

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE *Clitoria ternatea* CON LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES BIOLÓGICOS

Espinoza-Coronel, A. L.¹; Franco Ochoa, D. A.¹; Fajardo Espinoza, P. G.²; Real Goya, G. E.¹⁻³; Pincay-Ganchozo, R. A.⁴

¹Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia. Coordinación de vinculación, Dir. Parroquia San Cristóbal Km 3.5 vía Valencia sector el Pital uno. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

²Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Av. Dr. Jacobo Bucaram O y Emilio Mogner. Milagro, Guayas, Ecuador.

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Unidad de admisión y Nivelación. Dir. Km 1.5 vía Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

⁴Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Dir. Av. Los Almendros y Pujilí. La Maná, Cotopaxi, Ecuador.

consultar_ar@yahoo.es

RESUMEN

En el presente estudio se planteó como objetivo evaluar el crecimiento y rendimiento de *Clitoria ternatea* con la aplicación de fertilizantes biológicos. Se realizaron dos experimentos en el campo experimental "La Playita" de la Universidad Técnica del Cotopaxi extensión La Maná, Cotopaxi, Ecuador, ubicada geográficamente a Latitud S0° 56' 27" y Longitud W 79° 13' 25". A una altura de 179 msnm. En el primer experimento los tratamientos estuvieron constituido por un tratamiento testigo y tres dosis de biol que fueron 10, 15 y 20 cc por litro de agua, donde se evaluaron características agroproductivas; número de flores, número de vainas frescas y secas, semillas por vainas, peso de vainas y 100 semillas por tratamiento. El segundo consistió en evaluar tres bioinsumos comerciales; lixilom®, biol y ecorrizas®. Las variables bajo estudio fueron; altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), producción de forraje (g/planta), composición mineral del follaje y microbiológica del suelo. Los resultados obtenidos en las dosis de biol, indican que la aplicación de 15cc por litro de agua beneficia las características agro-productivas de *Clitoria ternatea*. En lo que fue el estudio de los bioinsumos la aplicación del tratamiento ecorrizha generó la mayor biomasa del forraje en relación a la aplicación del tratamiento lixilom que se obtuvo la mayor altura de planta y concentración de minerales en las hojas. El análisis microbiológico reflejo la mayor población para bacterias en comparación a la de hongos.

Palabras clave: Biofertilizantes, dosis, agro-productividad, microorganismos.

INTRODUCCIÓN

La alimentación animal en los trópicos se basa en el uso de gramíneas forrajeras (Alonso, 2011). Sin embargo, esta fuente alimenticia en las regiones tropicales no cumple las exigencias requerida por los animales como es la alta calidad proteica en proporciones suficientes, esta problemática llega a aumentar en la época más crítica del año (Zamora-Olivo *et al.*, 2013). Para incrementar la productividad de las gramíneas tropicales se aplican tecnologías agroquímicas como pesticidas y fertilizantes sintéticos. No obstante, se han convertido en problemas ecológicos; principales causantes del deterioro de los recursos naturales, generadores del calentamiento global por el uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados, que emiten grandes cantidades de óxido

nitroso (N₂O) a la atmósfera (González-Estrada y Camacho, 2017).

En contexto, hay otras especies forrajeras como las leguminosas que llegan a suplir las exigencias nutritivas de los animales, pero su potencial productivo en los trópicos ecuatorianos no se encuentra tan documentada. En este sentido, actualmente hay gran interés de productores, técnicos e investigadores en evaluar los sistemas de producción agropecuarios con la aplicación de biotecnologías o tecnologías ecológicas, como son los fertilizantes biológicos o también llamados bioinsumos agrícolas. Al respecto, la aplicación de bioinsumos; aumenta la absorción de nutrientes en la rizósfera, producen sustancias promotoras de crecimiento para las plantas, beneficia la estabilidad del suelo y favorece sinergias microbianas (Díaz *et al.*, 2016). Según Oguis *et al.* (2019) *Clitoria ternatea* L. es una leguminosa tropical multipropósito de interés medicinal,

agroecológico y alimentario, Sin embargo, en las zonas tropicales de Ecuador se desconoce su potencial agroproductivo con la aplicación de insumos naturales. Por tanto, en el presente estudio se planteó como objetivo evaluar el crecimiento y rendimiento de *Clitoria ternatea* con la aplicación de fertilizantes biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

Se realizaron dos experimentos en el campo experimental "La Playita" perteneciente a la Universidad

Técnica del Cotopaxi extensión La Maná, Cotopaxi, Ecuador, ubicado geográficamente a Latitud S0° 56' 27" y Longitud W 79° 13' 25". A una altura de 179 msnm. El clima de la localidad es subtropical húmedo con precipitación y temperatura promedio anual de 3.270,4 mm y 25,3 °C, respectivamente. Los experimentos se realizaron entre los meses de enero a mayo, y julio a noviembre del 2019, respectivamente para el experimento 1 y 2. En la **figura 1** se muestra la temperatura media y la precipitación mensual, registradas durante el periodo que se llevaron a cabo los ensayos.

