

## EFECTO DE TRES NIVELES DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO EN LA PRODUCCIÓN DE ESPINACA (*Spinacea oleracea* L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA

### Effect of three levels of aerobic liquid organic fertilizer in the production of spinach (*Spinacea oleracea* L.) at the Cota Cota Experimental Center

Karen Eloiza Carrasco Nina<sup>1</sup>; Eduardo Chilon Camacho<sup>2</sup>; Carlos Mena Herrera<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La producción de hortalizas en Bolivia es intensiva, con el uso de fertilizantes químicos contaminando el suelo, agua y la salud humana ante este problema surge como alternativa la agricultura orgánica, el abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), que mejora la fertilidad del suelo dando resistencia y vigor a los cultivos. Es por esta razón que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de AOLA en la producción de espinaca en una carpa solar del Centro Experimental Cota Cota. Se evaluó el AOLA en dosis de 0, 10, 20 y 30% bajo un diseño completamente al azar, las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia, número de hojas, longitud de la hoja, ancho de la hoja, altura de la planta y peso de la biomasa. El porcentaje de emergencia fue de 85.71%. Para el número de hojas por planta, de las tres cosechas efectuadas, se observó que el T2 presentó el promedio más alto en la tercera cosecha con 13.33 hojas, en las otras cosechas la tendencia fue similar. En cuanto a la longitud de la hoja, de las tres cosechas realizadas, el promedio más alto fue para el T2 con 19 cm. El ancho de la hoja fue mayor con 15.67 cm para el T2 en la tercera cosecha, en la altura de la planta, el T2 obtuvo el más alto promedio en la tercera cosecha con 30.33 cm. Para la variable del peso de biomasa por planta, el mayor promedio fue del T2 con 56 g en la primera cosecha. En conclusión, se deduce que el nivel de AOLA más eficiente y que mayor respuesta frente a las variables fue con la concentración del 20% aplicado en el T2.

**Palabras claves:** abono orgánico líquido aeróbico, *Spinacea oleracea* L., variables agronómicas.

#### ABSTRACT

The production of vegetables in Bolivia is intensive, with the use of chemical fertilizers contaminating the soil, water and human health. As an alternative, organic agriculture, aerobic liquid organic fertilizer (AOLA), which improves soil fertility, is an alternative, resistance and vigor to crops. It is for this reason that the objective of the research was to evaluate the effect of three levels of AOLA in the production of spinach in a solar tent of the Cota Cota Experimental Center. The AOLA was evaluated in doses of 0, 10, 20 and 30% under a completely randomized design, the evaluated variables were percentage of emergence, number of leaves, length of the leaf, width of the leaf, height of the plant and weight of biomass. The emergency percentage was 85.71%. For the number of leaves per plant, of the three harvests, it was observed that the T2 presented the highest average in the third harvest with 13.33 leaves, in the other crops the trend was similar. As for the length of the leaf, of the three harvests made, the highest average was for T2 with 19 cm. The width of the leaf was greater with 15.67 cm for the T2 in the third harvest, in the height of the plant, the T2 obtained the highest average in the third harvest with 30.33 cm. For the biomass weight variable per plant, the highest average was T2 with 56 g in the first harvest. In conclusion, it can be deduced that the most efficient AOLA level and the greatest response to the variables was with the concentration of 20% applied in T2.

**Keywords:** Aerobic liquid organic fertilizer, *Spinacea oleracea* L., agronomic variables.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. eloren\_90@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en Bolivia es intensiva, con el uso de fertilizantes químicos y agro tóxicos, cuya contaminación es notoria en el suelo, agua y la salud humana ante este problema surge como alternativa la agricultura orgánica, que aporta a la conservación del medio ambiente y ayuda a preservar la salud humana. Además, los alimentos orgánicos son más saludables y libres de agentes tóxicos, los abonos orgánicos como el compost y el abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), aparte de aportar con materia orgánica y humus, propicia mayor actividad de microorganismos en el suelo, esto contribuye a mejorar su fertilidad dando mayor resistencia y vigor a los cultivos (Chilon, 1997).

El AOLA se obtiene mediante la transformación microbial con presencia de oxígeno, sustratos pre humificados como el compost, humus, estiércol fermentado y abonos orgánicos sólidos, como también por el proceso del metabolismo de sustancias orgánicas nutritivas y sanitarias, reproducción de bacterias y otros organismos en un medio aeróbico, favorecen la reproducción del cultivo, fertilidad de los suelos y la biorecuperación de los suelos contaminados (Chilon, 2015).

Chilon (2015) obtuvo el AOLA a partir de un abono orgánico líquido por un método aeróbico y con sustratos orgánicos pre humificados, evaluó el efecto del abonamiento foliar, en tres dosis 10, 20 y 30%, en los cultivos de acelga (*Beta vulgaris*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en macetas experimentales, las tres plantas respondieron mejor a la proporción 20%, con un mejor prendimiento por planta, mayor altura de planta y mayor biomasa foliar; sólo la lechuga respondió mejor a la proporción 10%, posiblemente por ser una planta de corto período vegetativo y más exigente en nutrientes disponibles.

