

PRODUCCIÓN DE MEDICAGO SATIVA (ALFALFA), APLICANDO ABONOS ORGÁNICOS EN ÉPOCA DE INVIERNO

PRODUCTION OF MEDICAGO SATIVA (ALFALFA), APPLYING ORGANIC FERTILIZER IN THE WINTER SEASON

Rocsana Quispe-Guevara^{1*}

^{1*}Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ciencias Biológicas Av. Sesquicentenario N.º 1150.

RESUMEN

En los andes del Perú, la producción de alfalfa es limitada debido a las bajas temperaturas, siendo importante para la alimentación del ganado y la producción de leche. El objetivo fue evaluar el efecto de los estiércoles de ovino y bovino en el rendimiento de biomasa de alfalfa, durante la época de invierno. La experimentación se realizó en una parcela abierta, en 20 macetas de PVC con 15 semillas de alfalfa (*Medicago sativa*) por maceta en 40 días. Se evaluó: T1=suelo sin abono orgánico (testigo), T2=suelo + 40 g de estiércol de ovino, T3=suelo + 40 g de estiércol de bovino y T4=suelo + 20 g de estiércol de ovino y 20 g de estiércol de bovino. Se registró la temperatura del sustrato (°C), altura de tallo (cm), número de hojas y biomasa verde (g). Se registró significativamente ($p < 0,001$) un mayor crecimiento con T3=5,24 cm, un mayor número de hojas con T4=15,57. No significativamente un mayor aumento de la temperatura del sustrato fue con T4=13,05 y una mayor biomasa (g) con T3=3,80 g. Los resultados aportan a la práctica de manejo agronómico para la producción de forraje en las zonas altoandinas.

Palabras clave: Estiércol, *Medicago sativa*, rendimiento de biomasa, altura de tallo, número de hojas

ABSTRACT

In the Peruvian Andes, alfalfa production is limited due to low temperatures, being important for cattle feeding and milk production. The objective was to evaluate the effect of sheep and cattle manures on alfalfa biomass yield during the winter season. The experiment was carried out in an open plot, in 20 PVC pots with 15 alfalfa (*Medicago sativa*) seeds per pot in 40 days. T1=soil without organic fertilizer (control), T2=soil + 40 g of sheep manure, T3=soil + 40 g of cattle manure and T4=soil + 20 g of sheep manure and 20 g of cattle manure were evaluated. Substrate temperature (°C), stem height (cm), number of leaves and green biomass (g) were recorded. Significantly ($p < 0.001$) higher growth was recorded with T3=5.24 cm, higher leaf number with T4=15.57. Not significantly higher increase in substrate temperature was with T4=13.05 and higher biomass (g) with T3=3.80 g. The results contribute to the agronomic management practice for forage production in the high Andean zones.

Key words: Manure, *Medicago sativa*, biomass yield, stalk height, number of leaves

*Autor para correspondencia: rocsanaqg@gmail.com

Downloadable from : <http://revistas.unap.edu.pe/epg>

Av. Floral N° 1153, Ciudad Universitaria, Pabellón de la Escuela de Posgrado, tercer piso oficina de Coordinación de investigación. Teléfono (051) 363543



INTRODUCCIÓN

La producción de forraje en el altiplano del Perú, es escasa debido a la presencia de heladas (Carbonel *et al.*, 2018), las cuales ocasionan daños fisiológicos en las plantas sobre todo cuando las temperaturas son menores a 5 °C (Ramírez *et al.*, 2017), afectando la acumulación de reservas que el cultivo requiere para el rebrote y crecimiento (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2010). Por ello, para lograr rendimientos altos de forraje e incrementar la productividad animal (Sánchez *et al.*, 2010), las especies forrajeras se deben manejar como cultivos puros y considerar prácticas culturales adecuadas (Ordoñez *et al.*, 2019). En la calidad del forraje, no sólo se debe considerar el contenido de proteína, sino también otros parámetros (Risso *et al.*, 2000), como porcentajes de hoja, tallo, contenido de fibras, lignina y digestibilidad (Romero *et al.*, 1995).