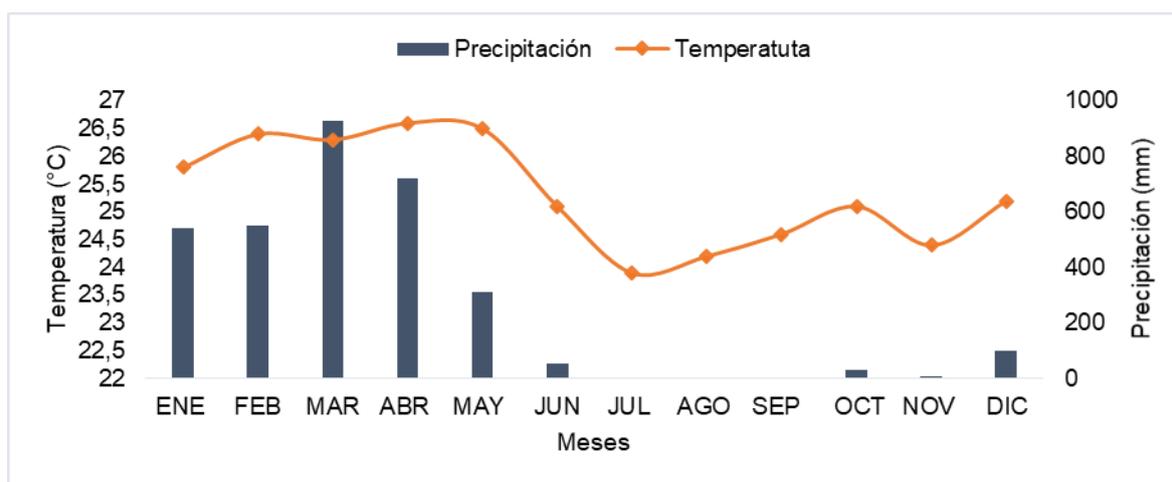


Figura 1. Temperatura media y precipitación mensual durante el periodo que se llevaron a cabo los experimentos en La Maná, Cotopaxi, Ecuador. Fuente: INAMHI (2019)

Manejo experimento 1

Para dar inicio al ensayo se procedió a realizar un muestreo de suelo aplicando el método de Schweitzer (2011); el cual consistió en extraer submuestras de 1.00 kg en forma de zigzag a una profundidad de 20 cm, para luego ser homogenizadas y enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Tejidos Vegetales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP-Pichilingue), con el objetivo de conocer las características físicas y químicas del suelo (**tabla 1**), utilizando las metodologías que se detallan más adelante. Continuamente se procedió a recolectar sustrato común del área experimental para llenar fundas de polietileno de 12 x 15 cm, al 100 % de su capacidad. Los métodos que se utilizaron para conocer las características físicas y químicas del suelo fueron: materia orgánica (%) que se determinó usando el método de Walkley y Black. Para determinar la cantidad de macro y micronutrientes se empleó la técnica de Olsen Modificado. El pH se calculó por el método electroquímico. La textura del suelo se determinó empleando el método mecánico.

Tabla 1. Análisis de Suelo

Parámetros	Unidades	Valores	Interpretación
pH		5,40	Acido
M.O	%	4,50	Medio
NH4	ppm	9,00	Bajo
P ppm	ppm	7,00	Bajo
K	meq/100ml	0,13	Bajo
Ca	meq/100ml	3,00	Bajo
Mg	meq/100ml	1,30	Medio
S	ppm	17,00	Medio
Zn	ppm	1,60	Bajo
Cu	ppm	5,50	Alto
Fe	ppm	219,00	
Mn	ppm	2,80	Bajo
B	ppm	0,23	Bajo
Ca/Mg		2,30	
Mg/K		10,00	
Ca+Mg/K		33,08	
Textura	%	49,00	
Arena	%	44,00	
Limo	%	7,00	
Arcilla			
Clase textural			Franco-Arenoso

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-Pichilingue (2019)

El material vegetal se obtuvo de semillas de *Clitoria ternatea* las cuales se almacenan dentro del banco de germoplasma, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná. En la **tabla 2** se observa la calidad de la semilla, la cual se la analizó por el método propuesto por AOAC (1990). Las semillas se sembraron en época seca, específicamente en el mes de julio, en bandejas de poliestireno con 150 alvéolos, llenadas con sustrato común del centro experimental, se colocó una semilla por cada cavidad. A los 30 días después de la siembra se hizo el trasplante de las plántulas con dos a tres hojas verdaderas, a las fundas de polietileno. En cada funda se colocó una plántula. Se realizó control de plantas indeseables (malezas), de forma manual. El riego se lo efectuó según las condiciones agroambientales.

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) tomando cuatro tratamientos por cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en un testigo y la aplicación de biol de manera foliar a 10, 15 y 20 cc por litro de agua. Las dosis se aplicaron a los 15 días del trasplante hasta antes del último muestreo. El biol que se utilizó, contenía: (39,7; 82,6; 3360; 680; 241; 1050; 144; 1589; 81,5; 0,63; 1,5; 3,3 y 7,1 mg L⁻¹ de (N; P; K; Ca; Mg; S; Na; Cl; Fe; Mn; Zn; B y Cu, respectivamente). Se asignaron edades de cosecha; 60, 75, 90, 105, 120, 135 y 150 días. Las variables que se evaluaron fueron; número de flores, número de vainas frescas y secas, semillas por vainas, peso de vainas y 100 semillas por tratamiento, reportadas en gramos (g). Para la diferencia entre las medias de cada una de las variables se empleó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de probabilidad. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, 2011).