El AOLA es un abono orgánico líquido aeróbico, que se obtiene por la transformación microbial con presencia de oxígeno, a este proceso se denomina aolificación, por medio de este se obtiene sustratos pre humificados como el compost, humus, estiércol fermentado y abonos orgánicos sólidos. El abono AOLA, por sus características físicas, químicas y biológicas presenta alto potencial para la producción agrícola, en forma de abono foliar, o bioriego, también como una fuente para la sanidad vegetal y como

reforzador orgánico en la biorrecuperación de los suelos contaminados (Chilon, 2015).

Mita (2016) en una investigación sobre el efecto del AOLA en el cultivo de quirquiña (*Porophyllum ruderale*), bajo carpa solar, estableció que las plantas tuvieron mejor respuesta, en la producción de biomasa foliar, con el tratamiento con dosis al 20%, recomendando esta dosis para la producción de este cultivo.

Dadas las cualidades del AOLA, el objetivo del trabajo de investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de AOLA en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en una carpa solar del Centro Experimental Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en la ciudad de La Paz, provincia Murillo del departamento de La Paz. Presenta una altitud de 3293 m s.n.m. y sus coordenadas referenciales son 16° 32' latitud sur y 68° 8' longitud oeste.

### Metodología

Se utilizó el AOLA proporcionado por el laboratorio de Biofertilidad de Cota Cota, Universidad Mayor de San Andrés, el mismo fue obtenido mediante aolificación del sustrato compost, fue sometido a un análisis químico para determinar la calidad de nutrientes. El material vegetal fue semilla certificada del cultivo de espinaca de la variedad Viroflay, que es una variedad de excelente calidad, semillas redondas y dimensiones medias, vigorosa, lanceoladas, matiz verde claro, ligeramente vesiculadas y de consistencia media, su ciclo vegetativo es precoz, resistente al calor y muy productiva.

La siembra fue directa con la apertura de pequeños hoyos a una distancia de 0.15 m entre plantas y 0.25 m entre surcos. Se contó con 5 L de AOLA, que fueron conservadas en condiciones de temperatura y humedad adecuadas, la preparación de las dosis de AOLA fue al 10, 20 y 30% para 1 L de agua respectivamente diluido (Tabla 1), posteriormente se realizó la aplicación de AOLA a las Unidades Experimentales.

Tabla 1. Dosis de AOLA y su dilución para los tratamientos evaluados.

Dosis	AOLA (ml)	Agua (ml)	Volumen (L) unidad experimental	Volumen (L) tratamientos
10%	100	900	1	3
20%	200	800	1	3
30%	300	700	1	3

La aplicación del AOLA al cultivo de espinaca, fue vía foliar para una mejor absorción en las hojas, esta actividad se realizó rociando el haz, de manera tal, que la superficie quede totalmente mojada y las sustancias puedan atravesar la cutícula, traspasando las paredes a través de los ectodermos que son los espacios con una densidad de microfibrillas en las zonas de las paredes primarias y secundarias.

La frecuencia de aplicación fue por periodos de 15 días, durante 3 meses (tiempo de desarrollo del cultivo), la primera aplicación se realizó a los 20 días, cuando las hojas presentaron un desarrollo adecuado, para un aprovechamiento óptimo del abono para la planta, debido a que la absorción en hojas jóvenes es mayor. Posteriormente la frecuencia fue cada 15 días.

El riego fue por goteo antes de la siembra para humedecer el suelo e inducir el desarrollo de la planta en la fase de emergencia, posterior la frecuencia de riego fue a cada dos días por semana. El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el Diseño Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones (Ochoa, 2007), el modelo lineal aditivo se muestra en la Ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Dónde:  $Y_{ij}$  = una observación cualquiera (j-ésima unidad experimental que recibe la i-ésima formulación);  $\mu$  = media general;  $\tau_i$  = efecto fijo de la i-ésima formulación;  $\varepsilon_{ij}$  = efecto aleatorio de residuales o error experimental.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- T0 = T0 (testigo)
- T1 = dosis de AOLA al 10%
- T2 = dosis de AOLA al 20%
- T3 = dosis de AOLA al 30%

Las variables evaluadas fueron a) porcentaje de emergencia, evaluado a los 10 días después de la siembra, d) número de hojas, halladas al momento de

la cosecha, b) longitud de la hoja, fue medida al momento de la cosecha, desde la base hasta el ápice, c) ancho de la hoja, fue determinada al momento de la cosecha, con la medición del limbo de la hoja, e) altura de la planta, medido desde el cuello hasta el ápice terminal y f) peso de la biomasa, obtenido mediante el peso de las hojas cosechadas.

