



Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo

Response of corn crop to concentrations of digested bovine manure in humid tropical climate


Estephany García-Gonzales¹; Percy Diaz-Chuquizuta¹; Edison Hidalgo-Meléndez¹; Oniel J. Aguirre Gil^{1,*}

1 Estación Experimental Agraria El Porvenir, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Jr. Martínez de Compañón 1035, Tarapoto 22200, San Martín, Perú.

*Autor correspondiente: ct_elporvenir@inia.gob.pe (O. J. Aguirre-Gil).

ID ORCID de los autores

E. García-Gonzales:  <https://orcid.org/0000-0002-6841-6518>

P. Diaz-Chuquizuta:  <https://orcid.org/0000-0002-9893-5482>

E. Hidalgo-Meléndez:  <https://orcid.org/0000-0003-4345-6668>

O. J. Aguirre Gil:  <https://orcid.org/0000-0001-7807-0189>

RESUMEN

El uso de abono líquido es una opción viable y económica que puede ser integrada a los sistemas de producción familiar en el trópico húmedo. El objetivo del presente estudio fue determinar la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación de diferentes concentraciones de abono líquido de ganado. Para este propósito, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos (concentraciones de abono líquido de ganado) y cuatro repeticiones. Los resultados indican que el rendimiento del maíz fue mayor en los tratamientos con aplicación foliar de abono, incluyendo el tratamiento con aplicación dirigida al suelo. El tratamiento con 60% abono permitió alcanzar el promedio más alto de rendimiento con 5,24 t ha⁻¹. Finalmente, se concluye que el maíz alcanza el mayor rendimiento cuando se aplica abono líquido de ganado al 60% vía foliar bajo un sistema de producción familiar en clima tropical húmedo.

Palabras clave: agricultura familiar; digestión anaeróbica; estiércol; productividad.

ABSTRACT

The use of liquid manure is a viable and economic alternative that can be integrated into family production systems in the humid tropics. The objective of this study was to determine the response of corn (*Zea mays* L.) to the application of different concentrations of livestock liquid manure. To this end, a completely randomized block design with seven treatments (concentrations of livestock liquid manure) and four replications were used. The results indicate the corn yield was higher in the treatments with foliar application of liquid manure, including the treatment with application directed to the soil. The treatment with 60% liquid manure allowed reaching the highest average yield with 5.24 t ha⁻¹. Finally, it is concluded that corn achieves the highest yield when 60% livestock liquid manure is applied via foliar under a family production system in tropical humid climate.

Keywords: anaerobic digestion; family farming; manure; productivity.

Recibido: 16-07-2020.

Aceptado: 27-08-2020.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal insumo en la elaboración de alimento para animales menores y es fuente de ingreso permanente en sistemas de producción familiar (Chura y Tejada, 2014; Ranum *et al.*, 2014). Sin embargo, el mal manejo del cultivo ha ocasionado disminución en la producción poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

La utilización excesiva de fertilizantes minerales para aumentar la producción de los cultivos se ha convertido en un problema ambiental a nivel mundial debido a que contamina el suelo y agua (Butler *et al.*, 2007). Adicionalmente, el precio de los fertilizantes minerales hace que se incremente el costo de producción de los cultivos haciéndolo inviable para los pequeños productores.

En ese sentido, el presente estudio aborda la necesidad de implementar estrategias que sean menos invasivas para el medio ambiente, permitan aumentar la productividad mediante reciclaje de residuos y garanticen obtener cosechas de calidad (Carvajal-Muñoz y Carmona-García, 2012).

Bajo el contexto abordado anteriormente, los abonos orgánicos (residuos) provenientes del mismo sistema de producción familiar son una alternativa viable porque aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos al suelo, lo cual favorece la fertilidad y la nutrición de las plantas por su baja relación C/N (<20) y nutrientes en alta disponibilidad (Eghball *et al.*, 2004, Egrinya *et al.*, 2000). Consecuentemente, los abonos orgánicos mejoran las características físicas del suelo, previenen su erosión, reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental permitiendo el desarrollo de una agricultura sostenible (Acevedo y Pire, 2004).

Para el uso del estiércol como abono, la materia orgánica debe pasar por un proceso de digestión

anaerobia que es una forma de utilizar los desechos orgánicos de manera eficiente y que permite la producción de gas y el reciclaje de desechos (Yen *et al.*, 2017). Este proceso permite que nutrientes como el nitrógeno pasen a formas inorgánicas y puedan ser absorbidos por las plantas (Salazar-Sosa *et al.*, 2003).

