

Influencia de las concentraciones del “biol” en el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* (Fabaceae) “alfalfa”

Influence of the concentrations of “biol” on the growth and development of *Medicago sativa* (Fabaceae) “alfalfa”

Luis Arturo Gil Ramírez

Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental. Universidad Nacional de Jaén. PERÚ
luis.gil@unju.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0002-7323-0566>

Frans Allinson Leiva Cabrera

Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad. PERÚ
fleiva@unitru.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0003-4666-4147>

Jeisson David Cabos Sánchez

Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, La Libertad. PERÚ
jcaboss1@upao.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0001-6331-2130>

Estefany Lizbeth Jara Huacacolqui

Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad. PERÚ
estefanyjarah.2010@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0003-1216-1736>

Cecilia Betzabet Bardales Vásquez

Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, La Libertad. PERÚ
cbardalesv@upao.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0002-7811-3676>

Carlos Alberto León Torres

Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad. PERÚ
cleon@unitru.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0002-9808-186X>

Resumen

Actualmente el uso inadecuado de los agroquímicos ha generado impactos negativos en el sector agrario y ambiental, debido a ello se evaluó la influencia de las diferentes concentraciones del “biol” en el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* (Fabaceae) “alfalfa” para lo cual se utilizaron cinco tratamientos conformados por cinco parcelas de *Medicago sativa* “alfalfa” de 1m²; éstas fueron regadas cada cuatro días con “biol” al 100%; 50,0%; 25,0%; 12,5% y con agua potable respectivamente durante cuatro meses. El “biol” utilizado fue producido en la Estación Experimental de Bioquímica Aplicada y las semillas de *Medicago sativa* “alfalfa” fueron adquiridas de la casa comercial Proveedores Agropecuarios Foll Perú S.A.C. Los resultados muestran la presencia de N, P, y K a las concentraciones de 290,0 mgL⁻¹; 17,78 mgL⁻¹; 111,7 mgL⁻¹ respectivamente; además de otros micronutrientes; así mismo, el análisis microbiológico reportó ausencia de microorganismos coliformes totales y fecales. Se observó que la longitud del tallo de las plantas tratadas con “biol” al 50,0% con respecto a los otros tratamientos, presentó una diferencia significativa a un P < 0,05 sin embargo; el número de hojas de los tratamientos con “biol” al 25,0%, 50,0% y 100% no presentaron diferencia significativa según la prueba “t” por tanto se concluyó que el “biol” si favoreció el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* “alfalfa”. La importancia de esta investigación radica en los efectos positivos que brinda el “biol” en el crecimiento y desarrollo adecuado de la especie a cultivar y como un producto amigable con el ambiente.

Palabras clave: Crecimiento, Desarrollo, *Medicago sativa*, “alfalfa”, “biol”.

Abstract

Currently the inappropriate use of agrochemicals has generated negative impacts in the agricultural and environmental sector, due to this the influence of the different concentrations of the “biol” in the growth and development of *Medicago sativa* (Fabaceae) “alfalfa” was evaluated for which five treatments made up of five 1m² patches of *Medicago sativa* “alfalfa”; they were watered every four days with 100% “biol”; 50.0%; 25.0%; 12.5% and with drinking water respectively for four months. The “biol” used was produced at the Applied Biochemistry Experimental Station and the seeds of *Medicago sativa* “alfalfa” were acquired from the commercial company Suppliers Agropecuarios Foll Perú S.A.C. The results show the presence of N, P, and K at concentrations of 290.0 mgL⁻¹; 17.78 mgL⁻¹; 111.7 mgL⁻¹ respectively; in addition to other micronutrients; likewise, the microbiological analysis reported the absence of total and fecal coliform microorganisms. It was observed that the length of the stem of the plants treated with “biol” at 50.0% with respect to the other treatments, presented a significant difference at P < 0.05, however; the number of leaves of the treatments with “biol” at 25.0%, 50.0% and 100% did not show significant difference according to the “t” test, therefore it was concluded that the “biol” did favor the growth and development of *Medicago sativa* “alfalfa”. The importance of this research lies in the positive effects that the “biol” provides on the proper growth and development of the species to be cultivated and as an environmentally friendly product.

Keywords: Growth, Developing, *Medicago sativa* “alfalfa”, “biol”.