Para la evaluación de las variables mencionadas, se tomó como muestra cinco plantas por tratamiento, se realizaron tres cosechas con un intervalo de 45 días a la primera cosecha, 15 días a la segunda y tercera cosecha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del suelo

Como se describe en la Tabla 2, el suelo presenta un pH con una tendencia ligeramente acida de 6.4, siendo tolerable y adecuado para el cultivo de espinaca. En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores indican que no hay problemas de salinidad, puesto que no sobrepasan los 2 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ . El contenido de nitrógeno es alto con 0.38%, el contenido de fósforo es muy alto con 62 ppm, la materia orgánica de 6.07% tratándose de un nivel muy alto, lo que significa que el suelo está en continua producción.

Tabla 2. Datos de los parámetros químicos del suelo.

Parámetros químicos	Unidad	Resultado
pH	-	6.4
Conductividad eléctrica	mmhos $\text{cm}^{-1}$	0.740
Nitrógeno total	%	0.38
Fosforo disponible	ppm	62
Potasio intercambiable	meq-g 100g <sup>-1</sup> suelo	0.55
Sodio intercambiable	meq-g 100g <sup>-1</sup> suelo	0.40
Calcio intercambiable	meq-g 100g <sup>-1</sup> suelo	12
Magnesio intercambiable	meq-g 100g <sup>-1</sup> suelo	4.3
Acidez intercambiable	meq-g 100g <sup>-1</sup> suelo	< 0.050
Materia orgánica	%	6.07

### Características químicas del AOLA

El análisis químico presenta como resultado que el fósforo total es 33 mgP-PO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>, calificado como valor moderado, 0.30 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno, también moderado. Para el potasio se tuvo un resultado de 0.21 mg L<sup>-1</sup>, el pH de 7.9 moderadamente alcalino, y conductividad eléctrica de 1605 uS  $\text{cm}^{-1}$ , que muestra que no hay problemas de salinidad. Estos valores

señalan que se trata de un AOLA de buena calidad y bastante adecuada para su uso como abono foliar en hortalizas de hoja.

### Porcentaje de emergencia

A los diez días después de la siembra el porcentaje de emergencia fue de 85.71%, esto se debe a la precocidad en su fisiología y metabolismo de la variedad Viroflay, además tuvo las condiciones de humedad necesarias para su emergencia.

### Número de hojas

#### Primera cosecha

En el análisis de varianza (Tabla 3) encuentra que estadísticamente para el factor de número de hojas, no existe diferencias significativas entre los tratamientos, esto debido a que se encontró similitud en el número de hojas a la primera cosecha.

Tabla 3. Análisis de varianza del número de hojas para la primera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	20.25	3	6.75	3	0.0951	ns
Error	18.00	8	2.25			
Total	38.25	11				

C.V.: = coeficiente de variación = 6.22%. FV = fuentes de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; p-valor = probabilidad; Sig.= significancia; ns = no significativo.

En la Figura 1 se observa los promedios para la primera cosecha, se evidencia que el T2 alcanzó 11 hojas, seguido del T3 con 10 hojas y T1 y T0 con 8 hojas.

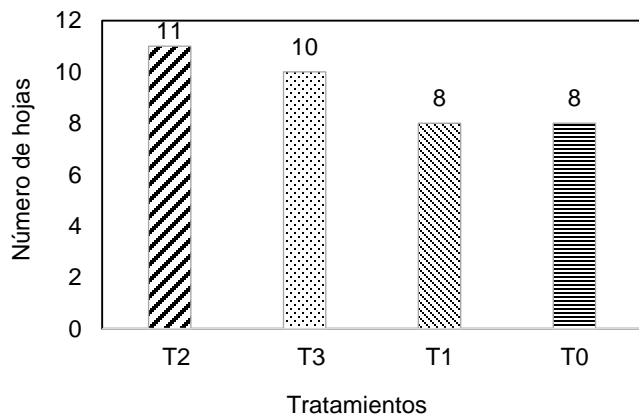


Figura 1. Efecto de AOLA en el número de hojas del cultivo de espinaca en la primera cosecha.

Se verifica que el T2 tiene mejor efecto sobre el número de hojas. Mita (2016) en una investigación en el cultivo de quirquiña, afirma que el tratamiento de AOLA al 20% es el que mayor efecto tiene sobre los cultivos de hoja.

#### Segunda cosecha

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 4) se observa que para los diferentes tratamientos no existen diferencias significativas, sin embargo, si existen diferencias numéricas.

Tabla 4. Análisis de varianza del número de hojas para la segunda cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	16.67	3	5.56	3.7	0.0615	ns
Error	12.00	8	1.50			
Total	28.67	11				

C.V. = 10.13%

Se presenta las diferencias numéricas entre tratamientos, el T2 presenta mejor efecto sobre el número de hojas por planta (Figura 2), esto probablemente se debe a que la aplicación foliar produjo la absorción eficiente de los nutrientes, el abono foliar permaneció por mayor tiempo en contacto con la superficie de las hojas y con mayor oportunidad de absorber el AOLA.

