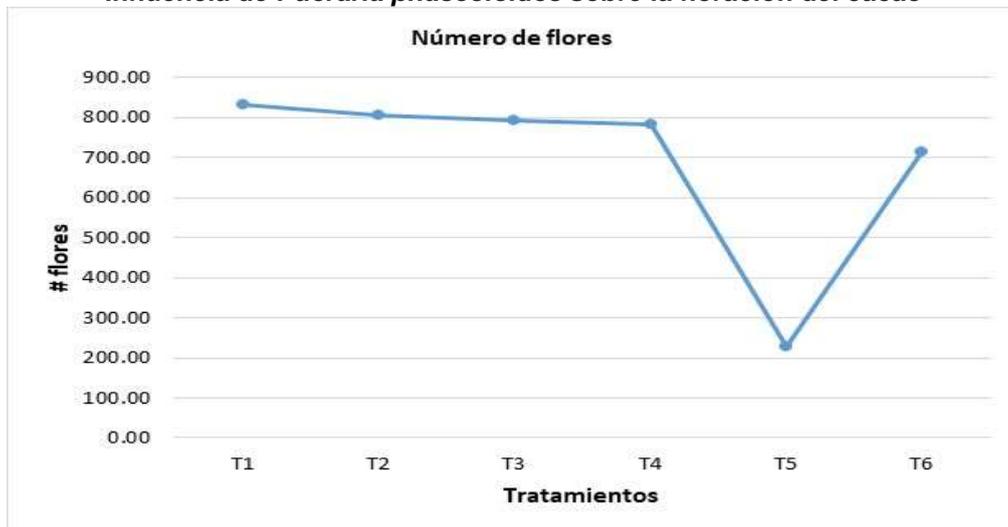
Para el análisis de los resultados se utilizaron herramientas de estadística descriptiva (Pedroza & Dicovskyi, 2007) y (Anderson, 2008). La comparación analítica de relación existente entre las variables y los resultados permitió estructurar el marco teórico para construir la discusión.

3. RESULTADOS

3.1 Floración del cacao

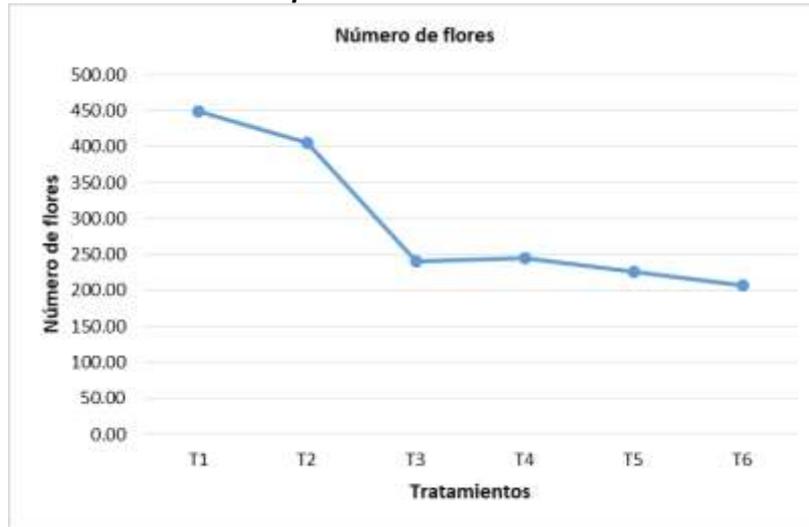
Pudo notarse mediante observación directa que la influencia del kudzú estimula la floración en las plantas de cacao. Según el gráfico 1, en los tratamientos con presencia de kudzú es mayor la cantidad de flores (T1 con promedio de 831.50/planta, T2 con 806.25/planta, T3 con 792.50/planta y T4 con 783.74/planta) con respecto al testigo absoluto (T6 = 714.75/planta). Esta cantidad en la floración es mucho mayor en comparación con el testigo químico (T5 = 229.50/planta), en el cual decrece visiblemente la cantidad de flores. La razón para este fenómeno se debe a que en el T5 se controlan las malezas con glifosato, y este componente inmoviliza los nutrientes en el suelo, especialmente potasio y fósforo que son necesarios para estimular el proceso de floración (Sanclemente, 2009).