Citación: Gil, L.; F. Leiva; J. Cabos; E. Jara; C. Bardales & C. León. 2022. Influencia de las concentraciones del “biol” en el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* (Fabaceae) “alfalfa”. *Arnaldoa* 29(1): 149-162 doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.291.29109>

Introducción

El “biol” es un producto líquido que se obtiene del proceso de fermentación anaeróbica de las heces del ganado vacuno, llevado a cabo en el interior de digestores. Actualmente este producto se usa como un biofertilizante alternativo por muchos agricultores en muchos países de Sudamérica y en el nuestro también. Hoy en día en diversas partes de nuestro país se está usando este biofertilizante generando muy buenos resultados. La idea de hacer estos biofertilizantes nace en los años 80, fue ideada por el agricultor Delvino Magro con el apoyo de Sebastiao Pinheiro, de la Juquira Candiru Satyagraha en Rio Grande Do Sul-Brasil, con sedes en Colombia y México (Restrepo 2011).

Las características de los fertilizantes orgánicos “biol” y “biosol” dependerán de una serie de factores, entre los que prevalecen el tipo de estiércol utilizado y la dilución, los fertilizantes producidos por un biodigestor alimentado con estiércol de vaca o cerdo, contiene un 2 - 3% de Nitrógeno, 1 - 2% de Fósforo, 1% de Potasio y cerca de 85% de materia orgánica. La calidad de este producto dependerá también de los días de retención que tenga nuestro sistema, se utiliza como base mínima a unos 30 días de retención, con lo cual se garantiza una excelente descomposición y con ello la mejora y disponibilidad de la asimilación de los nutrientes por las plantas a la hora de llevarlo al suelo (Herrero, 2018).

El “biol”, presenta en su composición precursores hormonales como el ácido indol acético y las giberelinas; así como también vitaminas, esta es la razón del efecto del “biol” en el crecimiento y en el rendimiento de los cultivos. Las experiencias en el campo han demostrado que la mayor respuesta de la aplicación del “biol” se encuentra en

suelos de baja fertilidad. Su elaboración se realiza en forma artesanal y su contenido nutricional depende del material a fermentar anaeróticamente (Barraza *et al.* 2019).

Sin embargo, antes de aplicar un efluente, se debe determinar su calidad microbiológica, la cual se estima principalmente mediante el recuento de bacterias coliformes. Los criterios de calidad sugeridos para el uso inocuo de los efluentes en la agricultura estipulan un contenido menor a 1000 UFC/ml de coliformes fecales y menos de 1 huevo viable de nemátodos intestinales por litro (Soria *et al.*, 2011).

Desde hace más de 2 000 años *Medicago sativa*, “alfalfa” es uno de los cultivos forrajeros más apreciados, no solo por sus excelentes cualidades nutricionales, sino por sus altos rendimientos en cantidad y calidad. (Lemus *et al.* 2016).

El valor de la alfalfa radica en su alto potencial de producción de materia seca, alta concentración de proteína, alta digestibilidad y un elevado potencial de consumo animal, así como también un alto contenido en vitaminas A, E y K o sus precursores, los cuales muchos de estos son requeridos por el ganado productor de leche y carne (Bouchenak & Lamri, 2013, Capacho *et al.* 2018). El uso del “biol”, se plantea como una alternativa tecnológica de carácter orgánico, orientada a mejorar la productividad y calidad de los cultivos, es por ello, que se evaluó la influencia del “biol” a las concentraciones de 12,5%; 25,0%, 50,0% y 100% v/v sobre el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa*, “alfalfa”.

Material y métodos

Las semillas de *Medicago sativa* “alfalfa” fueron obtenidas de la casa comercial Proveedores Agropecuarios Foll Perú

S.A.C. y el “Biol” de estiércol de ganado vacuno se obtuvo de la Estación Experimental de Bioquímica Aplicada E.E.B.A., Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo.