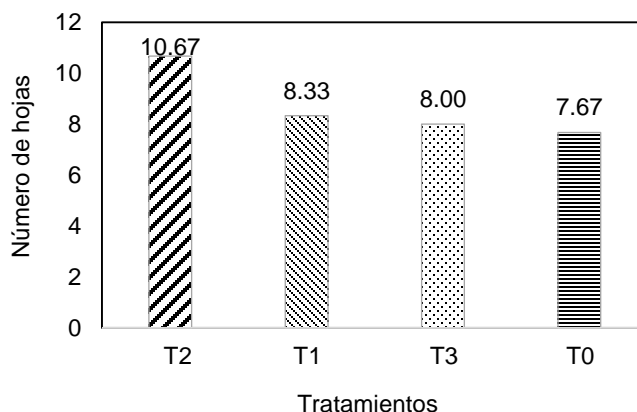


Figura 2. Efecto de AOLA en el número de hojas del cultivo de espinaca en la segunda cosecha.

#### Tercera cosecha

Los resultados del análisis de varianza muestran alta significación estadística (Tabla 5), verificándose el efecto benéfico del abono orgánico líquido sobre el número de hojas por planta de espinaca.

Tabla 5. Análisis de varianza del número de hojas para la tercera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	81.67	3	27.22	9.9	0.0045	**
Error	22.00	8	2.75			
Total	103.67	11				

C.V. = 6.86%; \*\* = altamente significativo.

La prueba Duncan señala que el T2 y T1 son iguales estadísticamente y superan a los otros tratamientos T3 y T0 (Tabla 6). Neumann (1997), citado por Hoyos (2009), mencionan que la tasa de crecimiento de las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el suministro de nutrientes afecta la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

Tabla 6. Prueba Duncan para el número de hojas en la tercera cosecha.

Tratamiento	Promedio	Prueba Duncan
T2	13.33	A
T1	11.33	A
T3	7.67	B
T0	7.00	B

## Longitud de la hoja

### Primera cosecha

El análisis de varianza (Tabla 7), muestra para el factor longitud de hoja, un valor no significativo, lo que muestra que no existen estadísticamente diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al factor Dosis. Según López (1995), esto se debe a algunos factores como la temperatura, agentes bióticos, que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, provocando un menor desarrollo en la longitud de la hoja.

Tabla 7. Análisis de varianza de la longitud de la hoja en la primera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	16.92	3	5.64	0.51	0.6848	ns
Error	88.00	8	11.00			
Total	104.92	11				

C.V.= 9.61%

En la tercera cosecha el promedio de la longitud de la hoja para el T2 fue 18.67 cm, superior a los demás

tratamientos. Según Chilon (1997) esto se debe al aporte de nitrógeno es importante para el desarrollo de la parte aérea, así como el fósforo proporciona el vigor y la fortaleza a la planta, también favorece la síntesis de compuestos orgánicos esenciales para la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos.

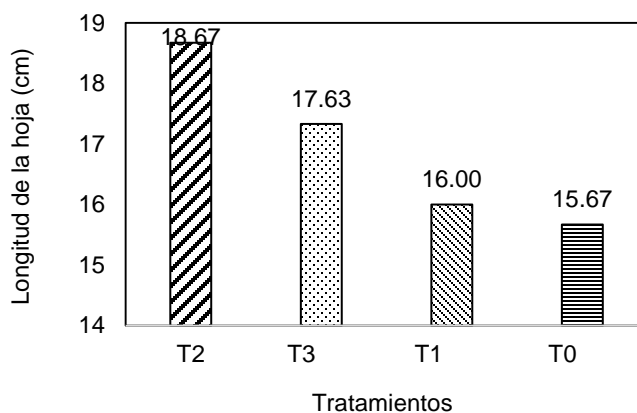


Figura 3. Efecto de AOLA en la longitud de la hoja del cultivo de espinaca en la primera cosecha.

### Segunda cosecha

El factor de longitud de hoja, estadísticamente no presenta diferencias significativas (Tabla 8). La aplicación de las dosis de AOLA, no tuvo efectos significativos, lo que significa que las dosis se comportaron de forma similar. Pero las aplicaciones de las dosis influyen en el desarrollo de las hojas por la buena disponibilidad de elementos nutritivos.

