



Influencia de la aplicación de biopreparados en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Influence of the application of biopreparations on the performance in the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Juan Carlos Neri Chávez^{1*}, Fely Emmeline Oclocho García¹, Eyrner Huamán Huamán¹ y Roicer Collazos Silva¹

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el sector El Alfalfar, distrito de Chachapoyas, y el principal objetivo fue evaluar la influencia de la aplicación de biopreparados en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*). Se utilizó un diseño en bloques al azar (DBCA), con tres repeticiones y ocho tratamientos. En el abonamiento se aplicó bokashi, gallinaza y humus líquido, de acuerdo a la demanda del cultivo y al análisis de suelo realizado previamente. El trasplante se realizó un mes después del almácigo y la aplicación del bokashi y gallinaza se realizó en el momento de la preparación del terreno; complementariamente, la aplicación del humus líquido se hizo a los 10, 20 y 30 días después del trasplante. Las variables evaluadas en etapa de cosecha fueron: altura, diámetro, peso y rendimiento. Los datos se sometieron al análisis de varianza mediante el software R x 64 3.3.1, usando la prueba de Duncan de comparación múltiple al 5 %. A partir de esta prueba se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; así, el T6, T7 y T8 presentaron los mayores promedios en altura, diámetro y peso de planta. En cuanto al rendimiento, el T8 presentó el mayor promedio con 33,50 tn/ha, mientras que el menor rendimiento se presentó en el T1, con 10,70 tn/ha, resaltando el efecto positivo que tuvieron las combinaciones de los biopreparados en el crecimiento y producción de la lechuga.

Palabras claves: Gallinaza, bokashi, humus líquido.

ABSTRACT

The present research was carried out in the Alfalfar sector, Chachapoyas district, and the main objective was to evaluate the influence of the application of biopreparations on lettuce yield (*Lactuca sativa*). A randomized block design (DBCA) was used, with three replicates and eight treatments. Bokashi, chicken manure and humus were applied in the fertilizer, according to the crop demand and soil analysis previously performed. The transplant was performed one month after the almacigo and the application of bokashi and chicken manure was performed at the time of preparation of the land; complementarily, the application of the liquid humus was done 10, 20 and 30 days after the transplantation. The variables evaluated in the harvest stage were: height, diameter, weight and performance. The data were subjected to analysis of variance using software R x 64 3.3.1, using the Duncan test of multiple comparisons at 5%. From this test were found significant differences between treatments; thus, the T6, T7 and T8 presented the highest averages in height, diameter and plant weight. In terms of performance, T8 presented the highest average of 33.50 tn/ha, while the lowest one was presented in T1, with 10.70 tn/ha, highlighting the positive effect of the combinations of biopreparations in the growth and production of lettuce.

Key words: Chicken manure, bokashi, liquid humus.

¹Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas, Perú

* Autor de correspondencia. E-mail: reydin@indes-ces.ude.pe

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura ejerce una gran presión sobre el medio ambiente comprometiendo los recursos y la producción de alimentos en cantidad y calidad (Sparrevik *et al.*, 2013). Sus principales efectos negativos son la erosión y degradación del suelo, la pérdida de nutrientes, la contaminación del agua, la tierra y los alimentos, la pérdida de biodiversidad, la acumulación de nitratos y otros productos químicos, la salinización, el agotamiento de las fuentes de agua y la emisión de gases de efecto invernadero (Viglizzo *et al.*, 2011).

Los biopreparados son producidos a partir de los materiales de desecho de origen vegetal y animal (García *et al.*, 2014). Tienen la capacidad de recuperar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando por ende la fertilidad y la producción de los cultivos a través del aporte de macronutrientes y microelementos. Dentro de los biopreparados podemos encontrar los abonos orgánicos, bioles, bioinsecticidas y biofungicidas, los cuales combinados con las labores culturales se pueden emplear en el control de plagas y enfermedades reduciendo la contaminación del medio ambiente y produciendo alimentos más sanos. En este sentido, los abonos orgánicos mantienen la dinámica del suelo, el desarrollo vegetal y la vida macro y microbiana, y representan una alternativa para mejorar el nivel económico de los productores, mejorar el sistema alimentario y contrarrestar el problema de desnutrición en las comunidades rurales. Así, los abonos orgánicos representan una alternativa económica, ecológica y sustentable en la producción (López *et al.*, 2012).