Para la muestra de “biol” se usaron los siguientes métodos de cuantificación: Potenciometría para determinar el valor del pH (Skoog *et al.*, 2018); espectroscopia de absorción atómica para determinar las concentraciones de cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso y zinc (Skoog *et al.*, 2018); método argentométrico para la determinación de cloruros (Rice *et al.* 2017); método Reactivo de en polvo ampolla AccuVac, para la determinación de fosforo reactivo (Rice *et al.* 2017); método azul de metileno para la determinación de Sulfuros; método de Kjeldahl para la determinación de nitró-

geno (López & López, 1985); método del Número más Probable para la determinación de coliformes totales y fecales; los mismo métodos se emplearon para la cuantificación de los parámetros del suelo agrícola exceptuando los de potenciometría y el método del Número más Probable.

Resultados

Se cuantificó el pH, se determinaron las concentraciones de micro y macronutrientes y se realizó un análisis microbiológico para el “biol”; así mismo se evaluó las concentraciones de micro y macronutrientes del suelo agrícola de la estación experimental de bioquímica aplicada, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad nacional de Trujillo.

Tabla 1. Valor promedio pH del “biol” de estiércol de ganado Vacuno obtenido en la Estación experimental de bioquímica aplicada.

PARÁMETRO	VALOR	MÉTODO
pH	6,90	Potenciometría

Tabla 2. Concentraciones de los principales macro y micronutrientes del “biol” de estiércol de ganado Vacuno obtenido en la Estación experimental de bioquímica aplicada.

ELEMENTOS	CONCENTRACIÓN mgL ⁻¹	MÉTODO
Nitrógeno (N)	290,0	Kjeldahl
Fosforo (P)	17,78	Fosforo reactivo
Cloruros (Cl ⁻)	54,54	Argentométrico
Potasio (K)	111,7	Espectroscopia de absorción atómica
Magnesio (Mg)	153,2	Espectroscopia de absorción atómica
Sulfuros (S ²⁻)	0,360	Método Azul de metileno
Cobre (Cu)	0,080	Espectroscopia de absorción atómica
Fierro (Fe)	1,530	Espectroscopia de absorción atómica
Manganeso (Mn)	0,300	Espectroscopia de absorción atómica
Zinc (Zn)	0,140	Espectroscopia de absorción atómica

Tabla 3. Concentraciones de los principales macro y micronutrientes del suelo agrícola de la Estación experimental de bioquímica aplicada.

ELEMENTOS	CONCENTRACIÓN mgL ⁻¹	MÉTODO
Nitrógeno (N)	28,00	Kjeldahl
Fosforo (P)	2,500	Fosforo reactivo
Cloruros (Cl ⁻)	5,300	Argentométrico
Potasio (K)	10,83	Espectroscopia de absorción atómica
Magnesio (Mg)	8,350	Espectroscopia de absorción atómica
Sulfuros (S ²⁻)	11,84	Método Azul de metileno
Cobre (Cu)	0,020	Espectroscopia de absorción atómica
Fierro (Fe)	0,470	Espectroscopia de absorción atómica
Manganeso (Mn)	0,130	Espectroscopia de absorción atómica
Zinc (Zn)	0,070	Espectroscopia de absorción atómica

Tabla 4. Análisis microbiológico del “biol” de la estación experimental de bioquímica aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas.

Bacterias	Recuento en NMP / 100 mL
Coliformes Totales	< 1,8
Coliformes Fecales	< 1,8

NMP: Número más probable.

Tabla 5. Valores promedio de la longitud del tallo y número de hojas de *Medicago sativa* “alfalfa” durante 30, 60, 90 y 120 días a diferentes concentraciones de “biol” de estiércol de ganado Vacuno obtenido en la Estación experimental de bioquímica aplicada.

Tiempo	Longitud del tallo (cm)					Número de hojas				
	Agua Control	“biol” 100%	“biol” 50,0%	“biol” 25,0%	“biol” 12,5%	Agua Control	“biol” 100%	“biol” 50,0%	“biol” 25,0%	“biol” 12,5%
30 Días	8,55	10,12	14,48	13,20	12,73	16	16	18	17	17
60 Días	12,72	19,50	28,82	24,15	21,05	70	80	110	84	94
90 Días	22,14	36,08	42,43	31,58	27,30	99	157	179	140	128
120 Días	30,00	42,90	56,00	50,91	46,10	139	236	231	196	182

Tabla 6. Valores promedio del peso seco, fresco, porcentaje de humedad y materia seca de la planta y raíz de *Medicago sativa* “alfalfa” a diferentes concentraciones del “biol”.