Tabla 8. Análisis de varianza de la longitud de la hoja en la segunda cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	25.67	3	8.56	3.11	0.0885	ns
Error	22.00	8	2.75			
Total	47.67	11				

C.V.= 8.26%

Para la segunda cosecha, el T2 se obtuvo un resultado similar a la primera cosecha, sin embargo, los resultados obtenidos para el T3, T1 y T0 no muestran una diferencia numérica significativa entre ellos (Figura 4)

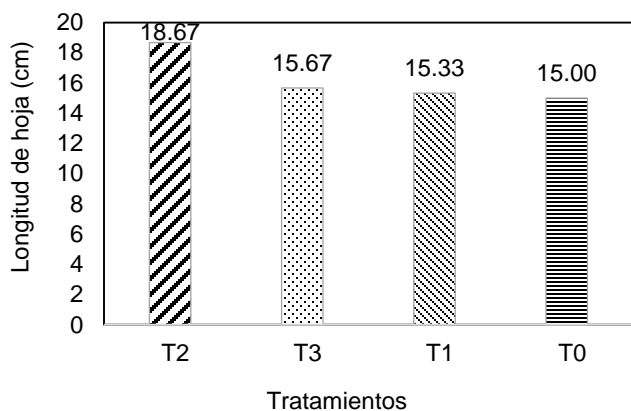


Figura 4. Efecto de AOLA en la longitud de la hoja del cultivo de espinaca en la segunda cosecha.

### Tercera cosecha

En el análisis de varianza (Tabla 9), refleja que existe diferencia significativa entre los tratamientos. De acuerdo a la prueba de medias de Duncan (Tabla 10), se establece que el tratamiento T2 fue superior a los otros tratamientos con 19 cm de longitud de hoja.

Tabla 9. Análisis de varianza de la longitud de la hoja en la tercera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	47.00	3	15.67	4.37	0.0423	*
Error	28.67	8	3.58			
Total	75.67	11				

C.V.= 8.71%: \* = significativo.

Tabla 10. Prueba Duncan de la longitud de la hoja en la tercera cosecha.

Tratamiento	Promedio (cm)	Prueba Duncan
T2	19.00	A
T0	17.00	AB
T1	14.67	B
T3	14.00	B

Unterladstatter (2000), menciona que la cosecha de las hojas de espinaca puede prolongarse en función a la vitalidad de la planta por varios meses, esto indica el menor desarrollo de las hojas en cada cosecha, principalmente en la variedad Viroflay que muestra una vitalidad de desarrollo más baja en cada cosecha.

Cadena (2014), manifiesta que, los niveles de aplicación de abonos orgánicos líquidos, no presentan diferencias significativas, es decir que esto se debe a que tanto las raíces como las hojas tienen maneras

similares de absorción de nutrientes lo que deriva en que se lleguen a aprovechar de manera similar los componentes presentes en estos abonos.

### Ancho de la hoja

#### Primera cosecha

La Tabla 11 muestra que en el análisis de varianza no existieron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, si se presentaron diferencias numéricas.

Tabla 11. Análisis de varianza del ancho de la hoja en la primera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	4.25	3	1.42	1.89	0.2099	ns
Error	6.00	8	0.75			
Total	10.25	11				

C.V.= 7.70%

Los promedios obtenidos para el ancho de hoja en la primera cosecha indica que el T2 alcanzó un valor promedio de 12 cm, seguido del T3 y T1 cuyos promedios fueron similares con 11.33 cm, el T0 tuvo el menor promedio de 10.33 cm (Figura 5).

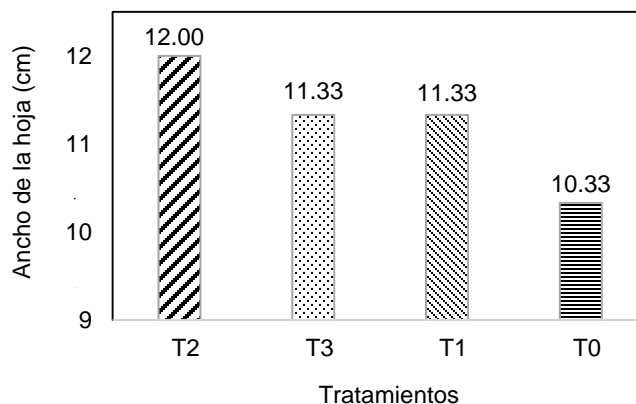


Figura 5. Efecto de AOLA en el ancho de la hoja del cultivo de espinaca en la primera cosecha.

#### Segunda cosecha

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 12), muestran que estadísticamente, no existen diferencias significativas, para el factor dosis, ya que los tratamientos tuvieron una similar respuesta, no obstante, si existieron diferencias numéricas.

Tabla 12. Análisis de varianza del ancho de la hoja en la segunda cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	13.67	3	4.56	1.40	0.3114	ns
Error	26.00	8	3.25			
Total	39.67	11				

C.V.= 4.82%

El T2 tuvo un mayor efecto del AOLA en relación a la primera cosecha (Figura 6), esto se debe a la asimilación del producto por la planta, es decir que se absorbió mayor cantidad de nutrientes a través de una difusión pasiva, y esta se transportó a través del xilema y floema, de las hojas a toda la planta.