Por lo tanto, los extractos líquidos producto de la digestión del estiércol son una alternativa viable y económica que pueden ser aprovechadas en la producción agrícola y gestión eficiente de residuos (Alvarenga *et al.*, 2017). Sin embargo, el principal problema del estiércol líquido digerido es su alta conductividad eléctrica (CE) con valores cercanos a 15 dS m⁻¹ lo que afecta el desarrollo de las plantas (Fregoso *et al.*, 2001). No obstante, este efecto en las plantas puede ser mitigado al diluir el estiércol líquido digerido en agua hasta alcanzar la CE que requieren los cultivos. Adicionalmente, el estiércol digerido diluido y aplicado mediante pulverización foliar es más rápidamente absorbido y de fácil manejo debido al tamaño de partícula que permite una aplicación más uniforme (Medeiros y Lopes, 2006). El rendimiento del maíz ha disminuido por problemas de pérdida de fertilidad del suelo, uso de variedades de baja productividad y prácticas culturales que degradan el suelo y contaminan el ambiente. Asimismo, el maíz es una planta exigente en nutrientes y cuya extracción unitaria ha sido reportada en 27,3 Kg de N, 5,9 Kg de P y 29,1 Kg de K por tonelada de grano (Vásquez *et al.*, 2014).

En ese contexto, el objetivo del estudio fue determinar la respuesta del cultivo de maíz bajo la aplicación de diferentes concentraciones de estiércol digerido (abono líquido) en un sistema de producción familiar en el trópico húmedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Local del estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria El Porvenir (EEA El Porvenir), Km 14,5 carretera Fernando Belaunde Terry, San Martín, a 76°18'46" O y 6°35'28" S, 230 msnm con clima de selva tropical o tropical húmedo (Af) de acuerdo con la clasificación actualizada de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007). Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica automática de la EEA El Porvenir, localizado en el Distrito de Juan Guerra, San Martín. El área en estudio fue muestreado y preparado mecánicamente (con rastra y surcadora) antes de la siembra.

Diseño del experimento

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con siete tratamientos (concentraciones de abono líquido, Tabla 1) y cuatro repeticiones. Los tratamientos se aplicaron a los 15, 25, 35 días después de la siembra. Las unidades experimentales tuvieron un área de 28,8 m² y cada tratamiento un área total de 115,2 m². Cada unidad experimental tuvo un área neta de 24 m² (4,8 m de ancho, 5 m de largo).

Tabla 1

Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos (Concentración)	Cantidad de abono (L ha ⁻¹)	Cantidad de agua (L ha ⁻¹)	Modo de aplicación
20%	48	192	Foliar
40%	96	144	Foliar
60%	144	96	Foliar
80%	192	48	Foliar
100%	240	0	Foliar
100%S	240	0	Al suelo
Control	-	240	Foliar

Preparación del abono líquido

El abono se preparó a partir de la mezcla de estiércol de ganado fresco y agua a una proporción de 1:3 de acuerdo con Ochoa *et al.* (2016) en un biodigestor modelo tubular plástico con flujo continuo Tipo Taiwán de 10 m de longitud, 5 m de ancho y 2 m de profundidad. La cosecha del abono líquido se realizó después de un periodo de digestión anaeróbica de 40 días.

Análisis de suelo y estiércol

Para el análisis de nutrientes, 1 Kg de estiércol fresco y 1 L de abono se colectó antes y después de la digestión, respectivamente.

Para el análisis de suelo, se tomaron 10 submuestras de los primeros 20 cm de profundidad siguiendo un muestreo en zigzag. Las submuestras se juntaron y homogenizaron obteniendo así una muestra compuesta (1 Kg) representativa.

Las muestras de suelo y estiércol se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Agua y Suelo de la EEA El Porvenir.

Siembra

Las semillas de maíz utilizadas corresponden a la variedad Marginal 28-T (n° de registro 036 INIPA) generada y desarrollada por el Programa Nacional de Maíz, EEA El Porvenir, Instituto Nacional de Innovación Agraria. La siembra se realizó de manera manual a una profundidad de 5 cm, aproximadamente, colocándose tres semillas por punto de siembra. El distanciamiento entre líneas fue de 0,8 m y entre plantas fue de 0,4 m. Las plantas excedentes se eliminaron a los 20 días después de la siembra manteniendo, solamente, dos plantas por punto de siembra para mantener una densidad poblacional de 62 500 plantas ha⁻¹.