Gráfico 1.
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre la floración del cacao



En el gráfico 2 es notorio que el número de flores en cacao siempre experimente una tendencia de incremento debido a la influencia del kudzú, transcurrido un lapso de 3 meses. Se evaluó por segunda vez la floración ya que el cacao aborta flores y fue preciso establecer las diferencias entre un periodo inicial de floración y una etapa posterior para determinar la influencia del kudzú sobre este aspecto del cultivo. En los tratamientos bajo influencia de la leguminosa se presenta mayor índice de floración (T1 = 449.5 flores/planta, T2 = 406.0 flores/planta, T3 = 249.0 flores/planta y T4 = 225.5 flores/planta). En condiciones sin influencia del kudzú, las plantas de cacao evidencian un menor índice de floración ya que se contabilizó 225.5 flores/planta en el testigo químico (T5), y mumenos cantidad de flores en el testigo absoluto (T6 = 206.75 flores/planta).

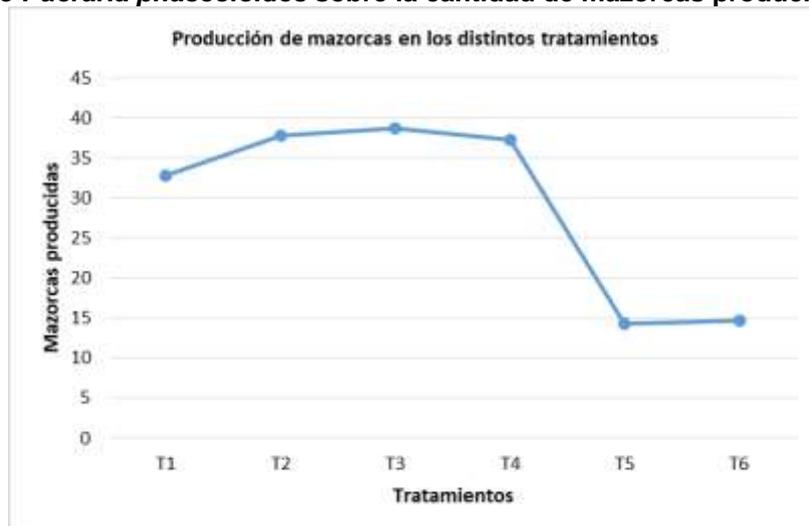
Gráfico 2.
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre la floración del cacao



3.2 Producción y peso de mazorcas

La cantidad de mazorcas en el cacao con influencia del kudzú es superior con respecto a los testigos del ensayo. En el T1 se contabilizaron 32.75 mazorcas/planta, en el T2 37.75 mazorcas/planta, en el T3 38.75 mazorcas/planta y T4 con 37.25 mazorcas/planta. Por el contrario, los testigos disminuyen notablemente la cantidad de mazorcas observadas (T5 = 14.25 mazorcas/planta y T6 = 14.75 mazorcas/planta). La cosecha depende de las adecuadas prácticas culturales, las mismas que estimulan la fructificación en una plantación, y cuando a más de ello se recurre a la utilización de coberturas vegetales, la productividad es mayor (Angola, Zonta, & Gongalvez, 2015). De los resultados obtenidos se concuerda con estos autores, debido a que los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos con presencia de kudzú (gráfico 3).

Gráfico 3.
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre la cantidad de mazorcas producidas en cacao



Las coberturas de leguminosas favorecen un mejor desarrollo de la planta en todos sus aspectos (Espínola, 2016). Al contribuir las coberturas con la preservación del balance y la

biodiversidad, aumenta la cosecha (Sancho & Cervantes, 1997). Esto pudo ser corroborado en este ensayo, ya que la cantidad de mazorcas sanas observadas en el cacao con influencia del kudzú superó a los testigos, tanto químico como absoluto.