Tabla 2. Calidad de semillas de *Clitoria ternatea*

Parámetros	Base	
	Húmeda	Seca
Humedad (%)	7,69	---
Materia Seca (%)	---	92,31
Proteína (%)	37,67	40,81
Ext. Etéreo (grasa %)	6,20	6,72
Ceniza (%)	3,13	3,39
Fibra (%)	19,48	21,1
E.L.N.N otros (%)	25,83	27,98

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario- AGROLAB (2019)

Manejo experimento 2

En el presente experimento se utilizó la misma metodología utilizada sobre el experimento uno, respectivamente para el muestreo y análisis del suelo (**tabla 3**), llenado de las fundas, siembra de las semillas,

trasplante, labores culturales y diseño experimental DCA. Empleando tres tratamientos por cinco repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por tres bioinsumos comerciales; lixilom[®], pumamaqui[®] (biol) y ecorhizas[®].

Tabla 3. Análisis de suelo

Descripción	Unidades	Valores	Interpretación
pH		5,70	Acido
Materia orgánica	%	4,20	Medio
NH4	ppm	24,00	Medio
P	ppm	25,00	Alto
K	meq/100m	0,26	Medio
Ca	l	8,00	Medio
Mg	meq/100m	1,60	Medio
S	l	15,00	Medio
Zn	meq/100m	3,00	Medio
Cu	l	9,90	Alto
Fe	ppm	320,00	Alto
Mn	ppm	7,10	Medio
B	ppm	0,24	Bajo
Ca/Mg	ppm	5,00	
Mg/K	ppm	6,15	
Ca+Mg/K	ppm	36,92	
TEXTURA			
Arena		60,00	
Limo		32,00	
Arcilla		8,00	
Clase	%		
Textural	%		Franco-Arenoso
	%		

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-Pichilingue (2019)

Lixilom[®] que contenía 2 % de *Trichoderma harzianum*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus subtilis*. (12, 2, 4 y 12 %) de (ácido orgánico, aminoácido, fitohormonas y ácido húmicos, respectivamente). 3,52 % de N, 10,0 % de P₂O₅, 1,8 % de CaO, 2 % de K₂O, 5 % de Mg, 0,5 % de Mn, 2 % de B, 5 % de Zn y 0,5 % de Cu. El biol contenía 1,0% p/v de N, P₂O₅, K₂O y 25 % p/v de materia orgánica. Mientras que, el tratamiento ecorhizas[®] contenía endomicorrizas de 100 a 120 (UFC/g). Aplicados al momento del trasplante. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, producción de forraje, población microbiológica del suelo y composición mineral del follaje, para esta última variable se enviaron muestras del follaje al laboratorio en donde se realizaron los análisis físicos y químicos del suelo. La altura de planta (cm) se la midió cada siete días después del trasplante con la ayuda de una cinta métrica. También el diámetro del tallo (cm) con un calibrador. En lo que fue la producción de forraje (g/planta), se recolectó cada siete días hasta el final del experimento siendo esta última etapa en la que se reportó. En esta misma etapa se

analizó la composición microbiológica, efectuada en el mismo laboratorio que se realizaron los análisis de suelo, para este diagnóstico se empleó la técnica de dilución seriada (10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5}) y vertido en caja Petri, utilizando agar papa dextrosa como medio de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

Sobre el estudio del número de flores, en la **tabla 4** se puede observar que no hay diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, el mayor promedio en todas las edades se obtuvo con el tratamiento 15cc de biol. Esto puede atribuirse que esta dosis es compatible con las plantas, donde proporciona las cantidades idóneas de minerales y aumentan su intensidad de absorción; repercutiendo favorablemente a los mecanismos de diferenciación celular durante todas las fases fenotípicas. En otras especies forrajeras tales como *Nasella* sp, aplicando diferentes dosis de biol se ha encontrado una respuesta similar (Céspedes *et al.*, 2016). Mientras que, Siura *et al.* (2009) reportaron que aumentando la dosis era mayor el efecto del biol sobre las características agroproductivas de *Phaseolus vulgaris*.

Tabla 4. Numero de flores en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
60 días	1,20 a	1,40 a	1,50 a	1,50 a
75 días	1,40 a	1,50 a	1,62 a	1,58 a
90 días	1,30 a	1,34 a	1,58 a	1,40 a
105 días	1,10 a	1,30 a	1,40 a	1,30 a
120 días	1,10 b	1,30 a	1,40 a	1,38 b
135 días	1,40 a	1,48 a	1,60 a	1,54 a
150 días	1,44 a	1,48 a	1,52 a	1,48 a

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

Respecto al número de vainas en la **tabla 5** se evidencia de igual manera que los mayores promedios recaen sobre el tratamiento 15cc de biol. Resultados que concuerdan con lo referido por Montoya *et al.* (2019), donde describieron que el efecto del biol sobre las variables reproductivas está directamente influenciada por la dosis aplicada y las características del biofertilizante. En el mismo tiempo, Khajeeyan *et al.* (2019) indicaron que la aplicación de biofertilizantes puede aumentar el contenido total de clorofila y produce un efecto positivo en las reacciones bioquímicas; como una disminución de la competencia entre la fotosíntesis y fotorrespiración (Cabello-Pasini *et al.*, 2015 y Mosquera-Sánchez *et al.*, 1999).