Manejo del cultivo

El control de malezas se realizó con herbicida a base de glifosato a una dosis de 2 L ha⁻¹. Asimismo, se realizaron dos deshierbos manuales antes de la cosecha. Para el control del "cogollero" *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), se realizó una aplicación de insecticida a base de chlorpirifos a los 15 días después de la siembra a una dosis de 1,5 L ha⁻¹ solo en el tratamiento control. La cosecha se realizó

manualmente, evaluando las líneas correspondientes a la parcela neta y cuando las plantas de maíz completaron la madurez fisiológica (120 días después de la siembra).

Variabes en estudio

Los parámetros evaluados fueron (i) altura de planta (medido en la fase fenológica de llenado de granos, desde el suelo hasta la hoja bandera), (ii) peso total de mazorcas en campo, (iii) peso de mazorcas y (iv) rendimiento de grano. El peso de mazorca en campo se realizó utilizando una balanza digital (BSP 52 PLUS, marca BOECO).

Para calcular el rendimiento en t ha⁻¹ por parcela se aplicó la fórmula utilizada por Tadeo-Robledo *et al.*, (2014) $RG = (P.C. \times \%MS \times \%G) \times F.C. / 8600$, donde PC es el peso (Kg) de campo del total de las mazorcas cosechadas en la parcela, %MS es el porcentaje de materia seca calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, %G es el porcentaje de grano obtenido como el cociente entre el peso de grano y el de mazorca, FC es el factor de conversión a rendimiento por ha, que se obtiene de dividir 10000 m² entre el tamaño de la parcela útil determinado en m² (7,68 m²), 8600 es una constante empleada para estimar el rendimiento con una humedad de grano de 14%.

Análisis estadísticos

Los análisis se ejecutaron utilizando el software R para Windows (R Core Team, 2016). La normalidad se determinó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene se usó para determinar la homogeneidad de varianzas ($\alpha=0,05$). Los datos se analizaron mediante ANOVA, seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media durante el estudio fue de 27 °C, precipitación acumulada de 434 mm y humedad promedio de 73%. Los resultados del análisis indican que el suelo tuvo pH ligeramente ácido, sin problemas de sales, contenido de magnesio (Mg⁺⁺) normal, contenido de fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico (CICe) medio, contenido alto de calcio (Ca⁺⁺) y textura franco arcillosa (Tabla 2), reuniendo las condiciones adecuadas para el cultivo de maíz.

Tabla 2

Características físico-químicas del suelo antes de la siembra del maíz

Parámetro	Valor	Interpretación
pH	6,30	Ligeramente ácido
CE (μS/cm)	216,30	Sin problemas de sales
M.O (%)	3,67	Medio
P (ppm)	10,00	Medio
K (ppm)	221,40	Medio
CICe (meq/100g)	17,00	Medio
Ca ⁺⁺ (meq/100g)	14,16	Alto
Mg ⁺⁺ (meq/100g)	2,16	Normal
Arena-Limo-	33,50-	
Arcilla (%)	23,00-	Franco arcilloso
	43,50	

Los resultados del análisis de estiércol fresco de ganado y abono líquido (estiércol digerido anaeróticamente) indican que el porcentaje de fósforo (P) extraíble aumentó luego de la digestión por 40 días; en contraste, el pH, conductividad eléctrica (CE) y demás nutrientes disminuyeron (Tabla 3).

Tabla 3

Características del estiércol fresco de ganado y abono líquido en estudio

Parámetro	Estiércol fresco de ganado	Abono líquido
pH	8,25	7,40
CE (dS m ⁻¹)	124,00	4,02
N(%)	1,36	0,01
P (%)	0,51	39,4
S-SO ₄ ⁻² (%)	0,64	0,02
K (%)	5,79	0,15
Ca (%)	1,45	0,01
Mg (%)	0,48	0,02
Na (ppm)	99,60	0,10
Zn (ppm)	68,30	0,40
Cu (ppm)	27,70	1,20
Mn (ppm)	139,00	<0,50
Fe (ppm)	2555,00	8,80
B (ppm)	9,51	<5,00

La aplicación de abono líquido a diferentes concentraciones tuvo efecto sobre la altura de planta en donde el tratamiento con 20% de abono líquido tuvo la menor altura con 176,5 cm (Tabla 4). Asimismo, el peso total de mazorcas en campo, peso de mazorca y rendimiento de grano fueron mayores cuando el abono líquido (20 - 60%) se aplicó al follaje o suelo (Tabla 4, Tabla 5).