Tiempo	Características	Planta de <i>Medicago sativa</i> “alfalfa”					Raíz de <i>Medicago sativa</i> “alfalfa”				
		Control (Agua)	“biol” -100%	“biol” -50,0%	“biol” -25,0%	“biol” -12,5%	Control (Agua)	“biol” -100%	“biol” -50,0%	“biol” -25,0%	“biol” -12,5%
30 Días	Peso fresco	0,74	3,00	3,41	3,14	3,90	0,14	0,75	1,35	1,21	0,97
	Peso Seco	0,12	0,76	0,86	0,75	0,97	0,02	0,23	0,37	0,35	0,26
	Humedad %	83,22	74,58	74,67	76,02	75,22	85,96	69,27	72,90	70,75	73,33
	Mat. Seca %	16,78	25,42	25,33	23,98	24,78	14,04	30,73	27,10	29,25	26,67
60 Días	Peso fresco	1,34	6,06	6,93	6,30	7,81	0,29	1,51	2,62	2,41	1,90
	Peso Seco	0,25	1,58	1,71	1,51	1,95	0,04	0,46	0,74	0,70	0,53
	Humedad %	81,12	73,86	75,27	76,12	75,10	86,35	69,42	71,87	70,79	72,32
	Mat. Seca %	18,88	26,14	24,73	23,88	24,90	13,65	30,58	28,13	29,21	27,68
90 Días	Peso fresco	4,26	10,76	14,33	15,14	14,54	1,77	6,54	5,48	8,44	7,99
	Peso Seco	1,10	2,73	3,30	4,07	3,55	0,46	2,26	1,66	3,11	2,51
	Humedad %	74,17	74,68	76,99	73,10	75,60	74,22	65,44	69,79	63,13	68,62
	Mat. Seca %	25,83	25,32	23,01	26,90	24,40	25,78	34,56	30,21	36,87	31,38
120 Días	Peso fresco	12,55	4,67	21,62	17,43	13,05	5,96	8,03	8,20	5,94	6,63
	Peso Seco	3,88	8,03	10,03	6,02	3,94	2,07	2,74	3,49	2,22	2,55
	Humedad %	69,07	31,18	53,61	65,45	69,83	65,23	65,86	57,49	62,53	61,55
	Mat. Seca %	30,93	68,82	46,39	34,55	30,17	34,77	34,14	42,51	37,47	38,45

Tabla 7. Análisis bifactorial para indicadores del peso (g) de planta de *Medicago sativa* “alfalfa” a diferentes concentraciones de “biol”.

INDICADORES DE TALLO	ANÁLISIS BIFACTORIAL					
	Fuente	GL	SC	CM	F _c	P
Peso Fresco	Tratamiento	4	140.460	35.115	3.15	0.055
	Tiempo	3	398.352	132.784	11.91	* 0.001
	Error	12	133.776	11.148		
	Total	19	672.588			
Peso Seco	Fuente	GL	SC	CM	F _c	P
	Tratamiento	4	805.62	201.404	1.01	0.439
	Tiempo	3	1078.99	359.664	1.81	0.199
	Error	12	2387.42	198.951		
% Humedad	Total	19	4272.02			
	Fuente	GL	SC	CM	F _c	P
	Tratamiento	4	404.44	101.110	1.63	0.231
	Tiempo	3	1244.81	414.936	6.67	* 0.007
% Materia Seca	Error	12	746.41	62.201		
	Total	19	2395.66			
	Fuente	GL	SC	CM	F _c	P
	Tratamiento	4	186.86	46.7145	0.82	0.534
% Materia Seca	Tiempo	3	143.90	47.9657	0.85	0.495
	Error	12	679.99	56.6659		
	Total	19	1010.75			

* Los valores indican diferencias significativas, a un nivel de confianza del 95%.

Leyenda:

GL: Grados de libertad.

SC: Suma de cuadrados.

CM: Media de los cuadrados.

F_c: Factor de corrección.

P: Valor de probabilidad.