Tabla 5. Numero de vainas frescas en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
60 días	1,20 a	1,20 a	1,73 a	1,50 a
75 días	3,98 a	4,00 a	4,34 a	4,11 a
90 días	2,40 b	2,48 b	3,46 b	2,94 ab
105 días	4,03 a	4,19 a	4,24 a	4,24 a
120 días	4,43 a	4,45 a	4,76 a	4,73 a
135 días	2,51 c	2,51 c	3,45 a	3,08 b
150 días	3,16 b	3,22 b	3,96 a	3,50 b

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

En el peso de vainas en gramos no se encontraron diferencias significativas (**tabla 6**). Sin embargo, los mayores valores numéricos recaen en el tratamiento 15cc de biol. Estos resultados pueden deberse a que esta dosificación se ajusta a la homeostasis; conjunto de mecanismos de retroalimentación a través del cual las plantas ajustan la adquisición de diferentes nutrientes a su demanda metabólica, auto adaptativa de las plantas que da como resultado la regulación de ajuste fino de la concentración interna de nutrientes en relación con la concentración de nutrientes del medio externo (Jean-François *et al.*, 2020). Según, Bello *et al.* (2016) y Linares-Gabriel *et al.* (2017) a menor dilución de biol aplicada en forma foliar durante las diferentes fases fenotípicas es un óptimo complemento para la fertilización edáfica. Autores como Cabezas y Sánchez (2008) han indicado que la deficiencia de nutrientes primarios (NPK) puede alterar drásticamente el contenido de biomasa en los diferentes órganos vegetativos.

Tabla 6. Peso de vainas en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol, reportado en gramos (g)

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
75 días	3,30 a	3,55 a	3,74 a	3,41 a
90 días	1,96 a	2,47 a	2,68 a	2,26 a
105 días	2,28 a	2,45 a	2,57 a	2,35 a
120 días	1,48 a	2,09 a	2,17 a	1,90 a
135 días	2,35 b	3,91 a	4,01 a	2,43 b
150 días	2,28 c	3,64 b	4,60 a	2,39 c

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

En la **tabla 7** se observa que las dosis evaluadas en comparación con el testigo reflejaron el mayor número de vainas secas. Suarez *et al.* (2012) reportaron resultados superiores a los obtenidos en el presente estudio, al evaluar las características productivas de dos genotipos de *C. ternatea* con fertilización de estiércol bovino. Al respecto, en el presente estudio las plantas

estuvieron sembradas en fundas de 12 x 15 cm, y su único aporte nutritivo fue la aspersión de biol sobre el área foliar de las plantas, en comparación al estudio realizado por (Suarez *et al.*, 2012) que lo llevaron a cabo directamente en el suelo y proporcionando 1,00 kg de estiércol por planta; donde la exploración de las raíces en el área del suelo en busca de agua y nutrimentos no está limitada, además la disponibilidad de nutrientes en el suelo es alta debido a que en este recurso natural se lleva a cabo el proceso de desmineralización por la descomposición de las hojarasca y la acción de la microbiota, en relación a los minerales depositados sobre las hojas que son arrastrados por las precipitaciones (Gallardo, 2009).

Tabla 7. Número de vainas secas en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
75 días	3,58 b	3,86 ab	4,24 a	3,89 ab
90 días	2,35 a	2,59 a	2,99 a	2,82 a
105 días	2,88 a	2,93 a	3,26 a	0,15 a
120 días	1,69 a	2,30 a	2,78 a	2,72 a
135 días	2,79 a	2,86 a	2,97 a	2,91 a
150 días	4,28 b	4,37 b	5,01a	4,59 ab

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

Al igual que las variables anteriores los mayores promedios de semillas por vainas recaen en las dosis 15cc de biol (**tabla 8**). Resultados que coinciden con lo descrito por Moreira *et al.* (2017), donde describieron que las variables agro-productivas como la longitud y número de semillas por legumbres están relacionadas desde la fecundación de la flor. Para Blázquez *et al.* (2011) la inducción reproductiva de las angiospermas está influenciada por la cantidad de fotoperiodo, factor generador de la señal interna del gen *CO* el cual desencadena la expresión del gen *FT* que es el activador de la fase reproductiva. En este sentido, Medel *et al.* (2012) encontraron que la alta densidad poblacional en plantas de *Clitoria ternatea* genera competencia entre plantas vecinas por luminosidad, agua y nutrimentos repercutiendo negativamente en la producción de legumbres y número de semillas por legumbres. Al respecto, las plantas que crecen en factores de producción favorables y que se les realice buen manejo agronómico desde la siembra como durante en todas las fases vegetativas, garantiza óptimos rendimientos por unidad de superficie.

Sobre lo que fue el peso de 100 semillas por tratamiento se evidencio que, en el testigo absoluto y en los tratamientos 10 y 20cc de biol (**tabla 9**), se obtuvo un

fenómeno similar, donde fluctuaron valores de 4,00 a 8,00 g de 100 semillas por tratamiento respectivamente.