Tabla 4

Promedio de altura de planta y peso total de mazorcas en campo de maíz tratado con abono líquido en diferentes concentraciones

Tratamientos	Altura de planta (cm)		Peso total de mazorcas campo (kg)	
20%	176,50±3,69	b	11,61±0,46	a
40%	192,50±2,50	a	11,02±0,26	a
60%	192,50±2,22	a	12,78±0,31	a
80%	197,50±2,22	a	11,88±0,20	a
100%	194,50±3,30	a	10,87±0,49	ab
100%S	188,00±1,41	ab	10,80±0,42	ab
Control	186,00±2,94	ab	8,74±0,71	b
R ²	0,71		0,73	
p-valor	0,00		0,00	

Por otro lado, de acuerdo con el análisis de regresión lineal realizado, el máximo rendimiento de grano (5,09 t ha⁻¹) se obtiene con la aplicación de abono líquido a una concentración de 60% (Figura 1).

Resultados similares con respecto a P extraíble fueron encontrados por Irshad et al., (2013) al caracterizar estiércol fresco y compostado de ganado. Por lo tanto, los resultados encontrados en el presente trabajo sugieren fuertemente que el P extraíble, reducción de la cantidad de sales (CE) y el pH se debe la actividad de degradación de los microorganismos durante el proceso de digestión anaeróbica (Guo et al., 2014; Li et al., 2015; Stolze et al., 2015). Asimismo, estudios previos indican que existe efecto residual positivo de la aplicación de estiércol o compost en el rendimiento del maíz durante al menos un año y que la absorción de P por la planta podría durar incluso mucho más (Eghball et al., 2004; Matsi et al., 2015). Esto indica que la aplicación de abono líquido bajo un sistema de producción familiar es una alternativa que tiene potencial para incrementar el rendimiento del maíz y evitar el efecto negativo que causa el estiércol de ganado al llegar al agua, en donde se descompone y consume el oxígeno disuelto pudiendo matar por asfixia a peces y otros animales menores (Kumar et al., 2013).

Tabla 5

Promedio de peso de mazorca y rendimiento de maíz tratado con abono líquido en diferentes concentraciones

Tratamientos	Peso de mazorca (kg)		Rendimiento (t ha ⁻¹)	
20%	0,110±0,01	a	4,75±0,23	ab
40%	0,100±0,00	a	4,58±0,15	ab
60%	0,120±0,01	a	5,24±0,12	a
80%	0,110±0,00	a	4,77±0,09	ab
100%	0,098±0,01	ab	4,45±0,17	ab
100%S	0,100±0,01	a	4,28±0,24	ab
Control	0,080±0,01	b	3,54±0,30	b
R ²	0,72		0,74	
p-valor	0,00		0,00	

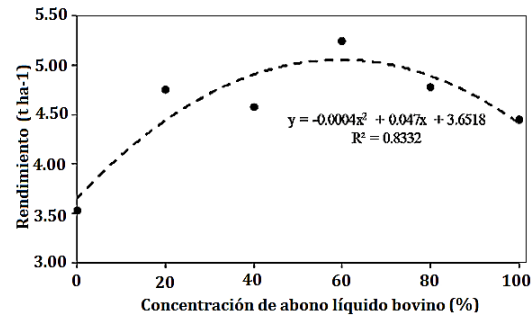


Figura 1. Rendimiento de maíz tratado con abono líquido en diferentes concentraciones.

El efecto positivo del abono líquido (20 - 60%) en el rendimiento se puede explicar de dos maneras (i) el abono aplicado directamente al follaje proporciona nutrientes y metabolitos secundarios producto de la digestión anaeróbica de los microorganismos presentes en el estiércol del ganado (Das et al., 2017) y (ii) el abono líquido que llega al suelo promueve la actividad microbiana nativa, permite el reciclaje de nutrientes y mejora las propiedades químicas del suelo (Eghball et al., 2004; Epelde et al., 2018). En ambas explicaciones, es probable la interacción del maíz con microorganismos nativos que tienen la capacidad de inducción de resistencia o promoción de crecimiento de plantas como reportado por Gond et al. (2015) y Lobo et al. (2019) en el cultivo de maíz, respectivamente. Asimismo, es importante destacar que el uso de microorganismos con capacidad de promoción de crecimiento e inducción de resistencia y su efecto en el rendimiento del maíz y otros cultivos está ganando interés por la comunidad científica a nivel mundial (Aloo et al., 2019).