Las especies forrajeras forman parte de la fuente de alimentación de los animales herbívoros (Contreras *et al.*, 2019), desde hace tiempo la alfalfa (*M. sativa*) presenta un excelente valor nutritivo y exquisito para los animales (Risso *et al.*, 2000), estas al ser cortada en estado inmaduro, producen forraje de mayor calidad (Romero *et al.*, 1995; Ordoñez *et al.*, 2019). La alfalfa, es una especie que se adapta a una gran diversidad de climas (FAO, 2010), en nuestro país se adecúa muy bien a la zona de sierra, con bajas condiciones de riego desde 3000 hasta 4400 msnm (Redes sostenibles para la seguridad

alimentaria [REDESA], 2006). Las semillas de alfalfa, comienzan a germinar a temperaturas de 5 °C hasta los 35 °C (Mueller y Teuber 2007; Bonvillani 2013), esta germinación es más rápida cuanto más alta sea la temperatura (Otero y Castro 2019), sin embargo, durante los meses fríos del invierno la alfalfa detiene su crecimiento (Contreras *et al.*, 2019), hasta iniciarse la primavera donde la planta empieza a rebrotar (Villegas *et al.*, 2004; Rojas-García *et al.*, 2017). Se recomienda intercalar aplicaciones de abonos y enmiendas, para mezclar la tierra y homogeneizar su distribución (Castro *et al.*, 2009), este abono por su color oscuro absorbe las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura permitiendo acumular con mayor facilidad los nutrientes (Fondo para la Protección del Agua [FONAG], 2010).

La fertilización orgánica, es una tecnología tradicional que incrementa la producción de forrajes (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2010), debido a que se incorporan varios nutrientes que requieren las plantas (Medina *et al.*, 2015), mejorando la estructura y retención del agua (Travieso *et al.*, 2018) y fertilidad del suelo (Lestingi *et al.*, 2016). Se aumenta el crecimiento de las plantas (Risso 2000) y, en consecuencia, se incrementa el rendimiento de forraje de alfalfa (Castro *et al.*, 2019).

Por lo expuesto, el objetivo del estudio fue evaluar la efectividad de la adición de estiércol de ovino y bovino en el rendimiento de biomasa de alfalfa, durante la época de invierno, con la

finalidad de aportar información para mejorar la productividad primaria forrajera de la *M. sativa*, mediante la utilización de sustratos de abono permitiendo así obtener un incremento de temperatura óptima para el desarrollo, buena producción, mejor calidad y cantidad de forraje durante el invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del sitio experimental

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Puno, ubicada a orillas del lago Titicaca, Perú, localizada a 15°49'23.98" S, 70°01'37.21" W, a 3892 msnm. La zona se caracteriza con un clima semiseco templado; en la época de invierno con una temperatura máxima promedio de 15,4 °C, una temperatura mínima promedio de -0,7 °C, con una temperatura anual promedio de 8,4 °C y precipitación anual de 1190 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2013).

Descripción de uso de materiales, equipos e insumos

En total se utilizó 300 semillas de *M. sativa*, plantándose 15 semillas en cada maceta. Se utilizó 20 macetas de PVC (4,5 cm de radio y 15 cm de altura) con 700 g de tierra (franco arcillo arenosa). Se evaluó como testigo: T1=suelo sin abono orgánico, y los tratamientos: T2=suelo + 40 g de estiércol de ovino, T3=suelo + 40 g de estiércol de bovino y T4=suelo + 20 g de estiércol

de ovino y 20 g de estiércol de bovino; cada uno con cinco repeticiones.