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (García, 2011). Este cultivo está considerado como uno de los más importantes del grupo de las hortalizas de hoja, pues es consumida principalmente en forma de ensalada, y cultivada en casi todos los países del mundo. La lechuga presenta una gran diversidad de variedades, dada

principalmente por diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento (Chávez, 2012).

El bokashi (materia orgánica fermentada) es una excelente alternativa para aumentar la materia orgánica y regenerar la actividad microbiológica en suelos altamente degradados. Además, aporta macro y micronutrientes, necesarios para un buen crecimiento de los cultivos. Puede ser elaborado en pequeñas y grandes cantidades por los productores, dependiendo de sus condiciones económicas (Ramos Agüero *et al.*, 2014). Los materiales utilizados para su fabricación son fácilmente sustituibles por otros materiales locales. No existe una fórmula definida, sino que debe establecerse en cada localidad como producto de un proceso de experimentación, así como de los requerimientos de los cultivos y suelos donde se aplicará el abono orgánico (Ramírez, 2012). Como nutrientes principales, el bokashi está compuesto por nitrógeno (1,43 %) fósforo (0,8 %) y potasio (1,9 %) (PYMERURAL Y PRONAGRO, 2011).

Por otra parte, el humus es un material estabilizado, libre de olores y con características deseables como componente de sustratos. Se obtiene por la descomposición de residuos orgánicos a partir de la acción conjunta de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y distintos microorganismos (Basheer y Agrawal, 2013). Está compuesto principalmente por nutrientes como nitrógeno (1,58 %), fósforo (2,11 %) y potasio (30,29 %) (Campos, 2016). El humus líquido de lombriz, presenta un alto contenido de nutrimentos, hormonas de crecimiento vegetal, sustancias húmicas que ayudan a la planta a desarrollarse plenamente. Además, el humus concentrado tiene un alto contenido en sales, por lo que se debe diluir en agua, en relación 1:4 (humus líquido:agua), aplicando 20 litros de humus líquido diluido por hectárea (García y Félix, 2014). Finalmente, la gallinaza puede llegar a contener hasta 4-2-8 en riqueza de nutrientes, de tal forma que este abono satisface las necesidades de N en un 60%, mientras que el 40% restante debe ser aplicado en fertirrigación, ya que las necesidades de P y K son totalmente satisfechas.

Por lo tanto la ejecución del presente trabajo de investigación donde se propone la aplicación de combinaciones de biopreparados (bokashi, gallinaza y humus líquido) se justifica en observar su efecto en el rendimiento del cultivo de lechuga y generar un producto libre de contaminantes dentro del contexto de la agricultura orgánica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La presente investigación se instaló en el sector El Alfalfar, en la salida de la ciudad de Chachapoyas hacia la ciudad de Chiclayo (distrito de Chachapoyas), localizada a una altitud de 2334 m.s.n.m., y cuyas coordenadas geográficas son 6°13'0"S y 77°51'0"O (Figura 1). La zona presenta un clima variado y templado, con lluvias en la temporada de calor (diciembre a abril), y unas temperaturas medias que oscilan entre

los 23 °C de máxima y los 13 °C de mínima.

Análisis físico y químico del suelo

Para un buen abonamiento se realizó el análisis del suelo previo al estudio, de tal forma que se colectaron seis sub muestras de suelo a una profundidad de 30 cm, se homogenizaron y se seleccionaron 500 g del total para su análisis en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

Tratamientos y cantidad de biopreparados

Para el cálculo del abonamiento se consideró la demanda del cultivo y el análisis de suelo, que extrae por cosecha cerca de 150 kg de nitrógeno, 60 kg de fósforo y 120 kg de potasio, siguiendo la metodología usada por Añez y Espinoza (2001). De acuerdo a esto se determinaron los siguientes tratamientos: T1, sin aplicación; T2, 3 kg/m² de bokashi; T3, 1,43 kg/m² de gallinaza; T4, 1,86 l/m² de humus líquido; T5, 1,5