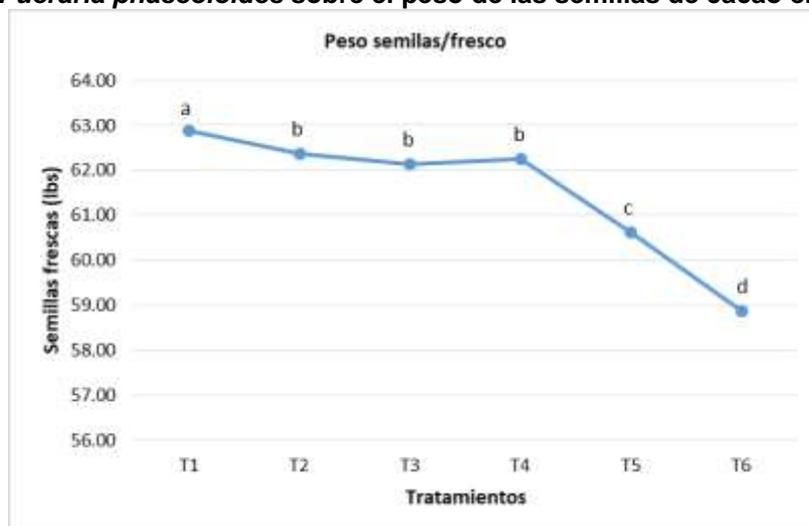
La influencia del kudzú también se manifestó en el peso de las mazorcas. Para evaluar esto, se tomó un peso referencial de 100 mazorcas para cada tratamiento. Los resultados obtenidos indicaron que con la influencia del kudzú las mazorcas alcanzaron un peso entre 80 a 83 kg, mientras que en los testigos estuvo entre 72 y 74 kg (gráfico 4).

Gráfico 4.
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre el peso de las mazorcas de cacao



El peso de las semillas de cacao en estado fresco (gráfico 5) también experimentó un aumento con respecto a las semillas de los tratamientos testigo. Bajo la influencia del kudzú se obtuvo un peso de mazorcas entre 62 a 63 libras en estado fresco, al tomar un total de 100 frutos. Al ser pesadas las semillas de las mazorcas en los tratamientos sin influencia de la cobertura, resultó que aquí el peso estuvo comprendido entre 59 a 60,6 libras en las 100 mazorcas evaluadas.

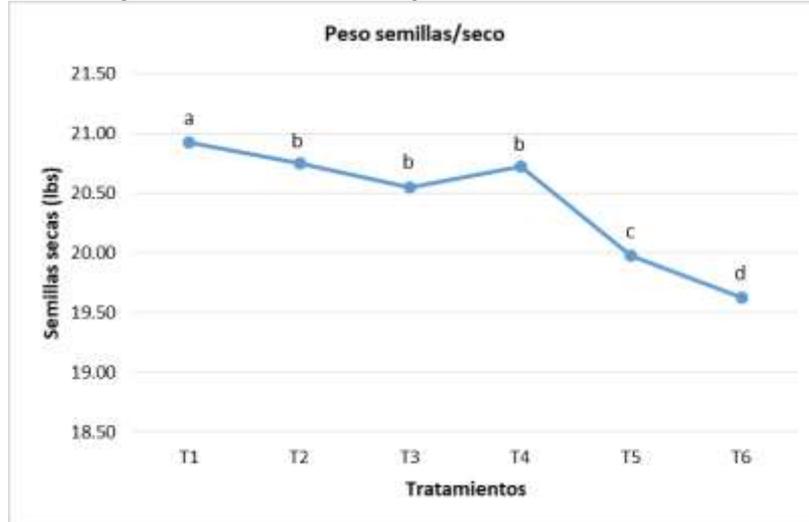
Gráfico 5.
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre el peso de las semillas de cacao en estado fresco



Al proceder a secar las mismas semillas pesadas, la tendencia de mayor peso en las semillas con influencia de la cobertura se mantuvo sobre aquellas que no tenían influencia del kudzú. El peso seco en libras de las semillas bajo influencia del kudzú estuvo entre 20,5 a 21 libras, mientras que el peso en los testigos fue de 19,50 a 20 libras (gráfico 6).

Gráfico 6.