Para el registro de temperatura del suelo y sustratos (tratamientos) se hizo uso de un termómetro láser de marca OAKTON-Mini infrapro™ 6, el cual fue colocado al ras del suelo, para la altura de tallos se usó una regla milimetrada de 30 cm y para la biomasa verde se utilizó una balanza de precisión

Frecuencia y horario de muestreo

El testigo y los tratamientos se regaron con agua de caño utilizando un sistema de riego por aspersión con un dispersor de agua (200 ml) a las 10:00 h cada dos días para evitar la baja temperatura del horario de la tarde y la presencia de heladas en las noches y así favorecer el desarrollo de las plántulas germinadas. Para las evaluaciones se tomó 5 plántulas al azar de cada repetición, para la temperatura el horario de muestreo fue en tres horarios: 06:00 h (temperatura mínima), 18:00 h (temperatura media) y 12:00 h (temperatura máxima) de forma diaria, para el crecimiento del tallo y número de hojas fue a partir de los 20 días de germinación, repitiéndose cada cinco días y el peso de la biomasa verde fue 40 días después de la germinación, realizándose un corte al ras del suelo.

Variables analizadas

Variable independiente: Testigo (T1) y tratamientos (T2, T3 y T4).

Variable dependiente: Temperatura (°C), crecimiento de la altura del tallo (cm), número de hojas y biomasa en verde (g).

Prueba estadística

Para los datos obtenidos de la temperatura, crecimiento de la altura del tallo y biomasa en verde, se aplicó la prueba paramétrica (ANDEVA), para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) y para el número de hojas se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, a través de la aplicación del programa estadístico INFOSTAT®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de temperatura

No existió diferencia significativa en la temperatura del testigo y los tratamientos ($p=0,99$), no observándose efectos directos de los abonos orgánicos en el incremento de temperatura durante la época de invierno (Tabla 1). Sin embargo, la combinación de estos dos tipos de estiércol ovino-bovino fue el que presentó mayor temperatura ($T_4=13,05$ °C) en relación al testigo ($T_1=11,84$ °C) y los otros tratamientos ($T_2=12,92$ °C y $T_3=12,74$ °C). Asimismo, el promedio de la temperatura máxima del T_4 fue de $32,15$ °C y el promedio de su temperatura mínima fue de $0,34$ °C; lo cual superó la temperatura mínima de invierno, que corresponde a $-0,7$ °C (SENAMHI 2013; Carbonel *et al.* 2018), cuyo efecto se manifestó en la pronta germinación de la alfalfa en época de invierno. El incremento de la temperatura con la aplicación de los tratamientos,

se debe a que el abono orgánico por su color oscuro absorbe más radiación solar (FONAG 2010). Otros autores confirman que la temperatura interna asciende porque la actividad microbiana se acentúa con el uso del abono orgánico (Mueller y Teuber 2007; Medina *et al.* 2015).

Los promedios ($T_{med}=6,54$ °C y $T_{max}=31,36$ °C) (Tabla 1) son óptimas a las condiciones de temperatura para la germinación de la alfalfa, que fluctúan en un rango de 5 °C hasta los 35 °C (Mueller y Teuber, 2007). Por ejemplo, en el invierno de 2008 y 2010 Quiroga, (2013) refiere que la tasa crecimiento de la alfalfa se vio afectada por las heladas llegando a una temperatura mínima de <-4 °C, teniendo en cuenta que el sustrato solo fue tierra, sin ninguna adición de un tipo de estiércol de animal; similares resultados de temperatura fueron reportados por Rivas-Jacobo *et al.*, (2005) en la estación de invierno donde la temperatura mínima registrada fue inferior a 0 °C y las máximas fueron menores a los 30 °C para el crecimiento de la alfalfa.

Evaluación del crecimiento de altura del tallo (cm)

El efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de la altura del tallo de *M. sativa* en los resultados se evidencia que existe diferencia significativa ($p < 0,0001$) entre el testigo ($T_1=3,67$) y los tratamientos, donde los tratamientos tuvieron efectos directos en el crecimiento de la altura del tallo, siendo el $T_3=5,24$ quien presentó mayor

crecimiento seguido por T4=5,01 y T2= 5,00 (Figura 1). Este comportamiento es debido a que el estiércol de ovino presenta mayor valor nutritivo a diferencia del estiércol de vacuno (Castro et al., 2019). Datos similares menciona Torrez (2010) que con la aplicación de estiércol de ovino durante los meses de octubre-abril presentaron tallos con altura de 24,5 cm; por otro lado, Lemache (2015), con aplicación de estiércol de gallina ha logrado hasta 48,9 cm de altura y con estiércol de ovino 45,84 cm. No obstante, existe una diferencia de tiempo con las investigaciones mencionadas respecto a la nuestra que solo se realizó en 40 días, por ejemplo Castro et al. (2019) menciona que a los 42 días, la altura de la planta fue significativamente mejorada por el uso del abonamiento con CGP (Compost de pollos broiler) aumentando a 10,93 cm. Asimismo, nuestra investigación se realizó en época de invierno donde la producción en cualquier tipo de cultivo o pastizales es menor que en verano (Almeida et al., 2015), debido a las bajas temperaturas, poca radiación solar y alto número de días con heladas (Zaragoza et al., 2009). Otra razón pudiendo ser que no se abonó nuevamente, lo que hubiera permitido un mayor crecimiento, ya que a los 40 días ya hubo un descenso de los microorganismos por la falta de nueva materia orgánica (Medina et al., 2015).

Evaluación de número de hojas

En la evaluación de número de hojas, existe diferencia significativa ($p < 0,0001$) de los tratamientos respecto al testigo, asimismo, entre

el T4 y T2, habiendo efectos positivos de los sustratos en el número de hojas. Donde la mayor producción se obtuvo en el T4=15,57 seguida del T3=15,22, T2=13,22 y T1=8,54 (Figura 2). Zaragoza et al. (2009) reporta mayores resultados (24 hojas) con la aplicación de té de estiércol de ovino, seguida del té de estiércol de gallina (21 hojas), por otro lado Chugñay (2014) reporta que el número de hojas con relación al tallo es mayor en el abono del humus alcanzando 72 hojas a diferencia del té de estiércol con 45,5 hojas. Otros autores (Guanopin, 2012) al aplicar biol de estiércol de gallina y bovino, presentaron un promedio de 13.67 hojas por tallo y por último el testigo con un promedio de 12,07 hojas a 2628 msnm en condiciones de temperatura promedio anual mayores a 13,4 °C, mientras que a más de 3820 msnm, como es el caso de nuestra investigación, se registra una temperatura promedio anual de 8,4 °C (SENAMHI, 2013), esta situación afecta en el desarrollo de una menor cantidad de hojas.

El T1 presenta 8,54 hojas, este tratamiento no tuvo la adición de estiércol, según investigaciones refieren que la adición de estiércol favorece el desarrollo de la planta (Lemache, 2015), pero, sin la adición de estiércol la relación de hoja-tallo en época de invierno fue 1,49 hojas y comparado con verano y primavera (0,92 y 0,94) (Rojas-García et al., 2017), en cuanto a diferencia de praderas de un año (5,105 Kg MS hoja ha⁻¹), superando en 53 y 45 % a las praderas de dos y tres años (Gaytán et al., 2019) presentando una temperatura mayor que la nuestra debido a la altitud en la que se

realizó la investigación. En la misma investigación con la adición de estiércol la relación hoja-tallo, se incrementa a 3,4 hojas (Rojas *et al.*, 2019). Siendo recomendado el uso de diferentes tipos de estiércoles para el crecimiento de tallo y número de hojas para la producción de buena leche y carne en animales de granja

Evaluación de biomasa en verde (g)