Tabla 8. Semillas por vainas en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
75 días	5,80 a	6,20 a	7,60 a	6,80 a
90 días	5,70 b	6,00 ab	7,70 a	6,00 ab
105 días	5,20 a	5,90 ab	7,40 a	6,20 ab
120 días	4,80 a	5,00 a	6,50 a	5,80 a
135 días	4,50 b	4,90 b	7,70 a	6,30 ab
150 días	5,10 b	5,40 ab	7,50 a	6,00 ab

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

Mientras que, con la aplicación de 15cc biol se obtuvo una respuesta superior recayendo valores de 6,00 a 11,00 g de 100 semillas por tratamiento, respectivamente (cuadro 6). Estos resultados se pueden atribuir a que la dosis 15cc de biofertilizante aumento la tasa fotosintética en las hojas de tal manera genero mayor síntesis y disponibilidad de metabolitos para las vainas (Zhang *et al.*, 2020); carbohidratos solubles, aminoácidos, ácidos orgánicos y proteínas (Hans-Walter y Piechulla 2011), así incrementando el peso celular de las semillas.

Tabla 9. Peso de 100 semillas en diferentes edades de madurez con la aplicación de tres dosis de biol, reportado en gramos (g)

Edad	Tratamientos			
	testigo absoluto	10cc de biol	15cc de biol	20cc de biol
75 días	5,00 ab	5,00 ab	10,00 a	6,00 ab
90 días	5,00 b	5,00 b	6,00 ab	5,00 b
105 días	5,00 b	6,00 ab	10,00 a	8,00 ab
120 días	6,00 ab	6,00 ab	11,00 a	4,00 b
135 días	5,00 ab	8,00 ab	10,00 a	6,00 ab
150 días	4,00 b	6,00 ab	9,00 a	4,00 ab

a, b, c: Medias con letras en común entre filas no son estadísticamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

Experimento 2

En el estudio de los tratamientos sobre la variable altura de planta no se encontró diferencia significativa (**figura 2**). Sin embargo, los valores más altos recaen en el tratamiento lixiom®, excepto a los 14 y 21 días donde se obtuvieron con la aplicación de biol. Estos resultados pueden atribuirse por las características del bioinsumo lixiom® que además de contener minerales tiene microorganismos promotores del crecimiento vegetal como *Trichoderma sp* y *Bacillus subtilis*, microorganismos que son solubilizadores de fosfato y percusores de la síntesis de auxinas y giberelinas (Zucareli *et al.*, 2018),

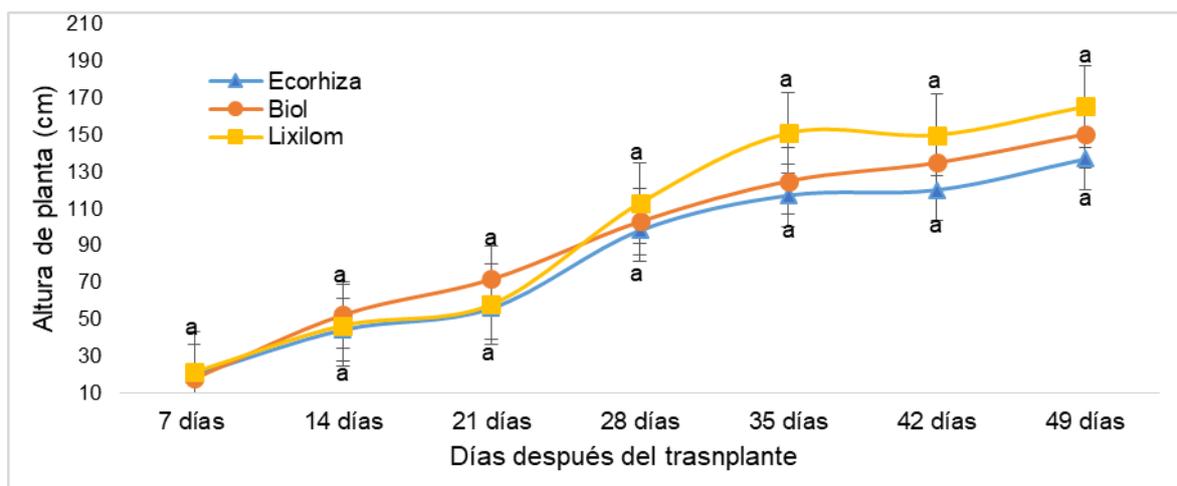


Figura 2. Efecto de insumos naturales en la altura de plantas (cm) de *Clitoria ternatea* en diferentes edades de rebrote, medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

En la variable diámetro del tallo con la aplicación de los diferentes tratamientos se obtuvo una repuesta similar, excepto a los 49 días que en el tratamiento lixilom® decae el cambium vascular (figura 3). Estos resultados se dieron a que la actividad de las peroxidasas en la edad

anteriormente mencionada se redujo, por la disminución del contenido de auxinas a un nivel bastante bajo en los tejidos vasculares o se translocaron a otras partes de la planta, lo que genero decaimiento en el crecimiento secundario (Flores *et al.*, 2009).