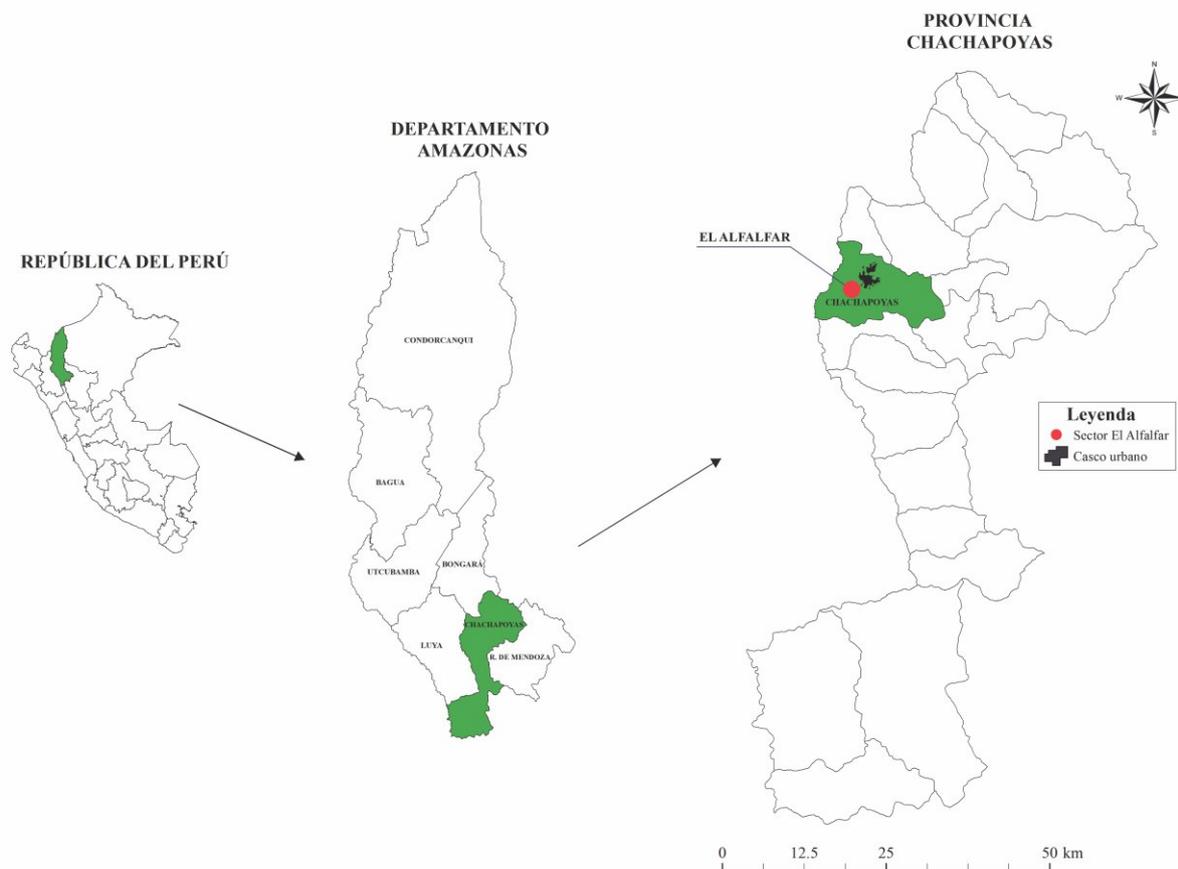


Figura 1. Ubicación del experimento con biopreparados en el distrito Chachapoyas.

kg/m² de bokashi + 0,72 kg/m² de gallinaza; T6, 1,5 kg/m² de bokashi + 0,93 l/m² de humus líquido; T7, 0,72 kg/m² de gallinaza + 0,93 l/m² de humus líquido; y T8, 1 kg/m² de bokashi + 0,48 kg/m² de gallinaza + 0,62 l/m² de humus líquido.