Desde el punto de vista nutricional, la absorción del N proveniente del abono líquido (20 - 60%), demostrada por la mayor altura de planta, favorece la absorción de K, P y otros nutrientes en el cultivo de maíz (Aragão et al., 2011). Asimismo, esta tendencia de aumento en la absorción de N fue encontrado en estudios similares realizados con lixiviados de vermicompost (Gutiérrez-Miceli et al., 2017). En contraste, a mayores concentraciones de abono líquido se presentan efectos negativos que, también, fueron observados en maíz para forraje (Ortiz-Laurel et al., 2017) y otros cultivos como lechuga (Jiménez-Morales et al., 2014; Pomboza-Tamaquiza et al., 2016).

Fortis-Hernández et al. (2009) demostraron que el uso de abonos orgánicos (biocompost y vermicompost) son una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de calidad óptimo en maíz para forraje y Ramírez et al., (2016) demostraron que al aplicar abono líquido de ganado es posible incrementar el rendimiento e ingresos económicos de productores mediante el uso de materiales locales y baja inversión en cultivos como cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

Finalmente, el presente estudio demuestra que la integración del estiércol de ganado mediante abono líquido digerido en el cultivo de maíz en un sistema de producción familiar es social, ambiental y económicamente viable en zonas con clima tropical húmedo.

CONCLUSIONES

El maíz variedad Marginal 28-T responde positivamente a la aplicación de abono líquido bovino, y el mayor rendimiento de grano se alcanza con la aplicación de abono líquido bovino a una concentración de 60% vía foliar bajo un sistema de

producción familiar en clima tropical húmedo. Finalmente, estudios más detallados con el objetivo de descubrir la forma de interacción entre los microorganismos del suelo y el cultivo de maíz son necesarios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al personal técnico del Programa Nacional de Maíz y a la Dirección de la Estación Experimental El Porvenir, San Martín del Instituto