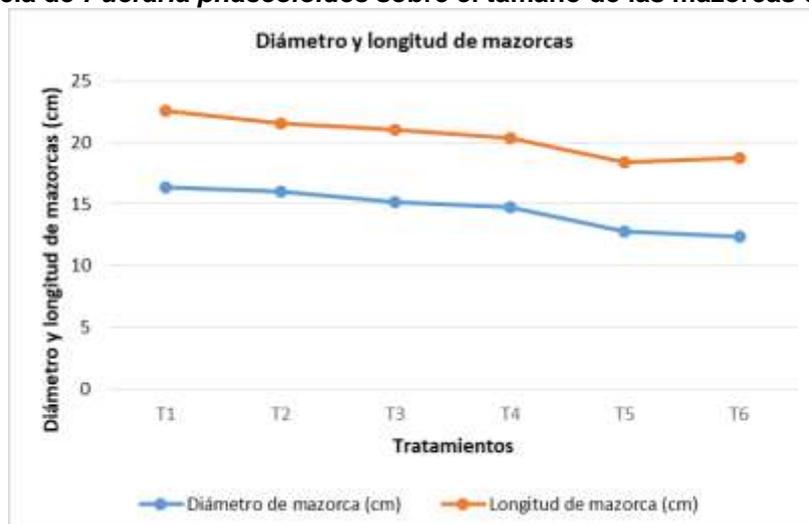
Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre el peso de las semillas de cacao en estado seco



En varios muestreos realizados siempre se mantiene la tendencia de mayor peso en las semillas, tanto en estado fresco como seco, para los tratamientos con influencia de kudzú. De los datos observados se evidencia que el tamaño de las mazorcas (longitud y diámetro en cm) también aumenta por influencia del kudzú, ya que las mazorcas de las plantas con cobertura son ligeramente más grandes que aquellas de los árboles testigos. Esto es un indicador de que la asociación del cultivo con la cobertura permite alcanzar un balance en el hábitat del cultivo, lo cual se refleja en los indicadores de cosecha, incluyendo el tamaño de los frutos (Sancho & Cervantes, 1997). En términos generales, puede decirse que hay una diferencia de 3 - 4 cm entre las mazorcas, tanto en el largo como en el ancho, favorable para las plantas con influencia de la cobertura (gráfico 7).

Gráfico 7.

Influencia de *Pueraria phaseoloides* sobre el tamaño de las mazorcas de cacao



3.3 Relación beneficio - costo (RBC)

Como se observa en la tabla 2, la mejor relación beneficio - costo expresada en kg/ha/año la obtuvo el tratamiento 4 (distanciamiento de 1,50 m x 1,50 m y 4.444 plantas/ha) con un valor RBC = 2,9 que significa que por cada dólar de inversión se reciben 2,9 dólares de utilidad.

Tabla No. 2
Relación beneficio - costo expresado en kg/ha/año

Componentes	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Costos variables (Costos de los tratamientos)	1180,0	625,0	430,0	291,0	200,0	360,0
Costo de producción sin tratamientos	820,0	820,0	820,0	820,0	820,0	820,0
Costo total	2000,0	1445,0	1250,0	1111,0	1020,0	1180,0
Rendimiento medio ajustado (kg/ha)	2112,9	2435,5	2500,0	2403,2	919,3	951,6
precio por Kg	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Beneficio total	3803,2	4383,8	4500,0	4325,8	1654,8	1712,9
Beneficio neto	1803,2	2938,8	3250,0	3214,8	634,8	532,9
Relación Beneficio/Costo	0,9	2,0	2,6	2,9	0,6	0,5

3.4 Características químicas del suelo

La introducción de toda cobertura vegetal constituye una alternativa eficaz para mejorar sustancialmente las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo (Pipai, 2014). Su utilización tiene un efecto de disminución de la acidez del suelo (Novara, Gristina, Saladino, Santoro, & Cerda, 2011). Sin embargo, en este ensayo el pH del suelo no experimentó variación con o sin la presencia del kudzú ya que los rangos quedan establecidos entre 6,9 a 7,1 indicando con ello una neutralidad persistente en el suelo.