Discusión

El pH es una medida de la acidez y alcalinidad, este parámetro es muy importante ya que puede llegar a interferir en el crecimiento y desarrollo de las plantas, todas las especies vegetales presentan rangos distintos de pH para una absorción eficaz de los micro y macronutrientes, para *Medicago sativa* “alfalfa” su pH óptimo varía en un rango de 6,5 - 7,5 (Alonzo & Paniagua 2010). Cabe resaltar que en la tabla 01 el “biol” reportó un pH de 6.90 el cual difiere con otros estudios, en donde se trabajó con un abono líquido producido a partir de heces de alpaca, mediante un proceso de fermentación homoláctica, reportando un pH de 3,83 (Quiñones *et al.* 2016), más ácido que el presente trabajo realizado. El valor del pH de 6.90 para el “biol” se encuentra en un rango óptimo el cual es de 6,6 - 7,6; el ideal para la reproducción bacteriana (Ramos & Zúñiga, 2008) así como también para el crecimiento y desarrollo óptimo de *Medicago sativa* “alfalfa” (Alonzo & Paniagua 2010). Las concentraciones de nitrógeno y potasio del “biol” fueron de 290,0 mgL⁻¹ y 111,7 mgL⁻¹ respectivamente (Tabla 02); el valor para el nitrógeno está muy cerca de los valores ideales (253,0 mgL⁻¹), (Capacho *et al.*, 2018); sin embargo la concentración de potasio está lejos de la concentración ideal (205,0 mgL⁻¹) para el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* “alfalfa”, pero fueron las apropiadas para poder evitar enfermedades que fácilmente podría haber desarrollado la planta. El potasio muy aparte de brindar la regulación hídrica y movimientos de los nutrientes, contribuye en gran manera al aumento en la resistencia de enfermedades (Bonadeo *et al.* 2017).

La concentración de fósforo fue de 17,78 mgL⁻¹ (Tabla 02.), el valor para el fósforo

está muy cerca de los valores ideales (25,00 mgL⁻¹) lo que ha conllevado al crecimiento de la planta de *Medicago sativa* “alfalfa” en los diferentes tratamientos con “biol”, aún más en la concentración del 50,0% que es la que presenta una diferencia significativa en el crecimiento de la planta con lo que respecta a los otros tratamientos (Capacho *et al.*, 2018). El fósforo es uno de los macronutrientes más importantes para el crecimiento y desarrollo de la planta después del nitrógeno y el potasio, el fósforo es el elemento que limita la productividad vegetal y donde su ausencia puede repercutir en el crecimiento y desarrollo normal de la planta (Quintana *et al.* 2017).

Las cantidades de magnesio en el “biol” (Tabla 02) son de 153,2 mgL⁻¹, si bien es cierto es un micronutriente, su importancia radica en el papel estructural de la molécula de clorofila involucrada en el proceso de la fotosíntesis y la fijación de CO₂, existen estudios que nos indican que plantas con deficiencia de magnesio muestran hojas adultas amarillentas, bronceadas o rojizas y en casos extremos se presenta un cuadro de necrosis lo cual dificultaría el desarrollo y el crecimiento de la planta (Mengel & Kirkby 2001, Bonadeo *et al.* 2017). En el estudio realizado según la prueba “t” (Tabla 07) indica que hay una diferencia significativa para el crecimiento de *Medicago sativa* “alfalfa” entre el tratamiento con “biol” al 50% con respecto al control así como también para el número de hojas de *Medicago sativa* “alfalfa” entre los tratamientos con “biol” al 100%, 50,0% y 25,0 % con respecto al control; esto se debe a que las cantidades de magnesio encontradas en el “biol” superan las concentraciones ideales (21,00 mgL⁻¹) para la planta de *Medicago sativa* “alfalfa” (Capacho, *et al.*, 2018).

La cantidad de azufre encontrada en el “biol” en forma de sulfuro fue de $0,360 \text{ mgL}^{-1}$ (Tabla 02). El azufre es absorbido en forma de sulfuros e incorporado al aminoácido cisteína en los tejidos fotosintéticos, la importancia del azufre radica en el incremento en la concentración de proteína cruda en plantas forrajeras, así como también ayuda a una mayor vida útil para las leguminosas forrajeras (Bonadeo et al. 2017). Debido a que *Medicago sativa* “alfalfa” es una planta forrajera utilizada en la alimentación para el ganado lechero es necesario que el suelo o los suplementos con que se riegan a esta planta tengan pequeñas cantidades de azufre.