En la evaluación de la biomasa en verde de *M. sativa* no existe diferencia significativa en los tratamientos ($p=0,1637$), lo que implica que, los sustratos no tuvieron efectos en la biomasa, siendo similares los pesos de la biomasa de T1=2,40 g, T2=3,20 g, T3=3,80 g y T4=3,20 g (Figura 3), Sin embargo, numéricamente se alcanzó mayor biomasa en el T3 teniendo una tendencia de poder seguir incrementando debido a que los cortes frecuentes producen un aumento en la calidad nutritiva del forraje (Risso *et al.*, 2000) es decir, entre más prolongado sea el periodo de descanso entre cortes, la producción de biomasa crece de forma exponencial (Gaytán *et al.*, 2019); siendo confirmada por Chugñay (2014) quien menciona que la producción de forraje verde en el primer corte fue inferior (12,45 y 17,89 Tn/ha/corte), que en el segundo corte, en el que se determinaron producciones entre 15,86 y 18,81 Tn/ha/corte. Sin embargo, Ordoñez *et al.* (2019) menciona que al analizar el porcentaje de cobertura después de un año de corte, se vio afectada negativamente los cultivares Verzy de alfalfa. Por otra parte, en materia seca Castro *et*

al. (2019) obtuvo 1,00 g al aplicar 10 t/ha de guano de compost de pollos broiler, Rojas-García *et al.* (2017) obtuvieron 0,38 g en invierno lo que estuvieron asociados al efecto negativo de las bajas temperaturas al no aplicar ningún tipo de estiércol o compost, Rojas *et al.* (2019) observaron mayores valores en primavera (0,93 g) y menor en invierno (0,39 g). A diferencia de la aplicación del té de estiércol la materia seca fue mayor en el testigo (18,57 %) seguida del estiércol ovino (18,31 %), estiércol de bovino (18,23 %) y por último el estiércol de gallina (18,03 %) (Lemache, 2015). La aplicación del humus y el té de estiércol, registraron producciones de 17,81 y 17,89 Tn de FV/ha/corte a comparación en la aplicaciones de compost y vermicompost las producciones fueron de 16,40 y 16,59 Tb de FV/ha/corte (Chugñay, 2014) .

CONCLUSIONES

La aplicación de los abonos orgánicos (bovino, ovino y ovino-bovino), tuvieron efectos significativos en la altura de tallo (cm) y el número de hojas respecto al testigo, donde se registró un mayor crecimiento con abono de estiércol de ovino y el mayor número de hojas se registró con la combinación de estiércol ovino-bovino. No significativamente, un mayor aumento de la temperatura (°C) del sustrato se dio con la aplicación de estiércol ovino-bovino y mayor biomasa (g) con la aplicación de estiércol ovino. Estos resultados podrían convertirse en una práctica de manejo agronómico para la

producción de forraje en las zonas con temperaturas bajas.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a la Facultad de Ciencias Biológicas. Programa de Ecología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por la facilitación del termómetro láser para el muestreo de temperatura y al Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento a la investigación formativa a estudiantes a nivel de pregrado.

REFERENCIAS

- Almeida, F.M., Gonçalves, G.J., Arzuaga, J., Torres, W., Cabrera, J.A. y Hernández, A. (2015). Principales problemáticas que afectan el desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) en diferentes municipios de la provincia Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 100–107. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400013
- Bonvillani, M.J. (2013). Emergencia y establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con distinto grado de reposo invernal en diferentes condiciones ambientales. Tesis de grado de Maestría en Ciencias Agropecuarias no publicada, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.
- https://www.produccionvegetalunrc.org/images/fotos/13_Tesis%20Maestria%20Ciencias%20Agropecuarias%20Julieta%20Bonvillani.pdf
- Carbonel R.A., Arias, J., Zorogastua, P., Passoni, F., Vilcara, E. y Valencia, M. (2018). Impacto de heladas meteorológicas y agronómicas en alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la región Puno. *Anales Científicos*, 79(2), 308-315. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1243>
- Castro, A., Henríquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 31-43. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrost/article/view/6733>
- Castro, J.I., Chirinos, D. y Lara, P. (2019). Evaluación del compost de guano de pollo en el rendimiento y calidad nutricional de la alfalfa en la sierra central del Perú. *Rev. investig. vet. Perú*, 30(4), 1562-1568. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.15756>
- Chugñay, D.E. (2014). Evaluación productiva de una mezcla forrajera de *Medicago sativa* (alfalfa) y *Lolium perenne* (ray-grass) con diferentes abonos orgánicos (humus, compost, vermicompost y te de estiércol) en la comunidad de Lluçud del Cantón Chambo. Tesis pregrado de Ingeniero