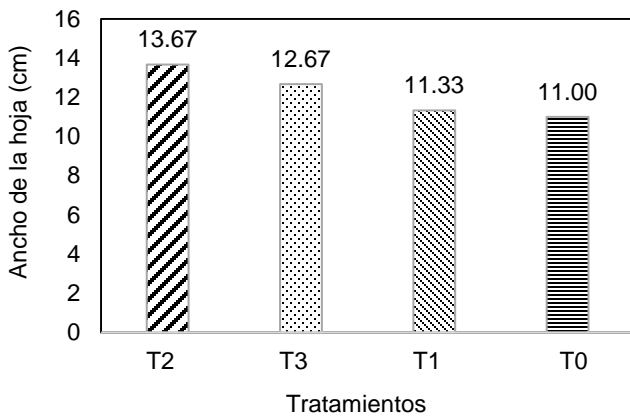


Figura 6. Efecto de AOLA en el ancho de la hoja del cultivo de espinaca en la segunda cosecha.

### Tercera cosecha

El análisis de varianza (Tabla 13), dio como resultado un valor no significativo, lo que indica que no se hallaron estadísticamente diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 13. Análisis de varianza del ancho de la hoja en la tercera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	36.33	3	12.11	1.14	0.3914	ns
Error	85.33	8	10.67			
Total	121.67	11				

C.V.= 5.45%

Los promedios para el ancho de la hoja a la tercera cosecha, muestran que el T2 superó a los otros tratamientos, presentando un promedio de ancho de hoja de 15.67 cm, seguido del T3 con 12.67 cm, T0 con 12 cm y T1 con 11 cm (Figura 7). El promedio obtenido

en la tercera cosecha fue mayor con relación a las dos primeras cosechas, esto debido a las primeras aplicaciones a la planta que favoreció al desarrollo de las nuevas hojas y también al nitrógeno presente en la AOLA, ya que este elemento y el potasio son rápidamente absorbidos por las hojas.

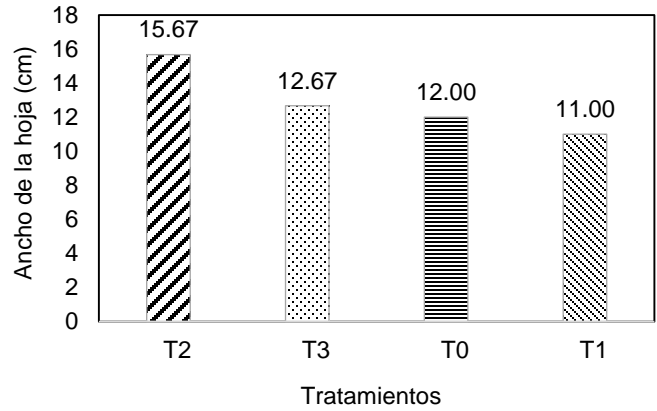


Figura 7. Efecto de AOLA en el ancho de la hoja del cultivo de espinaca en la tercera cosecha.

Al respecto Leñano (1973), señala que el nitrógeno deberá estar presente en grandes cantidades, por cuanto la productividad de la espinaca depende en gran medida de este elemento. El potasio es sumamente útil para lograr una gran cantidad de producto y para elevar la calidad del producto. Donde abunda el potasio, la planta es mucho más resistente al frío, las hojas son más anchas, más consistentes y más verdes. El fósforo, al igual que el potasio, contribuye a limitar considerablemente la acumulación de ácido oxálico foliar.

Escobar (2013) menciona que el alto contenido de ácidos fúlvicos y húmicos aumenta la reabsorción de los minerales que se encuentran en el suelo, como el fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, magnesio, molibdeno, entre otros.

### Altura de la planta

#### Primera cosecha

La Tabla 14 del análisis de varianza de la altura de planta, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero existieron diferencias numéricas.

Tabla 14. Análisis de varianza de la altura de la planta en la primera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	14.00	3	4.67	1.65	0.2543	ns
Error	22.67	8	2.83			
Total	36.67	11				

C.V.= 6.82%

La Figura 8 indica que el T2 presentó como promedio 26.33 cm de altura de planta, superando a los demás tratamientos. Nuevamente la dosis de AOLA de 20% tuvo un mejor efecto que los otros tratamientos.

En la investigación de Mita (2016) menciona que los resultados obtenidos, bajo condiciones homogéneas de suelo están determinados por la absorción de nutrientes a través del tejido especializado de la raíz, observando un efecto positivo en la absorción foliar con AOLA.