Tanto el fierro, cobre, manganeso y cloro están involucrados en los procesos de fotosíntesis y respiración en las plantas, el fierro de una manera muy especial actúa como un catalizador en la síntesis de clorofila, en el crecimiento de hojas y la división celular, la deficiencia de fierro produce la alteración de la estructura y funciones de los cloroplastos, que se manifiesta por el amarillento de las hojas jóvenes, producido por la disminución de los pigmentos fotosintéticos que recogen la luz: clorofilas a y b así como también los carotenos (Mengel & Kirkby 2011); por otro lado el cobre muy aparte de estar involucrado en el proceso de la fotosíntesis también lleva a cabo otros procesos como el de respiración, desintoxicación de radicales superóxidos y lignificación, al ocurrir una deficiencia de cobre, ocurriría una reducción en la producción de materia seca, ya que la fijación del CO_2 está ligada a la plastocianina, una proteína dependiente de cobre, los síntomas típicos de la deficiencia de cobre son clorosis, necrosis, distrofia foliar y muerte descendente (Mengel & Kirkby 2011), el manganeso desempeña procesos como el transporte de electrones

en la fotosíntesis y en la desintoxicación de radicales de oxígeno libres, como cofactor para varias enzimas fundamentales en la biosíntesis de los metabolitos secundarios de la planta asociados con la formación de aminoácidos aromáticos fenólicos, cumarinas, ligninas y flavonoides. y entre los papales más importantes y exclusivos del manganeso en las plantas verdes es la reacción de Hill descendente (Capacho, et al., 2018). El cloro interviene como cofactor para activar el fraccionamiento de la molécula de agua en el fotosistema II y en el crecimiento de las plantas de una forma indirecta ya que este compuesto siempre está muy interrelacionado con el potasio, los síntomas típicos de carencia de este elemento es la caída de las hojas, bronceamiento y clorosis similares a la deficiencia de manganeso y severa inhibición del crecimiento radicular (Bonadeo, 2017).

En la Tabla 02 se muestra que las cantidades encontradas para el fierro, cobre, manganeso y cloruros son de $1,530 \text{ mgL}^{-1}$; $0,080 \text{ mgL}^{-1}$; $0,300 \text{ mgL}^{-1}$ y $54,54 \text{ mgL}^{-1}$ respectivamente, estas concentraciones están cerca de las concentraciones ideales (fierro $1,090 \text{ mgL}^{-1}$; cobre $0,060 \text{ mgL}^{-1}$; manganeso $0,400 \text{ mgL}^{-1}$ y cloruros $65,00 \text{ mgL}^{-1}$) para el desarrollo de *Medicago sativa* “alfalfa” (Quiñones et al., 2016); tal es así que a estas concentraciones no se presentaron síntomas de deficiencia en ninguno de los tratamientos con “biol”, sin embargo, en el grupo control hubo presencia de plantas con los síntomas ya mencionados, lo que podemos inferir que estas cantidades trazas presentes en el biofertilizante natural han sido las adecuadas para el normal funcionamiento y desarrollo de *Medicago sativa* “alfalfa”.

El zinc es un elemento que las plantas requieren en pequeñas cantidades para realizar las diferentes funciones que este

nutriente desempeña como parte de los procesos metabólicos, como la síntesis de ADN, ARN, proteínas y una de las más importantes, la síntesis del triptófano que es el precursor de las auxinas, la cual es la hormona reguladora del crecimiento de las plantas. Las deficiencias de este elemento son un crecimiento atrofiado, acortamiento de entrenudos, hojas amarillas o caféas, típicamente otoñales y con menor área foliar (Quintana *et al.*, 2017). En la Tabla 02 se aprecia que la concentración de zinc en el “biol” fue de $0,140 \text{ mgL}^{-1}$; lo que está por debajo de las concentraciones ideales ($0,180 \text{ mgL}^{-1}$) (Insam *et al.*, 2016), sin embargo esta cantidad de zinc presente en el “biol” favoreció el crecimiento de *Medicago sativa* “alfalfa” como nos muestra la tabla 07 en el que se aprecia una diferencia significativa en el tratamiento de “biol” al 50,0% con lo que respecta a los otros tratamientos evaluados, de lo cual podemos inferir que las pequeñas cantidades de zinc encontradas en el “biol” ayudaron al desarrollo de las auxinas lo cual permitió que las plantas de *Medicago sativa* “alfalfa” obtengan mayor longitud (Tabla 05).