- Zootecnista no publicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3761>
- Contreras, J.L., Cordero, A.G., Curasma, J., Thimothee, J.A., Del Solar, J. (2019). Influencia ambiental sobre el valor nutritivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en los andes peruanos. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 9(1), 7-14. <http://dx.doi.org/10.18004/compend.cien.c.vet.2019.09.01.07-14>
- Fondo para la Protección del Agua. (FONAG, 2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. USAID. https://www.academia.edu/22880416/Abonos_org%C3%A1nicos
- Gaytán, J.A, Castro, R., Villegas, Y., Aguilar, G., Solís, M.M., Carrillo, J.C., Negrete, L.O. (2019). Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 353-366. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>
- Guanopatin, M.R. (2012). Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis pregrado de Ingeniera Agrónoma no publicada, Universidad Técnica de Ambato Cevallos, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/969>
- Lemache, P.C. (2015). Utilización de diferentes tés de estiércol en la producción de Medicago sativa (alfalfa), variedad flor morada. Tesis pregrado de Ingeniera Zootecnista sin publicar, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3924>
- Lestingi, A., Bovera, F., Piccolo, V., Convertini, G. y Montemurro, F. (2016). Effects of compost organic amendments on chemical composition and in vitro digestibility of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Italiana de Ciencia Animal*, 8(2), 201-209. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.201>
- Medina, A., Quipuzco, L. y Juscamaita, J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biogestores. *Anales Científicos*, 76(1), 116-124. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- Mueller, S.C. y Teuber, L.R. (2007). Alfalfa Growth and Development. IN (C. G. Summers and D. H. Putnam, eds.), *Irrigated alfalfa management for Mediterranean and Desert zones*. Chapter 3. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 8289; 2007. <https://alfalfa.ucdavis.edu/IrrigatedAlfalf>

- [a/pdfs/UCAAlfalfa8289GrowthDev_free.pdf](#)
- Ordoñez, V., Nescier, I., Dovis, V., Giego, J., Bonvin, C., Ribero, G. y Walker. (2019). Productividad y cobertura de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa L.*) de diferentes grados de reposo invernal bajo dos frecuencias de corte. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 18(2), 45-53. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.8785>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010). Protección contra las heladas: Fundamentos, práctica y economía. <http://www.fao.org/3/y7223s/y7223s00.htm>
- Otero, A. y Castro, M. (2019). Variabilidad de la producción estacional de forraje de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en el suroeste de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 23(1), 1-11. <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/65>
- Ramírez, J.L., Zambrano, D.A., Campuzano, J., Vardecia, D.M., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J. y Uvidia, C. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>
- Quiroga, H.M. (2013). Tasa de acumulación de materia seca de alfalfa en respuesta a variables climatológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(4), 503-516. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1183>
- Redes sostenibles para la seguridad alimentaria. (REDESA, 2006). Guía práctica de Pastos cultivados. 1ra ed. Lima, Perú: INIA. <https://aprenderly.com/doc/3121335/guia-practica-de-pastos-cultivados>
- Risso, D.F., Restaino, E. y Rebuffo, M. Tecnología en alfalfa. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA 2000. <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos/compartidos/111219240807160703.pdf>
- Rivas-Jacobo, M.A., López-Castañeda, C., Hernández-Garay, A. y Perez-Perez, J. (2005). Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa L.*). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 43(1), 79-92. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1390>
- Rojas, A., Torres, N., Maldonado, M., Herrera, J., Sánchez, P., Cruz, A., Mayren F.J. y Hernández A. (2019). Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(1), 239-253.