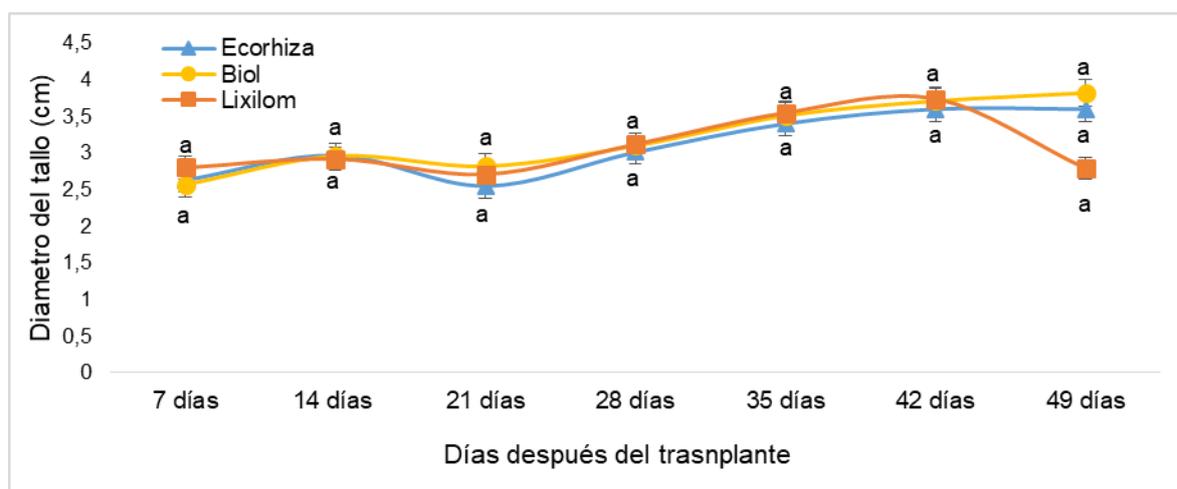


Figura 3. Efecto de insumos naturales en el diámetro del tallo (cm) de *Clitoria ternatea* en diferentes edades de rebrote, medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

Respecto a la producción de forraje, los valores más altos se obtuvieron con el tratamiento ecorhiza® (figura 4). Esto se produjo por que las endomicorrizas penetraron las células córtex de las raíces lo que les garantizó a no tener competitividad o antagonismo con otros microorganismos del suelo, así aseguraron el suministro de nutrimentos a las plantas huéspedes (Jaramillo, 2011), además poseyeron una mayor capacidad de mineralización y solubilización de fosforo, y es posible que las plantas hayan expresado algún gen transportador de fosfato (Javot *et al.*, 2007). En este sentido, Roveda y Polo (2007) indicaron que un óptimo aporte de fosforo dentro de las plantas llega a generar

una mayor síntesis de hidratos de carbonos y proteínas así repercutiendo al mayor aumento de la biomasa foliar.

La mayor concentración de minerales se encontró con la aplicación del tratamiento lixilom®, excepto en el mineral fosforo que la mayor concentración se obtuvo con la aplicación de ecorhiza® (tabla 10). Esto pudo darse por el aporte del contenido de minerales cuando se aplicó lixilom® en comparación con la aplicación de ecorhiza® que aumento el mayor contenido de fosforo por la actividad de las endomicorrizas en las plantas huéspedes.

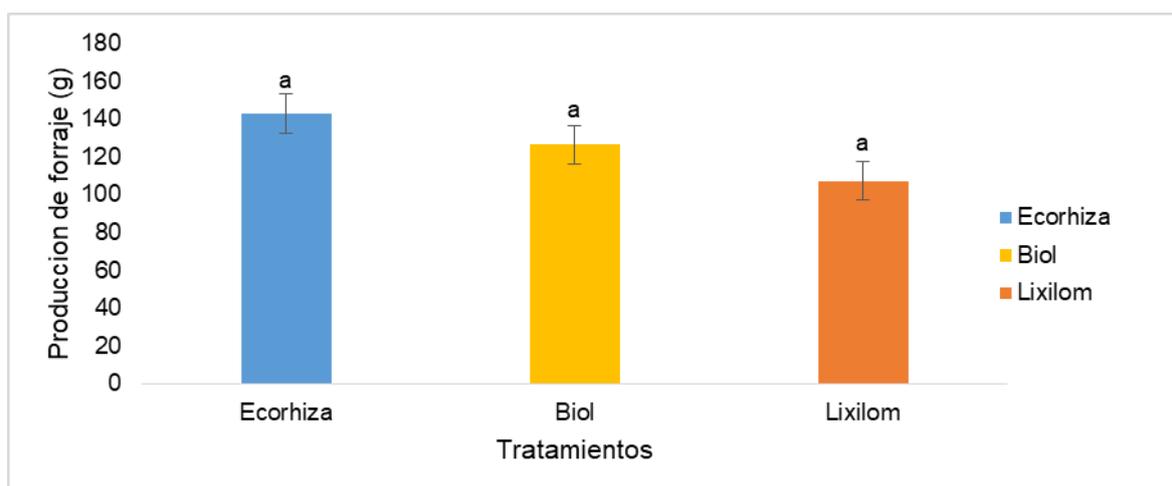


Figura 4. Efecto de insumos naturales en la producción de forraje (g/planta) en *Clitoria ternatea*, medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0,05$)