Los datos obtenidos en la Tabla 04 respecto al recuento de coliformes totales y fecales en el “biol” nos indica la ausencia de estos microorganismos ($< 1,8 \text{ NMP} / 100 \text{ mL}$), estos resultados son muy semejantes a otros estudios (Soria *et al.* 2011), lo cual hace posible la utilización del “biol” como un fertilizante inocuo ya que para el uso en la agricultura establece un contenido menor a 1000 UFC/mL de coliformes totales y fecales (D.S. N°004-2017-MINAM, 2017). La ausencia de coliformes totales y fecales en el “biol” analizado se debe a que en la digestión anaeróbica hay sustancias inhibitorias, estas sustancias pueden formar parte de la materia prima o pueden ser subproductos de la actividad metabólica

de los microorganismos anaeróbicos, entre algunas sustancias tenemos amoníaco, metales pesados, compuestos halogenados, cianuro, fenoles, sulfuro, y ácidos grasos de cadena larga, (Insam *et al.* 2016). El contacto de los nutrientes con la superficie de la raíz es un requisito importante para que se produzca la absorción de los macro y micronutrientes, esta absorción se puede producir en forma directa por el crecimiento de las raíces así como también por movimiento de los nutrientes por difusión o flujo de masas desde el suelo hasta la superficie de las raíces; la cantidad de agua es importante ya que si hay una escasez de ella sería muy difícil que los nutrientes llegaran a la planta debido a que la movilidad de muchos iones depende de ello; así también se formarían espacios de aire que remplazarían al agua lo cual dificultaría más la absorción. Los nutrientes absorbidos por la raíz se llevan hasta la parte aérea por la corriente transpiratoria a través del xilema; posteriormente estos nutrientes son asimilados por la planta para su crecimiento y desarrollo en el transcurso de su ciclo vital. (Alonzo & Paniagua, 2010). El porcentaje de materia seca y el peso seco de la raíz de *Medicago sativa* “alfalfa” presentan diferencia significativa entre los primeros 30 y 60 días frente a los 90 y 120 días; lo que nos indica que en los primeros 30 y 60 días la planta necesitó más nutrientes para su crecimiento y su desarrollo; sin embargo en el transcurso de los cuatro meses de evaluación de *Medicago sativa* “alfalfa” su peso, fue incrementando debido a que la planta continuó utilizando nutrientes y fabricando materia orgánica para su crecimiento y desarrollo (Tabla 05). En cuanto al porcentaje de materia seca y el peso seco de la planta de *Medicago sativa* “alfalfa” no existió diferencia significativa en ningún tratamiento ni en los días

evaluados; sin embargo, en el transcurso de los cuatro meses de la evaluación de *Medicago sativa* "alfalfa" su porcentaje de materia seca y peso seco fue incrementando (Tabla 6).

Conclusiones

La mayoría de los micro y macronutrientes que se encuentran en el "biol", poseen las concentraciones ideales para el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* (Fabaceae) "alfalfa".

El pH encontrado en el "biol" está dentro del rango óptimo necesario para el crecimiento y desarrollo de *Medicago sativa* "alfalfa".

La ausencia de coliformes totales y fecales (< 1,8 NMP / 100 mL) en el "biol", le brinda una característica de ser un bioabono eficaz para el uso en campo sin poner en riesgo la salud humana.

La concentración de "biol" al 50,0% generó mayor número de hojas y mayor tamaño de la planta *Medicago sativa* "alfalfa" con respecto a los otros tratamientos.

La concentración de "biol" al 12,5% y el control, no evidencian diferencia significativa respecto a los demás tratamientos experimentales para el número de hojas de la planta de *Medicago sativa* "alfalfa".

El peso seco de la planta y de la raíz y el porcentaje de la materia seca de la planta de *Medicago sativa* "alfalfa" van aumentando conforme transcurre el tiempo; sin embargo, el porcentaje de la materia seca para la raíz no presenta mucha variación de un mes a otro.