Nacional de Innovación Agraria por el apoyo en la ejecución del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I.C.; Pire, R. 2004. Efectos del Lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia* 29: 274-279.
- Aloo, B.N.; Makumba, B.A.; Mbega, E.R. 2019. The potential of Bacilli rhizobacteria for sustainable crop production and environmental sustainability. *Microbiological Research* 219: 26-39.
- Alvarenga, P.; Palma, P.; Mourinha, C.; et al. 2017. Recycling organic wastes to agricultural land as a way to improve its quality: A field study to evaluate benefits and risks. *Waste Management* 61: 582-592.
- Aragão, V.F.; Fernandes, P.D.; Gomes F.R.R.; et al. 2011. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na fase vegetativa do pimentão em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 5: 361-375.
- Butler, D.M.; Ranells, N.N.; Franklin, D.H.; et al. 2007. Ground Cover Impacts on Nitrogen Export from Manured Riparian Pasture. *Journal of Environmental Quality* 36: 155-162.
- Carvajal-Muñoz, J.S.; Carmona-García, C.E. 2012. Benefits and limitations of biofertilization in agricultural practices. *Livestock Research for Rural Development*, 24: 43.
- Chura, C.J.; Tejada, S.J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia (Arica)* 32: 113-118.
- Das, S.; Jeong, S. T.; Das, S.; Kim, P.J. 2017. Composted cattle manure increases microbial activity and soil fertility more than composted swine manure in a submerged rice paddy. *Frontiers in Microbiology* 8: 1702.
- Eghball, B.; Ginting, D.; Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.
- Egrinya, E. A.; Yamamoto, S.; Honna, T.; et al. 2000. Characterization of organic matter and nutrients during composting of livestock manure. En: Moore, J.A. (Comp.). *Animal, Agricultural and Processing Wastes*. American Society of Agricultural Engineers, Des Moines, Iowa, USA. Pp. 632-639.
- Epelde, L.; Jauregi, L.; Urra, J.; et al. 2018. Characterization of composted organic amendments for agricultural use. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2: 44.
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J.A.; Preciado-Rangel, P.; et al. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana* 27: 329-336.
- Fregoso, M.J.S.; Ferrera-Cerrato, R.; Etchevers, B. J.; et al. 2001. Producción de biofertilizante mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Revista Terra Latinoamericana* 19: 353-362.
- Gond, S.K.; Bergen, M.S.; Torres, M.S.; et al. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172: 79-87.
- Guo, X.; Wang, C.; Sun, F.; et al. 2014. A comparison of microbial characteristics between the thermophilic and mesophilic anaerobic digesters exposed to elevated food waste loadings. *Bioresource Technology* 152: 420-428.
- Gutiérrez-Miceli, F.A.; García-Gómez, R. C.; Oliva-Llaven, M. A.; et al. 2017. Vermicomposting leachate as liquid fertilizer for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* sp.). *Journal of Plant Nutrition* 40: 40-49.
- Irshad, M.; Eneji, A.E.; Hussain, Z.; et al. 2013. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13.
- Jiménez-Morales, V.D.; Trejo-Téllez, L.L.; Gómez-Merino, F.C.; et al. 2014. Modelos de simulación del crecimiento de lechuga en respuesta a la fertilización orgánica y mineral. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 249-254.
- Kumar, R.R.; Park, B.J.; Cho, J.Y. 2013. Application and environmental risks of livestock manure. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 56: 497-503.
- Li, Y.F.; Nelson, M.C.; Chen, P.H.; et al. 2015. Comparison of the microbial communities in solid-state anaerobic digestion (SS-AD) reactors operated at mesophilic and thermophilic temperatures. *Applied Microbiology and Biotechnology* 99: 969-980.
- Lobo, L.L.B.; Dos Santos, R.M.; Rigobelo, E.C. 2019. Promotion of maize growth using endophytic bacteria under greenhouse and field conditions. *Australian Journal of Crop Science* 13: 2067-2074.
- Matsi, T.; Lithourgidis, A.S.; Barbayiannis, N. 2015. Effect of liquid cattle manure on soil chemical properties and corn growth in Northern Greece. *Experimental Agriculture* 51: 435-450.
- Medeiros, M.B.; Silva Lopes, J. 2006. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. *Bahia Agrícola*. Salvador 7: 24-26.
- Ochoa, R.; Erick, D.; Chipana, R. R.; et al. 2016. Aplicación de Biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3: 30-38.
- Ortiz-Laurel, H.; Rossel-Kipping, D.; Rosas-Calleja, D.; et al. 2017. Eficiencia de la aplicación mecanizada de estiércol líquido y su efecto sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) forrajero. *Agroproductividad* 10: 116-121.
- Peel, M.C.; Finlayson, B.L.; McMahon, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Science* 11: 1633-1644.
- Pomboza-Tamaquiza, P.; León-Gordón, O. A.; Villacis-Aldaz, L. A.; et al. 2016. Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad Iceberg. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 4: 84-92.
- R Core Team. 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 3.3.1) [En]. Disponible en <https://www.R-project.org/>
- Ramírez, O.D.E.; Chipana, R.R.; Echenique, Q.M.A. 2016. Aplicación de Biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 3: 30-38.
- Ranum, P.; Peña-Rosas, J.P.; García-Casal, M.N. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312: 105-112.
- Salazar-Sosa, E.; Beltrán-Morales, A.; Fortis-Hernández, M.; et al. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana* 21: 561-567.
- Stolze, Y.; Zakrzewski, M.; Maus, I.; et al. 2015. Comparative metagenomics of biogas-producing microbial communities from production-scale biogas plants operating under wet or dry fermentation conditions. *Biotechnology for Biofuels*, 8: 14.

Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; Turrent-Fernández, A.; et al. 2014 Productividad de grano de cuatro híbridos trilineales de maíz en versión androesteril y fértil. *Agronomía Mesoamericana* 25: 45-52.

Vásquez, A.; Zetina, R.; Meneses, I. 2014. Extracciones nutrimentales en tres cultivos en Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2: 347-353.

Yen, S.; Preston, T.R.; Thuy, N.T. 2017. Biogas production from vegetable wastes combined with manure from pigs or buffaloes in an in vitro biodigester system. *Livestock Research for Rural Development* 29: 150.