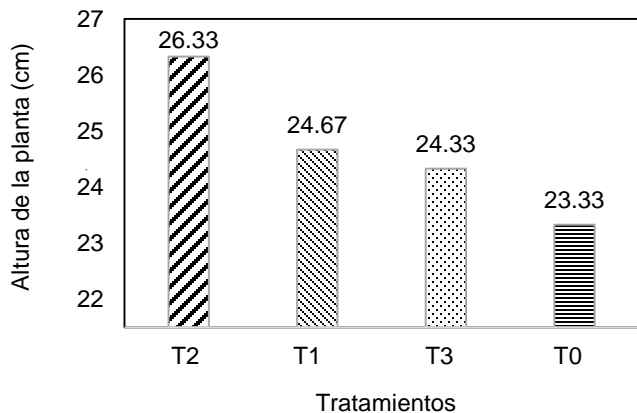


Figura 8. Efecto de AOLA en la altura de la planta del cultivo de espinaca en la primera cosecha.

### Segunda cosecha

De acuerdo al análisis de varianza de la Tabla 15, se observa que no existen diferencias significativas en los tratamientos para la segunda cosecha, es decir que cada tratamiento tuvo un comportamiento similar, sin embargo, si existieron diferencias numéricas.

Tabla 15. Análisis de varianza de la altura de la planta en la segunda cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	14.00	3	4.67	1.65	0.2543	ns
Error	22.67	8	2.83			
Total	36.67	11				

C.V.= 8.08%

Los promedios de los tratamientos, indican que el T2 obtuvo mayor promedio (27.33 cm) que los demás tratamientos (Figura 9), se observa que a mayor concentración de dosis ocurre menor altura de planta. Para la segunda cosecha el T2 obtuvo mayor valor de altura con relación a la primera cosecha, esto puede ser influencia de los factores ambientales y el ciclo del cultivo.

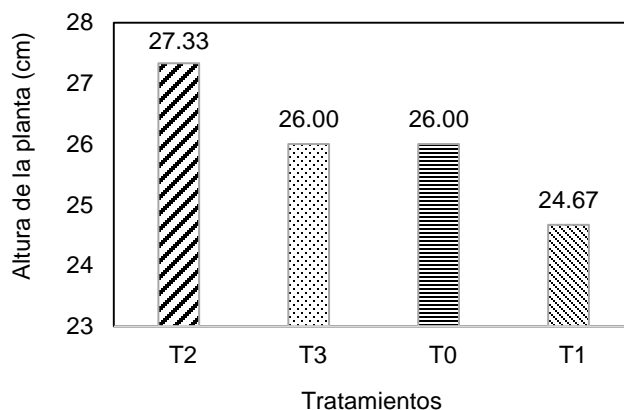


Figura 9. Efecto de AOLA en la altura de la planta del cultivo de espinaca en la segunda cosecha.

### Tercera cosecha

El análisis de varianza, no presentó diferencias estadísticas significativas (Tabla 16), es decir que cada tratamiento tuvo un comportamiento similar.

Tabla 16. Análisis de varianza de la altura de la planta en la tercera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	10.25	3	3.42	0.44	0.7332	ns
Error	62.67	8	7.83			
Total	72.92	11				

C.V.= 9.51%

Las diferencias numéricas entre tratamientos señalan que el T0 y T2 presentaron promedios similares de 30.33 cm, superior a los demás tratamientos (Figura 10).



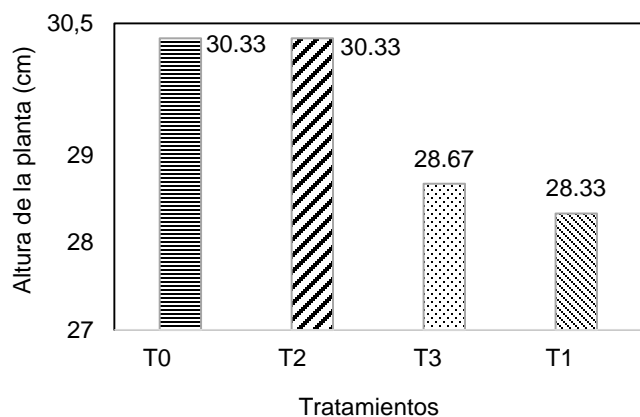


Figura 10. Efecto de AOLA en la altura de la planta del cultivo de espinaca en la tercera cosecha.

Al respecto Yakota (1995) citado por Fernández (1999), manifiesta que el aumento de la altura de la planta se debe a que el abonamiento foliar aumenta el porte de las plantas, lo que prueba que el AOLA interviene de manera positiva sobre el crecimiento del cultivo.

## Peso de biomasa

### Primera cosecha

Se encontró diferencias altamente significativas entre tratamientos para el peso de biomasa de la primera cosecha (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de varianza del peso de biomasa en la primera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	1284.25	3	428.08	9.99	0.0044	**
Error	342.67	8	42.83			
Total	1626.92	11				

C.V.= 9.05%

La prueba Duncan muestra que el T2 alcanza un promedio de biomasa superior a los demás tratamientos (Tabla 18). Con la aplicación de AOLA al 20%, se obtiene pesos superiores, debido a que las hojas mejoran su crecimiento y desarrollo con los nutrientes esenciales requeridos.