Agradecimientos

Al Dr. Carlos Alberto León Torres, por facilitarnos la realización del trabajo en

su laboratorio de investigación docente, así como los ambientes de la estación experimental de bioquímica aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas, así también por la asesoría en la presente investigación. A todo el personal del Laboratorio de calidad de Sedalib Sac. Por brindar el apoyo técnico para el análisis de las muestras de biol.

Contribución de los autores

L. G. coordinador del grupo de investigación y soporte logístico. F. L., J. C., E. J. apoyo logístico en la investigación en las labores de campo. C. B. Asesoría en redacción del informe. C. L. Diseño y análisis estadístico de los datos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés

Literatura citada

- Alonzo L. & P. Paniagua.** 2010. Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa. *Agrar.12*(1): 35-39. <https://bit.ly/2VRCQCC>.
- Barraza O.; B. Ovalle & E. Peña.** 2019. Producción y caracterización de bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. *Revista electrónica ANFEI digital.* (11): 1-9.
- Bonadeo E.; I. Moreno; M. Bongiovanni; R. Marzari & M. Ganum.** 2017. El Sistema suelo planta. 1st ed. Río Cuarto, Argentina. UniRío editora.
- Bouchenak B. & M. Lamri.** 2013. Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention: A Review. *Journal of Medicinal Food.* 16(3): 1-14. <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
- Capacho, A.; D. Flórez & J. Hoyos.** 2018. Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Rev. Cien. Agri.* 15 (1): 61-67. <http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n1.2018.7757>
- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.** 2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones

- Complementarias. El peruano. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/#:~:text=%2D2017%2DMINAM.-%2D%20%20y%20establecen%20Disposiciones%20Complementarias>.
- Herrero, J.** 2018. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. 1st ed. La Paz, Bolivia. Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y Programa de Desarrollo Agropecuario (PROAGRO). DOI: 10.13140/RG.2.1.1048.6242
- Insam, H.; I. Franke-Wittle & M. Goberna.** 2016. Microbes at work. From wastes to resources. Heidelberg: Springer-Verlag. Chapter 1, Microbes in aerobic and anaerobic waste treatment; p. 1-34. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-04043-6>
- Lanyon L. & K. Griffith.** 2016. Nutrition and Fertilizer Use. In: Hanson, A.; Barne, D. & Hill, R. (Eds.). Alfalfa and Alfalfa Improvement. 1st ed. Madison: American Society of Agronomy.
- Lemus, Z.; M. García; M. García & A. Chong.** 2016. La alfalfa: un remineralizante de excelencia en el mundo vegetal. MEDISAN 7(4):2-6. <http://www.herssen.com/documentos/STAR%20KEN/La%20Alfalfa%20Un%20remineralizante%20de%20excelencia.pdf>.
- López, J. & J. López.** 1985. Diagnóstico de Suelos y Plantas: Métodos de campo y laboratorio. 4th ed. Madrid: Editorial Mundi Prensa.
- Mengel, K. & E. Kirkby.** 2011. Principles of plant nutrition. 7th ed. New York. Springer-Verlag
- Quintana, W.; E. Pinzón & D. Torres.** 2017. Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Ica Cerinza. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 20 (1): 51 – 59. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.62>
- Quiñones, H.; W. Trejo & J. Juscamaita.** 2016. Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. Ecol. apl.15(2), 133-142. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.753>
- Ramos, E. & D. Zúñiga.** 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. Ecol. apl. 7(1,2), 123-130. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.367>
- Restrepo J.** 2011. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. 1st ed. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Rice, E.; R. Baird & L. Eaton.** 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. <https://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/2017SMWWLookInside.pdf>
- Skoog, D.; J. Holler & T. Crouch.** 2018. Principios de Análisis Instrumental. 5th ed. Ciudad de México. Editorial Cengage Learning. https://www.academia.edu/37326567/Principios_de_an%C3%A1lisis_instrumental_6ta_Edici%C3%B3n_Douglas_A_Skoog_LIBROVIRTUAL
- Soria, M.; R. Ferrera; J. Etchevers; G. Alcántara; J. Trinidad; L. Borges & G. Pereyda.** 2014. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra Latinoamericana. 19 (4): 353-362.