Diseño y características del campo experimental

Para el experimento se utilizó un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con área total de 62,48 m², 672 plantas de lechuga, tres bloques y ocho tratamientos. En cada unidad experimental de 1,60 m² se implantaron 28 plantas, y se evaluaron nueve de ellas situadas en la parte central.

Actividades del experimento

Para realizar las actividades de la investigación se siguió la metodología realizada por Agredo (2014) en su trabajo sobre la comparación de la eficiencia de producción de lechuga en suelo rehabilitado con bokashi y fertilizante químico.

Se realizó el almácigo de la lechuga en germinadores con sustrato desinfectado (tierra agrícola, tierra de bosque y arena de río), bajo una estructura protegida, hasta la formación de dos a tres pares de hojas verdaderas de las plántulas. Se aplicó un riego diario de acuerdo a la necesidad del cultivo y el almácigo se prolongó aproximadamente 30 días.

La preparación y nivelación del terreno se realizó un mes previo al trasplante, utilizando lampa a una profundidad de 30 cm. Se mulló el suelo, y se hizo el trazado, delimitación, nivelación y formación de camas para evitar encharcamientos.

Finalmente se efectuó la aplicación de los biopreparados con dosis de 3 kg/m² de bokashi, 1,43 kg/m² de gallinaza y la mezcla de ambos según los tratamientos. Después de 30 días se trasplantaron las plántulas cuando presentaron dos a tres pares de hojas, a partir de las 4 de la tarde para evitar problemas por efecto de la alta intensidad de los rayos solares (Figura 2).

Para la siembra se consideró una distancia de 20 cm entre surcos y 23 cm entre plantas. La aplicación de humus líquido se programó a los 10, 20 y 30 días después del trasplante con una dosis de 1,86 l/m² en relación 1:4 diluidos en agua.

Medición de las variables de estudio

Una vez transcurridos 50 días en etapa de cosecha, se procedió a medir las variables de altura y diámetro de nueve plantas, mientras que para el peso y rendimiento se evaluaron 10 ejemplares.

Manejo del experimento

En el manejo del cultivo de lechuga los riegos se realizaron cada dos días después del trasplante y según las