En forma general estos resultados tienen poca relación con la producción de la biomasa foliar. Resultados diferentes a los encontrados por Bakhshwain y Elfeel (2012), donde reportaron que las diferentes formulaciones de fertilizantes aplicadas aumentaron la concentración de minerales y el rendimiento de la biomasa en *C. ternatea*. En contraste, Osorio (2012) indicó que la alta concentración de un elemento puede generar desbalance nutricional en la planta. En este sentido, la concentración de calcio en el citoplasma debe mantenerse en valores muy bajos para que no se presenten problemas metabólicos; donde la baja concentración de este elemento en el citoplasma es fundamental para prevenir la precipitación de fósforo y la competencia con magnesio por sitios de vínculos para algunas enzimas claves en el metabolismo de las plantas (Quintero, 2013).

Tabla 10. Análisis de minerales en el área foliar con la aplicación de tres bioinsumos agrícolas.

Concentración %					
Tratamientos	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
Ecorhiza*	4,10	0,53	0,71	1,17	0,42
Biol	3,00	0,35	0,69	1,20	0,37
Lixilom*	4,40	0,42	0,88	1,31	0,44

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-Pichilingue (2019)

En el análisis microbiológico se evidenció que hay una mayor población de bacterias en comparación con los hongos (**tabla 11**). Este comportamiento microbiológico se le atribuye a la capacidad que tienen las bacterias en reproducirse y por la amplia gama de sustrato que utilizan como fuente de energía (Glick, 2012). Luna *et al.* (2015) encontraron un comportamiento similar al evaluar la composición microbiológica en la rizósfera de *Clitoria ternatea* y *Pueraria phaseoloides*. Según el

análisis realizado por INIAP-Pichilingue, se encontró cepas de *Trichoderma sp*, *Aspergillus sp* y *Fusarium sp*.

Tabla 11. Análisis microbiológico en la rizósfera de *Clitoria ternatea*

Microrganismos	(UFC/g)
Bacterias	73×10^4
Hongos	29×10^4

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-Pichilingue (2019)

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en las dosis de biol, indican que la aplicación de 15cc por litro de agua beneficia las características agro-productivas de *Clitoria ternatea*.

En lo que fue el estudio de los bioinsumos se obtuvo una tendencia opuesta, donde se corroboró que con la aplicación del tratamiento ecorrhiza generó la mayor biomasa del forraje en relación a la aplicación del tratamiento lixilom que se obtuvo la mayor altura de planta y concentración de minerales en las hojas. El análisis microbiológico reflejó la mayor población para bacterias en comparación a la de hongos.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(2): 107-115.
- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th Ed. Arlington, Virginia, USA. 168p.
- Bakhshwain, A., y Elfeel, A. (2012). Foliage productivity and quality of valuable medicinal plant (*Clitoria ternatea* L.) as affected by different fertilizers. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6(25): 4225-4230.
- Bello Moreira, I., Vera Delgado, H., Vera Baque, C., Macías Chila, R., Anchundia Muentes, X., y Avellán Chanca, M. (2016). Fertilización foliar con Biol en

- cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) valorando rendimiento. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR*. 0(28): 017-025.
- Blázquez, M. A., Piñero, M., y Valverde, F. (2011). Bases moleculares de la floración. *investigación y ciencia*. 416: 28-36.
- Cabello-Pasini, Alejandro, Abdala-Díaz, Roberto T, Macías-Carranza, Víctor, y Figueroa, F. L. (2015). Efecto de la irradiancia y los niveles de nitrato en la relación entre la fotosíntesis gruesa y la tasa de transporte de electrones en el pasto marino *Cymodocea nodosa*. *Ciencias marinas*. 41(2): 93-105.
- Cabezas, M., y Sánchez, C. A. (2008). Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana*. 26(2): 197-204.
- Centro de Investigaciones de Palma Aceitera CIPAL (2019). Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Céspedes, Y., Álvarez, R., Céspedes, R., y Martínez, Z. (2016). Efecto del corte y niveles de fertilización de Biol en el rendimiento de materia seca y producción de semilla del pasto blando (*Nasella* sp) con riego complementario en la estación experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 3(1): 48-54.
- Díaz Franco, A., Alvarado Carrillo, M., Alejandro Allende, F., y Ortiz Cháirez, F. E. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 32(4): 445-453.
- Flores Ortiz, C. M., Cabañas-Cabrera, A., Peñalosa Castro, I., Quintanar Zúñiga, R. E., Vázquez Medrano, J., y Urzúa Meza, M. A. (2009). Auxinas endógenas, AIA-oxidasa y enraizamiento en *Vigna radiola* L. Wilczek inducido por auxina exógena libre y conjugada. *Revista fitotecnia mexicana*. 32(1): 61-66.
- Gallardo, A. (2009). Nutrient cycling and soil processes in terrestrial ecosystems: specific nature of Mediterranean ecosystem and its implications for the soil-plant relationship. *Ecosistemas*. 18(2): 4-19.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*: 1-15.
- González-Estrada, A y Camacho Amador, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 8(8): 1733-1745.
- Hans-Walter, H., y Piechulla, B. (2011). Nitrate assimilation is essential for the synthesis of organic matter. *Plant Biochemistry*. 273–305.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2019). Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas. Estación Experimental Pichilingue. Mocache, Los Ríos, Ecuador.
- Instituto Nacional de Metrología e Hidrología INAMHI. (2019). Datos meteorológicos del cantón La Maná. Cotopaxi, Ec. s.p.
- Jaramillo, R. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizósfera: comunidad microbológica dinámica del suelo. *Revista Contactos*. 81: 17-23.
- Javot H., Varma Penmetsa R., Terzaghi N., Cook, D. R., y Harrison M. J. (2007). A Medicago truncatula phosphate transporter indispensable for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant biology*. 104(5): 1720–1725.
- Jean- François, Briat., Alain, Gojon., Claude, Plassard., Hatem, Rouached. y Gilles, Lemaire. (2020). Reappraisal of the central role of soil nutrient availability in nutrient management in light of recent advances in plant nutrition at crop and molecular levels. *European Journal of Agronomy*. 116.126069.
- Jordan, M., y Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En Squeo, F, A., y Cardemil, L. (Eds). *Fisiología Vegetal La Serena: Ediciones Universidad La Serena*.
- Khajeeyan, R., Salehi, A., Dehnavi, M. M., Farajee, H., y Kohanmoo, M. A. (2019). Physiological and yield responses of Aloe vera plant to biofertilizers under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*. 225.105768.
- Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario AGROLAB. (2019). Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.
- Linares-Gabriel, A., López-Collado, C. J., Tinoco-Alfaro, C. A., Velasco-Velasco, J., y López-Romero, G. (2017). Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica). *Revista chapingo serie horticultura*. 23(1): 35-48.
- Luna Murillo, R., Chacón Marcheco, E., Ramírez de la Ribera, J., Espinoza coronel, A., Guevara Santana, J., Cedeño Troya, D. M, y López Cedeño, K. M. (2015). Evaluación del Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y la *Clitoria ternatea* en diferentes estados de madurez. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 16(10): 1-9.
- Medel Contreras, C. I., y Joaquín Torres, Bertín Maurilio, Sánchez Hernández, M. A., Parra López, M. L., Cancino, S. J., Gómez Vázquez, A., y Hernández Garay, A. (2012). Evaluación de la distancia entre plantas sobre el Brasil y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* L. CV. Tehuana. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*. 15(3): 489-497.
- Montoya Bazán J.L., Héctor Ardisana E.F., Torres García A., y Fosado Téllez, O. (2019). Crecimiento y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) bajo la acción de dos bioles. *La Técnica*. 22: 1-10.

- Moreira Saltos, J. R., Rivera Fernández, R. D., y Bermeo Quezada, F. (2017). Influencia del biol con distintas preparaciones sobre la producción de maní (*Harachis hypogaea* L). *Espamciencia*. 8(2): 07-12.
- Mosquera-Sánchez, L. P., Riaño-Herrera, N. M., Arcila-Pulgarín, J., y Ponce-Dávila, C. A. (1999). Fotosíntesis, respiración y fotorrespiración en hojas de café (*Coffea* sp). *Cenicafé* 50(3): 215-221.
- Oguis, G. K., Gilding, E. K., Jackson, M. A., y Craik, D. J. (2019). Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. *Frontiers in plant science*. 10. 645.
- Osorio, N. W. (2012). El análisis foliar: una poderosa herramienta para diagnosticar el estado nutricional de los cultivos, pasturas y plantaciones. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*. 1(3): 1-4.
- Quintero, C. (2013). Manejo de nutrientes en Entre Ríos. In *Actas Simposio de Fertilidad*: 118-124.
- Roveda, G. y Polo, C. (2007). Mecanismos de adaptación de maíz asociado a *Glomus* spp. en suelos con bajo fósforo disponible. *Agronomía Colombiana*. 25(2): 349-356.
- Schweizer Lassaga, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. San José. CR.: INTA/MAG, 2010. 18 p.
- Siura S., Barrios, F., Delgado, J., Dávila S., y Chilet M. (2009). Efectos del biol (Abono orgánico líquido) en la producción de hortalizas. 291-306 pp. En: Altieri Miguel A. (Ed). *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín, Colombia.
- StatSoft. (2011). *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 pp.
- Suárez, Hallely., Mercado, W., Ramírez, M., Bracho, B., Rivero, J., y García D. E. (2012). Caracterización morfoagronómica y evaluación del contenido proteínico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes*. 35(4): 365-380.
- Zamora-Olivo, M. A., Aguirre-Medina, J. F., Cano-García, M. A., y Martínez-Tinajero, J. J. (2013). Productividad de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) y *Clitoria ternatea* L. con biofertilizantes. *AGROProductividad*. 6(6): 23-30.
- Zhang, M., Sun, D., Niu, Z., Yan, J., Zhou, X., y Kang, X. (2020). Effects of combined organic/inorganic fertilizer application on growth, photosynthetic characteristics, yield and fruit quality of Actinidia chine. *Global Ecology and Conservation*. 22.e00997.
- Zucareli, C., Barzan, R. R., Silva, J. B. da., y Chaves, D. P. (2018). Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. *Revista Ceres*. 65(2): 189-195.