Tabla 18. Prueba Duncan del peso de biomasa en la primera cosecha.

Tratamiento	Promedio (g)	Prueba Duncan
T2	52.67	A
T1	43.00	A B
T3	38.00	B
T0	24.00	C

### Segunda cosecha

En la Tabla 19, del resultado del análisis de varianza, se encontró diferencias altamente significativas entre tratamientos, esto se refleja también en las diferencias numéricas.

Tabla 17. Análisis de varianza del peso de biomasa en la segunda cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	1310.92	3	436.97	6.11	0.0182	**
Error	572.00	8	71.50			
Total	1882.92	11				

C.V.= 7.72%

El resultado de la prueba Duncan, señala que el T2 influye benéficamente en el peso de la biomasa vegetal, el T0 presentó el promedio más bajo de biomasa vegetal por planta (Tabla 18). Los resultados difieren en menor cantidad en la segunda cosecha con relación a la primera y tercera, esto se atribuye a la pérdida de nutrientes en cada cosecha.

Tabla 18. Prueba Duncan del peso de biomasa en la segunda cosecha.

Tratamiento	Promedio (g)	Prueba Duncan
T2	48.33	A
T0	33.67	AB
T1	28.00	B
T3	19.67	B

### Tercera cosecha

En el resultado del análisis de varianza se encontró diferencias altamente significativas entre tratamientos (Tabla 19). Esto se debe a que el abonamiento foliar incorpora macro y micronutrientes, necesarios para estimular el crecimiento y desarrollo de la planta. Al respecto (Capdevilla, 1981) indica que al incorporar este tipo de abonos, incrementa y estimula la absorción de nutrientes, lo cual es favorable para la planta porque se incrementa su crecimiento y desarrollo.

Tabla 19. Análisis de varianza del peso de biomasa en la tercera cosecha.

FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	Sig.
Tratamientos	895.33	3	298.44	5.95	0.0196	**
Error	401.33	8	50.17			
Total	1296.67	11				

C.V.= 7.68%

En la Tabla 20 se evidencia que el T2 tuvo un mayor efecto en la biomasa vegetal para la tercera cosecha,

el T0 reportó menor promedio.

Tabla 20. Prueba Duncan del peso de biomasa en la tercera cosecha.

Tratamiento	Promedio (g)	Prueba Duncan
T2	46.67	A
T1	37.67	A B
T3	29.00	B
T0	24.00	B

## CONCLUSIONES

Para el número de hojas por planta, de las tres cosechas efectuadas, se observó que el T2 presentó el promedio más alto en la tercera cosecha con 13.33 hojas, en las otras cosechas la tendencia fue similar. En cuanto a la longitud de la hoja, de las tres cosechas realizadas, el promedio más alto fue para el T2 con 19 cm.

El ancho de la hoja fue mayor con 15.67 cm para el T2 en la tercera cosecha; en la altura de la planta, el T2 obtuvo el más alto promedio en la tercera cosecha con 30.33 cm. Para la variable del peso de biomasa por planta, el mayor promedio fue del T2 con 56 g en la primera cosecha.

En conclusión, se deduce que el nivel de AOLA más eficiente y que mejor respuesta tiene frente a las variables fue la concentración del 20% aplicado en el T2.

## BIBLIOGRAFÍA

Cadena, M. 2014. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de lixiviado de humus de lombriz y dos formas de aplicación en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L), bajo ambiente protegido. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. pp. 45-48.

Capdevilla, J. 1981. Frutales y hortalizas, erradicación de elementos hostiles. Barcelona, España. pp. 213-215.

Chilon, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.

Chilon, E. 2015. El abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) y sus potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente. Reporte de Investigación Cátedra Fertilidad de Suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 98 p.

Escobar, C. 2013. Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz. Disponible en: <http://www.fertilombriz.com>. Consultado el 8 agosto 2016.

Fernández, R. 1999. Efecto del estiércol bovino y humus de lombriz sobre el crecimiento del pimiento Universidad de Oriente. Cuba. pp. 2.

Hoyos, V. 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Colombia. pp. 175-186.

Leñano, F. (1973). Como se cultivan las hortalizas de hoja. Barcelona. pp. 139-155.

López, M. 1995. Horticultura. México. pp. 118-128.

Mita, X. 2016. Efecto del abono orgánico líquido aeróbico en la producción del cultivo de quirquiña (*Porophyllum ruderale*), en invernadero en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 87 p.

Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. pp. 155-176.

Unterladstatter, R. 2000. La Horticultura en el sub trópico húmedo y sub húmedo de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. Facultad de Ciencia Agrícolas U.A.G.R.M. 310 p.

Artículo recibido en: 11 de marzo 2018

Aceptado en: 8 de junio 2018