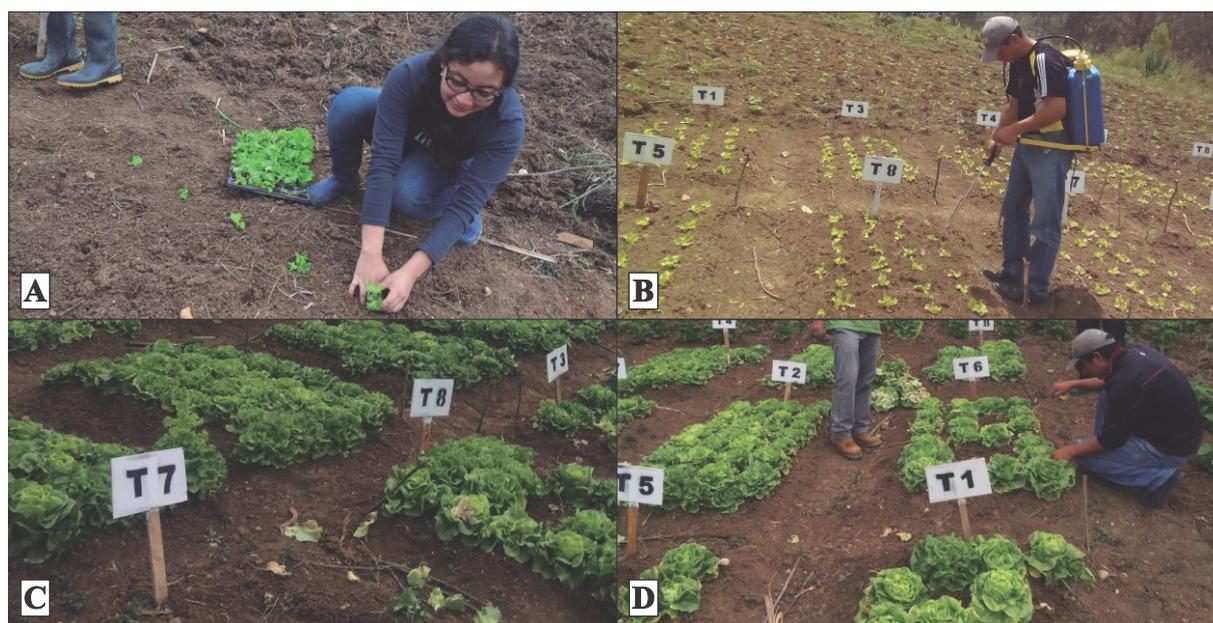


Figura 2. Trasplante de lechuga (A), aplicación de humus líquido (B), crecimiento del cultivo (C), evaluación de rendimiento en el cultivo de lechuga (D).

necesidades del cultivo durante su ciclo. Se realizaron además dos deshierbas a los 15 y 30 días después del trasplante. Para un buen establecimiento de las plantas en el suelo se hizo un aporque en la segunda deshierba. Para el control de plagas se aplicó en dos ocasiones con un biocida según incidencia. La cosecha se realizó a los 50 días cuando las plantas de lechuga formaron un cogollo sólido, que se comprobó presionando el ápice de la planta suavemente (Salinas, 2013).

Análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos en relación a las variables altura de planta, diámetro, peso y rendimiento de la lechuga, se utilizó el software R x 64 3.3.1, con la prueba de Duncan al 5%.

III. RESULTADOS

Altura de planta (cm)

En la figura 3 se observa que para la variable altura de planta en el cultivo de lechuga en etapa de cosecha existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. Con la prueba de significación de Duncan al 5 % los tratamientos T6, T7 y T8 presentaron los mayores promedios de altura, con 16,33 cm, 16,19 cm y 15,52 cm, respectivamente. El menor promedio se obtuvo en el T1 (testigo), con 10,70 cm.

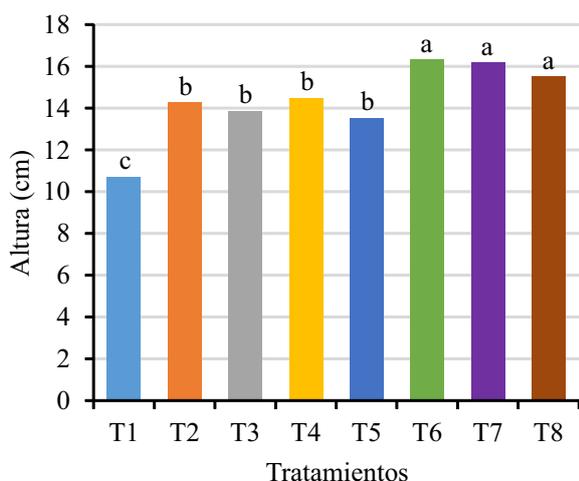


Figura 3. Altura de planta (cm) en el cultivo de lechuga.

Diámetro foliar (cm)

Para el diámetro de planta se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos

mediante la prueba de Duncan al 5%. En la figura 4 se puede observar que los mayores promedios de diámetro de planta en etapa de cosecha se presentaron en los tratamientos T6 y T7, con 25,30 cm y 24,96 cm, respectivamente; mientras que el menor promedio se alcanzó en el tratamiento T1, con 18,57 cm.

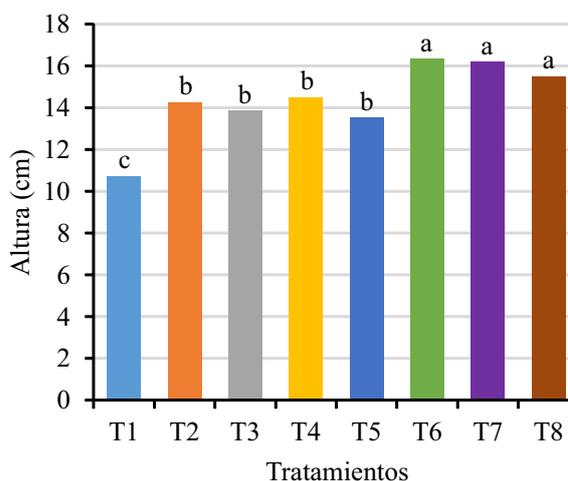


Figura 4. Diámetro de planta (cm) en el cultivo de lechuga.