- <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4631>
- Rojas-García AR, Torres-Salado N, Joaquín-Cancino S, Hernández-Garay A, Maldonado-Peralta MA, Sánchez-Santillán P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 51, 697-708. <http://valoragregado.org/ojsagrociencia/index.php/agrociencia/article/view/1321/1321>
- Romero, N.A., Cameron, E.A. y Ustarroz, E. (1995). Manejo y utilización de la alfalfa. *Producción Animal*, (1), 150-170. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/26-crecimiento_y_utilizacion.pdf
- Sánchez, L., Andrade, H. y Rojas, J. (2010). Demanda de mano de obra y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. *Acta agronómica*, 59(3), 363-371. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/17666/18540
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (SENAMHI, 2013). Estudio de caracterización climática de la precipitación pluvial y temperatura del aire para las cuencas de los ríos. <https://www.senamhi.gob.pe/puno/>
- Torrez, M. (2010). Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Quipaquipani, Viacha. Tesis pregrado de Ingeniero Agrónomo no publicada, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5205>
- Travieso, M.G, Lambert, T., Pupo, Y.G., Tamayo, LA., Gómez, R., Galindo, W.R. y Lescay, B. (2018). Respuesta productiva de *Glycine max* a diferentes dosis de abonos orgánicos en suelo pardo Sialítico. *Centro Agrícola*, 45(3), 37-43. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V45-Número_3/cag06318.pdf
- Vázquez-Vázquez, C., García-Hernández, J.L., Salazar-Sosa, E., Murillo-Amador, B., Orona-Castillo, I., Zuñiga-Tarango, R., Rueda, E.O. y Preciado, P. (2010). Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4), 363-372. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1497>
- Villegas, Y., Hernández, A., Pérez, J., López, C., Herrera, J.G., Enríquez, J.F. y Gómez, A. (2004). Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(2), 145-158. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1421>
- Zaragoza, J., Hernández-Garay, A., Pérez, J.,

Herrera, J.G., Osnaya, F., Martínez, P.A.,
Martínez, P.A., González. S.S. y Quero,
A.R. (2009). Análisis de crecimiento
estacional de una pradera asociada
alfalfa-pasto ovilla. *Revista Mexicana de*

Ciencias Pecuarias, 47(2), 173-188.
[https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/
index.php/Pecuarias/article/view/1478](https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1478)

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 1. Temperatura (°C) de los sustratos (testigo y tratamientos) en la producción *Medicago sativa* (alfalfa) en el periodo de invierno.

TEMPERATURA °C	TRATAMIENTOS				PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	
Tmin (06:00 h)	-0,18	0,14	-0,07	0,34	0,06
Tmed (18:00 h)	5,97	6,85	6,67	6,66	6,54
Tmax (12:00 h)	29,74	31,92	31,61	32,15	31,36
Tprom	11,84	12,92	12,74	13,05	

Tmin= Temperatura mínima, Tmed= Temperatura media, Tmax= Temperatura máxima, Tprom= Temperatura promedio.

Anexo 2.