Las coberturas leguminosas reducen el N atmosférico a formas asimilables para las plantas, como el amonio (NH₄), siendo este el principal nutriente (Ovalle, Del Pozo, Lavin, & Hirzel, 2007). La asimilación de este nutriente se evidenció en los resultados obtenidos de N edáfico, pues el contenido fue bajo (7 a 14 ug/ml) en tratamientos con kudzú y los testigos. Sin embargo, es de resaltar que las plantas con tratamiento de kudzú obtuvieron mayores rendimientos, asumiéndose que el N fue absorbido por la planta y trasladado hacia la fructificación. El N presente en el suelo para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas, encontrándose en formas de nitrato (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺) y nitrito, NO₂⁻ (Perdomo & Barzabán, 2000), por lo cual se estima que este

elemento está presente en la biomasa debido a su movilidad por acción de la leguminosa y ello sería la explicación de su bajo contenido edáfico (Vera, Romanya, Garcés, Sabando, & LiuBa, 2011).

La cantidad de macronutrientes (P, K, Ca y Mg) se expresa en términos de contenidos medio alto. P = 17 - 19 ug/ml (M) y 21 - 23 ug/ml (A), K = 102 - 146 ug/ml (A) y 171 - 179 ug/ml (A), Ca = 3675 - 4000 ug/ml (A), y Mg = 830 - 1040 (A). Sin embargo, la situación con el azufre se presenta en cantidades medias a bajas, ya que S = 11 - 14 ug/ml (A) y 7 - 10 ug/ml (B), posiblemente por extracción vegetal o antagonismos por la presencia de P (Summers, 2000). Para la determinación de estos valores se tomó como referencia la interpretación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para los análisis de suelo (tabla 3).

Tabla No. 3
Niveles de referencia óptimos de los distintos nutrientes en el suelo (ug/ml)

Elementos	Rango	Resultados obtenidos*
NH4	20 - 40	7 - 14 (B)
P	10 - 20	17 - 19 (M)
K	78 - 156	102 - 146 (A)
Ca	800 - 1600	3675 - 4000 (A)
Mg	121,5 - 243	830 - 1040 (A)
S	10 - 20	11 - 14 (A)
B	0,5 - 1,0	7 - 10 (A)

* B = bajo; M = medio; A = Alto

Fuente: (Acosta, 2018), adaptada por los autores

Los datos obtenidos de materia orgánica expresan contenidos bajos de la misma en el suelo (2,51 - 3 %), exceptuando el T4 donde el contenido es medio (3,69). La presencia de coberturas vegetales favorece el desarrollo de microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica (Aguilera, Pino, Reyes, & Caiozzi, 1992), lo que explicaría el contenido de P fijado en el suelo como también de los micronutrientes.

La fijación de nitrógeno y el posterior retorno de este elemento al suelo, se puede ver fácilmente en los contenidos de nitrógeno foliares de los cultivos asociados a las leguminosas (Flower, Cordingley, Warda, & Weeks, 2012), es decir, el uso de coberturas leguminosas incrementa el contenido foliar de nitrógeno (Franke, Laberge, Oyewole, & Schulz, 2008). En ensayos con *Pueraria phaseoloides* se ha obtenido 2,84 % de nitrógeno en palma africana después de 18 meses de establecimiento de leguminosas. No obstante, los resultados obtenidos en cacao dan valores de nitrógeno foliar en el tratamiento 2 con 1,9%, mientras que en los tratamientos 1, 3 y 4 el valor del nitrógeno foliar fue de 1,8 después de 30 meses de cobertura. Sin embargo, y de acuerdo con la productividad de los tratamientos, es de resaltar que el contenido de nitrógeno se expresó en la fructificación aunque su valor era bajo en el área foliar. En ensayos con leguminosas para el cultivo de banano comparadas con el cultivo sin cobertura, se han encontrado valores significativos de mayor incremento en la productividad con *Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoi*, *Macroptilium atropurpureum* (Espindola, Guilherme, Almeida, Grandi, & Urquiaga, 2006). Ante lo expresado por

estos autores, se concuerda debido a que las coberturas leguminosas son rentables cuando estas producen incrementos en los rendimientos de cultivos subsiguientes y que no lo son cuando se usan como única fuente de N (Chi Lu, Watkins, Teasdale, & Abdul-Ars, 2000).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La influencia del kudzú tropical mejora el desarrollo fenológico de las plantas de cacao, favoreciendo los indicadores de producción. El peso referencial de 100 mazorcas con influencia de kudzú alcanza 80 a 83 kg, mientras que en los testigos está entre 72 y 74 kg. En cuanto al mejor rendimiento expresado en kg/ha lo obtuvo el tratamiento 3 con 2500 kg/ha/año, seguido del tratamiento 4 con 2403,2 kg/ha/año; los valores más bajos se obtuvieron el testigo absoluto con 951,6 kg/ha/año y el testigo químico con 919,3 kg/ha/año.