Peso de planta (g)

En la figura 5 se observa que para la variable peso de planta en el cultivo de lechuga en etapa de cosecha existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. Con la prueba de significación de Duncan al 5 % los tratamientos T6, T7 y T8 presentaron los mayores promedios de peso con 242,50 g, 242,50 g y 256,90 g, respectivamente. En cambio el menor promedio se obtuvo en el T1 (testigo), con 120,30 g.

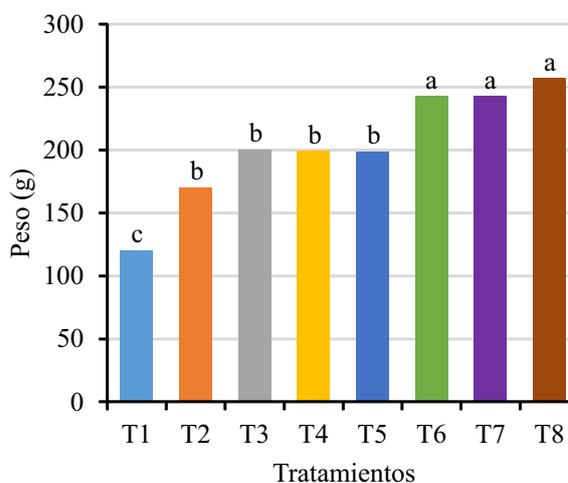


Figura 5. Peso de planta (g) en el cultivo de lechuga.

Rendimiento (tn/ha)

En el figura 6 se puede observar que el tratamiento T8 presentó el mayor promedio de rendimiento con 32,11 tn/ha. Por el contrario, el menor promedio se consiguió en el T1 con 15,04 tn/ha. De igual manera que con variables anteriores, a través de la prueba de Duncan al 5 %, se mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

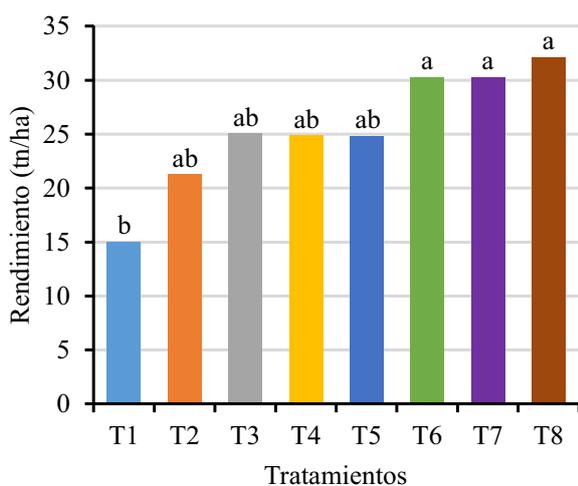


Figura 6. Rendimiento (tn/ha) en el cultivo de lechuga.

IV. DISCUSIÓN

Con la aplicación de combinaciones de los biopreparados (bokashi, gallinaza y humus líquido) en los tratamientos T6, T7 y T8 se han obtenido mejores resultados en altura, diámetro y peso de planta, esto se debió al aporte de macronutrientes y micronutrientes a nivel del suelo, recuperando además las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo. Esto ha contribuido a mejorar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo de lechuga, lo cual se ve reflejado en los mayores promedios alcanzados en las variables evaluadas en esta investigación.

El análisis estadístico demostró que el abonamiento en el cultivo de lechuga con las combinaciones de biopreparados en los tratamientos T6 (bokashi + humus líquido), T7 (gallinaza + humus líquido) y T8 (bokashi + gallinaza + humus líquido), mostró los mejores resultados en la “altura de planta” en el momento de la cosecha, con promedios de 16,33 cm, 16,19 cm y 15,52 cm, respectivamente. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Girón *et al.* (2012), donde los

tratamientos con abonos orgánicos T1 (composta), T2 (composta + bokashi) y T3 (composta + lombriario), lograron alturas promedios de 10,50 cm, 13 cm y 11,10 cm, pudiendo ser debido a la variedad de cultivo utilizada y a los tipos de abonos orgánicos aplicados.