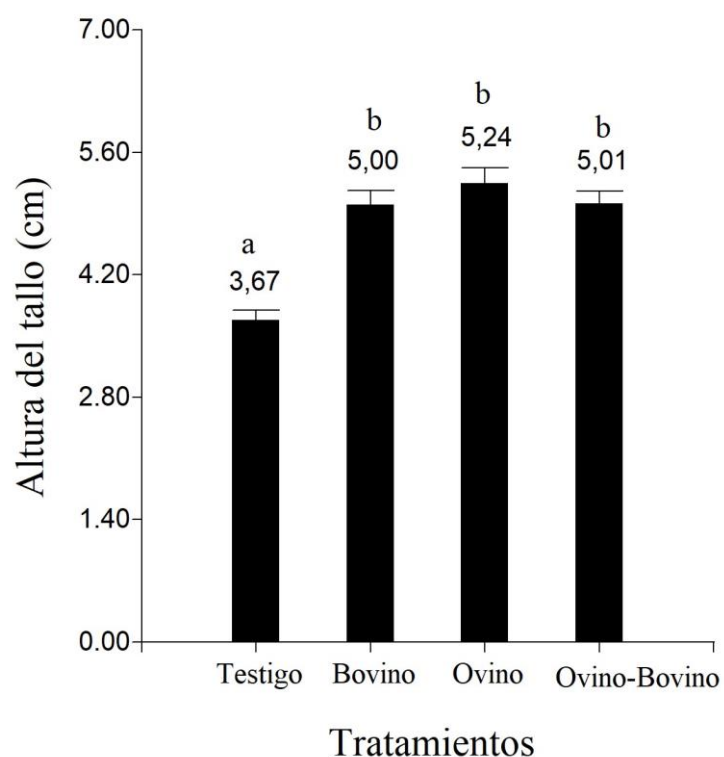


Figura 1. Altura de tallo (cm) de *Medicago sativa* (alfalfa) en el testigo y los tres tratamientos en el periodo de invierno.

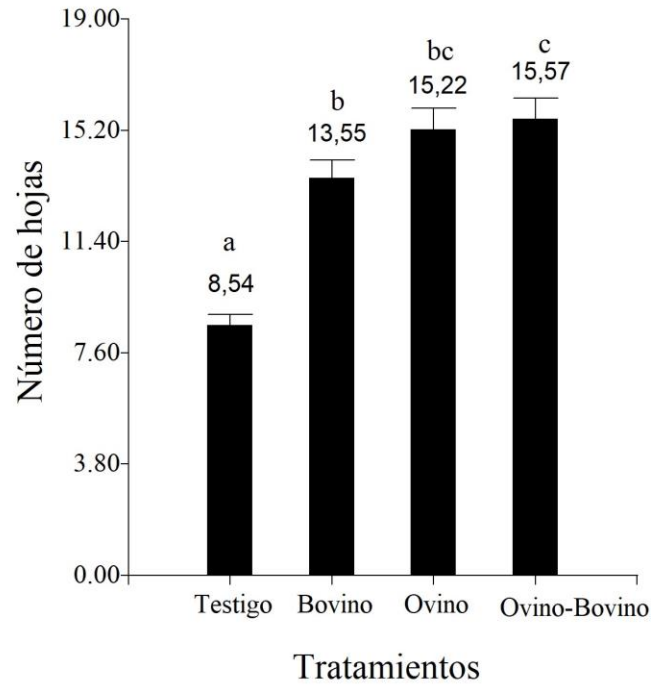


Figura 2. Número de hojas de *Medicago sativa* (alfalfa) en el testigo y los tres tratamientos en el periodo de invierno.

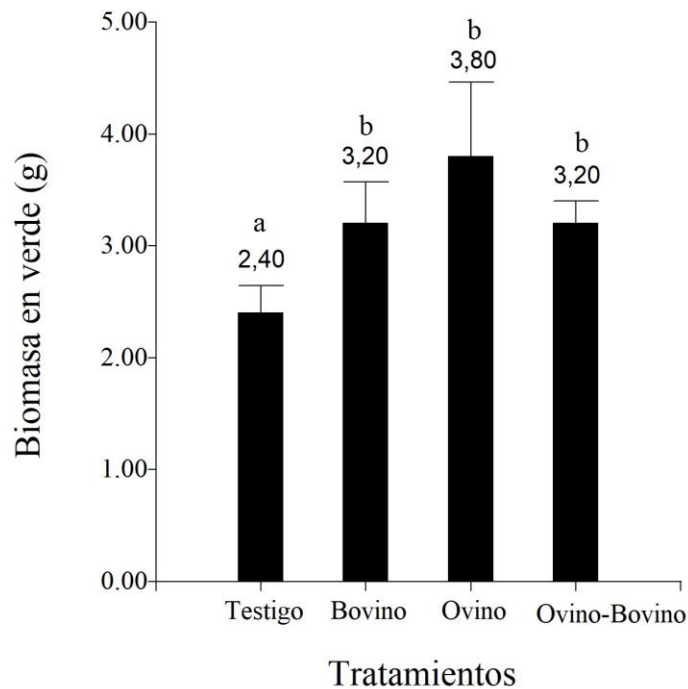


Figura 3. Biomasa (g) en verde de la producción *Medicago sativa* (alfalfa) en el testigo y los tres tratamientos en el periodo de invierno.