La cantidad de mazorcas observadas en el cacao con influencia del kudzú está en 35 frutos sanos/planta, lo cual supera a los testigos, tanto químico como absoluto, que llegan a 14 frutos sanos/planta.

El kudzú no influye en el pH del suelo, ya que los valores obtenidos están entre 6,9 a 7,1 indicando neutralidad persistente. El nitrógeno edáfico en forma de amonio (NH₄) es bajo (7 a 14 ug/ml) en tratamientos y testigos, mientras que el nitrato (NO₃) es menor (23 - 25 ug/ml) comparado con el testigo absoluto (30 ug/ml). El contenido de materia orgánica en el suelo es bajo (2,51 - 3 %) por la degradación que ejerce la densidad del kudzú, exceptuando el tratamiento 4, con menor densidad, donde el contenido es medio (3,69 %).

4.2 Recomendaciones

Es recomendable practicar labor de poda en el cacao antes del inicio de la época lluviosa. De esta manera se salvaguarda la producción de más mazorcas sanas y además el ingreso de luz favorece el desarrollo del kudzú previo al inicio de las lluvias, resistiendo mejor el exceso de humedad.

Se recomienda el kudzú como cobertura vegetal a una densidad de siembra de 1,50 m x 1,50 m (4.444 plantas/ha), ya que permite obtener un buen rendimiento y una mayor rentabilidad en el cultivo de cacao.

El uso de tijeras de podar al momento del corte de las guías del kudzú se recomienda para que las plantas no se estropeen y desenredar las guías evita que la cobertura trepe por las ramas del cacao. Con esto se consigue retrasar la floración del kudzú y permitir que la planta continúe con su función fisiológica de fijar nitrógeno en el suelo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D. (2018). Informe de análisis de suelo. Boliche, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Litoral Sur.
- Aguilera, M., Pino, I., Reyes, C., & Caiozzi, M. (1992). Efecto de la materia orgánica en la disponibilidad de fósforo, hierro, cobre y cinc en el suelo. *Revista Agricultura Técnica*, ISSN 0365-2807, 52(4).
- Anderson, D. (2008). *Estadística para administración y economía*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Angola, F., Zonta, A., & Gongalvez, A. (2015). Factores limitantes en la producción de Cupuazú *Theobroma grandiflorum* (Wild ex. Spreng) Schum, en sistemas agroforestales, amazonía Boliviana. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, 1(5), 38-44.
- Botero, R., & Russo, R. (2000). Utilización de arboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. San José de Costa Rica: *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Obtenido de <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Botero8.htm>
- Chi Lu, Y., Watkins, B., Teasdale, J., & Abdul-Ars, A. (2000). Cover crops in sustainable food production. *Food Reviews International*, 16(2), 121-157.
- De Los Ángeles, A. (2013). Evaluación de crecimiento inicial en tres especies del género *Inga* en sistema agroforestal. Lima, Perú: Universidad Politécnica de Valencia.
- De Pereira-Netto, A., De Magalhães, N., & Pinto, S. (1999). Effects of soil water depletion on the water relations in tropical kudzu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. ISSN 0100-204X. On-line ISSN 1678-3921, 34(7), 151-157.
- Espindola, J., Guilherme, J., Almeida, D., Grandi, M., & Urquiaga, S. (2006). Descomposicao e liberacao de nutrientes acumulados en leguminosas herbáceas perennnes consorciadas com bananeira. *Brasileira Ciecna do Solo*, 30(2), 321-328.
- Espínola, V. (2016). Escoba de bruja del cacao: *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y Phillips-Mora. México, D.F.: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria - Dirección General de Sanidad Vegetal. Área: Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Código EPPO: CRNPPE.
- Fageira, N., & Baligar, V. (2015). Evaluation of tropical legume cover crops for copper use efficiency. *American Journal of Plant Sciences*. ISSN 2158-2742. On-line 2158-2750, 5, 1236-1247.
- FAO. (2014). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas*. ISBN 92-5-305077-2. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0w.htm>
- Flower, K., Cordingley, N., Warda, P., & Weeks, C. (2012). Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*. ISSN: 0378-4290, 132, 63-75.
- Franke, A., Laberge, G., Oyewole, B., & Schulz, S. (2008). A comparison between legume technologies and fallow, and their effects on maize and soil traits, in two distinct environments of the West African savannah. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. ISSN: 1385-1314; Online ISSN: 1573-0867, 82, 117-135.
- Henle, K., Alard, D., Clitherow, J., Cobb, P., Firbank, L., Kull, T., & Young, J. (2008). Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe—a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. ISSN: 0167-8809, 124, 60–71.
- Hickman, J., Wu, S., Mickley, L., & Lerdauc, M. (2010). Kudzu (*Pueraria montana*) invasion doubles emissions of nitric oxide and increases ozone pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. ISSN: 0027-8424, 107(22), 10115–10119.
- Leng, R. (2008). *Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales*. Cali, Colombia: Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).

- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S., Santoro, A., & Cerda, A. (2011). Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil & Tillage Research*. ISSN: 0167-1987, 117, 140-147.
- Ovalle, C., Del Pozo, A., Lavin, A., & Hirzel, J. (2007). Cover crops in vineyards: performance of annual forage legume mixtures and effects on soil fertility. *Chilean Journal of Agricultural Research*. ISSN 0718-5839, 67, 384-392.
- Pedroza, H., & Dicovalskyi, L. (2007). Sistema de análisis estadístico con SPSS. Managua, Nicaragua: IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura).
- Penold, C., & Collins, C. (2012). Cover crops and weed suppression. Adelaide, Australia: The University of Adelaide. Fac Tsheet. Obtenido de <http://www.mvwi.com.au/items/473/2012-06-FS-Cover-Crops-Weed-Suppression.pdf>
- Perdomo, C., & Barzabán, M. (2000). Nitrógeno. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.
- Pipai, R. (2014). Biological nitrogen fixation by cover legumes under oil palm plantations in Papua New Guinea. Adelaide, Australia: The University of Adelaide, Faculty of Sciences, School of Agriculture, Food and Wine.
- Prober, S., & Smith, F. (2009). Enhancing biodiversity persistence in intensively used agricultural landscapes: A synthesis of 30 years of research in the western Australian wheatbelt. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. ISSN: 0167-8809, 132, 173–191.
- Sancho, F., & Cervantes, C. (1997). El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. ISSN 0377-9424, 21(1), 111-120.
- Subba, N., & Rodríguez, C. (2003). La simbiosis de árboles fijadores de nitrógeno. Nueva Delhi, India: Oxford e IBH Publishing Co.
- Summers, P. (2000). Importancia del Magnesio y el Azufre en una fertilización equilibrada. Buenos Aires: Trader Argentina.
- Teasdale, J. (2003). Principles and practices of using cover crops in weed management systems. Chapter 3 in Labrada R (ed), *Weed Management for Developing Countries*, Addendum 1. ISBN 92-5-105019-8. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/y5031e/y5031e0d.htm>
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practice. *Nature*. PMID: 12167873, 418, 671–677.
- Toomsaw, B., Cadisch, M., Srichantawong, M., Thongsodsang, C., Giller, K., & Limpinuntann, V. (2010). Biological N₂ fixation and residual N benefit of pre-rice leguminous crops and green manures. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. ISSN 1573-5214, 48(1), 19-29.
- Vera, D., Romanya, J., Garcés, F., Sabando, F., & LiuBa, G. (2011). Disponibilidad de nitrógeno en cultivos herbáceos extensivos ecológicos y convencionales. Mocache, Los Ríos, Ecuador: Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Departamento de Productos Naturales, Biología Vegetal y Edafología. Universidad de Barcelona.