En cuanto a la variable “diámetro de planta”, en esta investigación se dieron diferencias significativas entre tratamientos, al contrario que en el estudio anteriormente mencionado (Girón *et al.*, 2012), que en su evaluación de aplicación de bokashi y lombriario en lechuga no encontraron diferencias significativas, resultando unos promedios de diámetro de planta de 24,30 cm (T1), 25,10 cm y 35,10 cm (T3). Sin embargo, se destaca que lograron un mejor promedio en comparación con el presente estudio, y de nuevo podría deberse a la variedad del cultivo y a las condiciones climáticas de la zona de estudio.

Para el “peso de planta”, los mejores promedios se obtuvieron en los tratamientos T6, T7 y T8 con 242,50 g, 242,50 g y 256,90 g, respectivamente. Al comparar los resultados obtenidos para la variable peso de planta, estos difieren a los obtenidos por Girón *et al.* (2012), ya que estos lograron pesos superiores, de 275,30 g y 326 g por planta. En este caso, factores del suelo, factores ambientales y/o manejo, pueden ser los causantes de las diferencias (Keesstra *et al.*, 2016). Asimismo, se debe enfatizar en la importancia de la aplicación de abono fermentado bokashi como aportador de microorganismos para la descomposición de la materia orgánica del suelo, para que de esta manera exista mejor disponibilidad de los nutrientes para la planta y esta alcance una mejor producción (Lima *et al.*, 2015).

En relación al rendimiento el mayor promedio se alcanzó en el tratamiento T8 (bokashi + gallinaza + humus líquido), con 32,11 tn/ha, con un rendimiento mínimo en el T1 (testigo), con 15,04 tn/ha. Cali (2011), en su trabajo sobre el efecto de estiércol de lombriz en cuatro cultivares de lechuga en el factor dosis, obtuvo el mayor rendimiento con 46,15 tn/ha a una dosis de 174 g de estiércol de lombriz/planta, y el menor rendimiento se logró con 0 g de estiércol de

lombriz/planta con un valor de 22,43 tn/ha. Al comparar estos resultados en el rendimiento por hectárea, se observa que los diferentes valores obtenidos pueden ser por las condiciones del suelo tanto físicas y químicas, los factores ambientales, la variedad del cultivo y otros aspectos. Sin embargo, de nuevo se debe destacar la importancia de la aplicación de dosis altas de abonos orgánicos, así como que la combinación de estos incrementa la producción en el cultivo de lechuga para ambos casos (Herrán *et al.*, 2008). Por otra parte los resultados son superiores a los obtenidos por Lucero (2012), quien aplicó tres niveles de compost, siendo el tratamiento T4 (15 tn/ha) el que alcanzó el mayor rendimiento, con 28,37 kg/ha, y el tratamiento T1 (testigo) logró el menor, con 11,34 kg/ha.

V. CONCLUSIONES

El tratamiento T8 (bokashi + gallinaza + humus líquido) obtuvo el mejor rendimiento en el cultivo de lechuga con 33,50 tn/ha, destacando la importancia de combinar los abonos orgánicos mediante la aportación de nutrientes en el suelo y en el follaje.

Los tratamientos con combinaciones de biopreparados, T6 (bokashi + humus líquido), T7 (gallinaza + humus líquido) y T8 (bokashi + gallinaza + humus líquido), lograron obtener mejores resultados en altura, diámetro y peso de planta, dándose efectos significativos en cada una de las variables.

Con la aplicación de 1 kg/m² de bokashi + 0,48 kg/m² de gallinaza + 0,62 l/m² de humus líquido, se logran obtener rendimientos de hasta 33,50 tn/ha en el cultivo de lechuga.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agredo, D. 2014. *Comparación de la eficiencia en la producción de lechuga (Lactuca sativa) en un suelo rehabilitado con abono orgánico bokashi y el mismo suelo con fertilizante químico N-P-K*. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Occidente. Cali (Colombia).
- Añez, B., y W. Espinoza. 2001. "Fertilización química y orgánica ¿efectos interactivos o independientes sobre la producción de zanahoria?" *Rev. Forest. Venez.* 46 (2): 47-54.
- Basheer, M., y O .P Agrawal. 2013. "Effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions". *International Journal of Recent Scientific Research* 3: 247-249.
- Cali, P. 2011. *Efecto del estiércol de lombriz (Eisenia foetida L.) en la producción de cuatro cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo (Ecuador).
- Campos, S.M. 2016. "Análisis de rentabilidad en la mecanización del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) blanco molinero según agricultura de conservación en INIA La Molina-UNALM". *Anales Científicos* 777: 218-228.
- Chávez, G. 2012. *Evaluación de la aplicación de cinco dosis de microorganismos eficientes, para el control de Pythium sp. y Fusarium sp. en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) variedad Great Lakes 659 en lamas – San Martín*". Tesis de Grado. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto (Perú)
- Keesstra, S., P. Pereira, A. Novara, E. C. Brevik, C. Azorin-Molina, L. Parras-Alcántara, A. Jordán, y A. Cerdà. 2016. "Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards". *Science of the Total Environment* 551: 357-366.
- Lima, C. E. P., M. R. Fontenelle, L. R. B. Silva, D. C. Soares, A. W. Moita, D. B. Zandonadi, R. B. Souza, y C. A. Lopes. 2015. "Short-term changes in fertility attributes and soil organic matter caused by the addition of EM Bokashis in two tropical soils". *International Journal of Agronomy* 1: 5-14.
- López, M., J. E. Poot., y M. Mijangos. 2012. "Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México". *Revista Científica UDO Agrícola* 12: 307-312.

- Lucero, J.A. 2012. *Estudio de tres niveles de compost en el cultivo de la lechuga variedad repollo (Lactuca sativa L.), en suelos andisoles*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Loja. Loja (Ecuador).
- García, A. 2011. *Efectos de la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos foliares sobre la producción del cultivo de lechuga orgánica en la zona de Cuesaca Provincia del Carchi*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo (Ecuador).
- García, C., y J. A. Félix. 2014. *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. Sinaloa (México): Fundación Produce Sinaloa.
- García, R., R. Riera, C. Zambrano, y L. Gutiérrez. 2014. "Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana". *Fitosanidad* 10: 115-121.
- Girón, C. E., M. O. Fuencisla, y M. P. Monterroza. 2012. *Influencia de la aplicación de bokashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (Cucurbita pepo), espinaca (Spinacia oleracea L.), lechuga (Lactuca sativa L.) y remolacha (Beta vulgaris L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango*. Tesis de Grado. Universidad de El Salvador. El Salvador (El Salvador).
- Herrán, J., R. R. S. Torres, y G. E. Rojo. 2008. "Importancia de los abonos orgánicos". *Ra Ximhai* 4: 57-67.
- PYMERURAL y PRONAGRO. 2011. *Abonos orgánicos*. Tegucigalpa (Honduras): PYMERURAL y PRONAGRO. Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REF04G633.pdf>
- Ramírez, J.G. 2012. *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Turrialba (Costa Rica): CATIE.
- Ramos Agüero, D., E. Terry Alfonso, F. Soto Carreño, y J.A. Cabrera Rodríguez. 2014. "Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá". *Cultivos Tropicales* 35: 90-97.
- Salinas, C.D. 2013. *Introducción de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa) en el barrio Santa Fe de la Parroquia Atahualpa en el Cantón Ambato*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato (Ecuador).
- Sparrevik, M., J. L. Field, V. Martinsen., G. D. Breedveld, y G. Cornelissen. 2013. "Life cycle assessment to evaluate the environmental impact of biochar implementation in conservation agriculture in Zambia". *Environmental science & technology* 47: 1206-1215.
- Viglizzo E., F. Frank, L. Carreño, E. Jobbagy, H. Pereyra, J. Clatt, D. Pince, y M. Ricard. 2012. "Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina". *Global Change Biology* 17: 959-973.