

## APLICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA-LA PAZ

### Application of worm humus solution in two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), at the Experimental Station of Patacamaya - La Paz

Keler German Conde Flores<sup>1</sup>; Hugo Huaycho Callisaya<sup>2</sup>; David Cruz Choque<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Uno de los cultivos andinos que en la última década adquirió importancia económica y nutricional es la quinua; cultivada en países de sud América. Bolivia es centro de origen y uno de los mayores productores a nivel internacional, esto ha ocasionado un aumento en su producción con prácticas de monocultivo, y disminución de los años de descanso del suelo, que incidieron en que el cultivo sea débil, susceptible a plagas, enfermedades, dando como resultado baja producción. La quinua no requiere grandes cantidades de agua, pero dentro de sus fases fenológicas hay etapas críticas que deben ser cubiertas para un buen desarrollo, el uso de la solución de humus de lombriz como un fertilizante foliar es una alternativa que satisface esa necesidad. La investigación fue realizada en la Estación Experimental de Patacamaya, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, la metodología consistió en un análisis estadístico con 8 tratamientos bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de dos factores, Los factores de estudio fueron la fertilización foliar con dosis de 3, 4 y 5 litros de solución de humus de lombriz y que se aplicaron a las variedades de quinua Jacha Grano y Kurmi en su inicio de panojamiento hasta su desarrollo final. Los resultados muestran que con la aplicación del abono foliar orgánico de solución de humus de lombriz se tiene buena respuesta agronómica en el cultivo, con mejores resultados en la aplicación de 5 litros de solución de humus de limbriz en ambas variedades, observando mayor altura de la planta, panoja, rendimiento por planta, además es fácil de implementar teniendo un buen retorno de capital y una buena ganancia para los productores de la región.

**Palabras clave:** Cultivo andino, *Chenopodium quinoa* Willd., solución de humus de lombriz, fertilizante foliar.

#### ABSTRACT

One of the Andean crops that in the last decade acquired economic and nutritional importance is quinoa; Grown in countries of South America. Bolivia is a center of origin and one of the largest producers at the international level, this has caused an increase in its production with monoculture practices, and a decrease in the years of rest from the soil, which caused the crop to be weak, susceptible to pests , Diseases, resulting in low production. Quinoa does not require large amounts of water, but within its phenological phases there are critical stages that must be covered for good development, using the worm humus solution as a foliar fertilizer is an alternative that satisfies that need. The research was carried out in the Experimental Station of Patacamaya, dependent of the Faculty of Agronomy of the Greater University of San Andres, the methodology consisted in a statistical analysis with 8 treatments under a design of random blocks with factorial arrangement of two factors, Los Study factors were foliar fertilization with doses of 3, 4 and 5 liters of worm humus solution and which were applied to the quinoa varieties Jacha Grano and Kurmi in their onset of panojamiento until their final development. The results show that with the application of the organic foliar fertilizer of worm humus solution there is a good agronomic response in the crop, with better results in the application of 5 liters of liming humus solution in both varieties, observing a higher height of the Plant, panoja, yield per plant, it is also easy to implement with a good return of capital and a good profit for the farmers of the region.

**Keywords:** Andean crops, *Chenopodium quinoa* Willd., worm humus solution, leaf fertilizer.

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

<sup>2</sup> Docente, Universidad Católica Boliviana, Bolivia.

<sup>3</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo sobrepoblado, con un aumento en la degradación de la fertilidad de suelos, debido a la práctica del monocultivo e índices cada vez mayores de contaminación con un clima cambiante, persistentes requerimientos ecológicos de la población, con demanda de fertilizantes de rápida acción para cultivos extensos. Uno de los cultivos que en la última década adquirió importancia nutricional y económica es la quinua; cultivada en países de Sud América como: Bolivia, Perú y Ecuador que producen cantidades significativas de este grano.

Bolivia es centro de origen y uno de los mayores productores a nivel internacional de quinua, el cultivo se produce en los Altiplanos Norte, Central y Sur, pero el progresivo aumento de la producción y la demanda internacional provocó que los agricultores incrementen la producción de quinua, comenzando a cultivar en aéreas extensas que tradicionalmente estaban destinadas al pastoreo, además la práctica del monocultivo y la disminución de los años en descanso del suelo, cambio climático hizo que este cultivo sea muy susceptible y débil, causando un aumento en plagas, enfermedades y en consecuencia baja producción (Patlax, 2013).

Es importante tener en cuenta que la quinua es un cultivo que no requiere grandes cantidades de agua y que dentro de las fases fenológicas tiene etapas críticas que deben ser cubiertas nutricionalmente para el buen desarrollo de la planta, el uso de fertilizantes orgánicos como: lixiviados de compost o soluciones de humus, utilizados directamente en los cultivos es una alternativa para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos, además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes químicos. Los fertilizantes orgánicos como la solución de humus de lombriz en el cultivo de quinua, es una alternativa favorable para el agricultor, que además permite obtener buenos beneficios (Patlax, 2013).

La aplicación de soluciones de humus de lombriz a la planta actúa como un fertilizante orgánico foliar que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micronutrientes (Casco, 2005). La investigación fue dirigida a evaluar el comportamiento de las plantas de quinua en el Altiplano Central, con la aplicación de diferentes niveles de soluciones de humus de lombriz en las etapas de desarrollo más críticas, el fin es

fortalecer el crecimiento y desarrollo del cultivo como también aumentar la resistencia a plantas a enfermedades, todo esto para obtener mayor rendimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Patacamaya, situada en la quinta sección de la provincia Aroma del departamento de La Paz, a una distancia de 101 kilómetros de la sede de Gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz-Oruro al sud este de la capital del departamento de La Paz, a una altitud promedio de 3789 m s.n.m. La Estación Experimental de Patacamaya depende de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, está ubicado entre las coordenadas 17° 05' y 17° 20' de latitud sur, 67° 45' y 68° 07' de longitud oeste.

Se utilizó semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), las variedades evaluadas fueron Jacha Grano y Kurmi proporcionadas por la Estación Experimental de Patacamaya.

### Preparación del terreno

El trabajo se inició con una adecuada preparación del terreno que consistió en una remisión profunda del suelo con tractor y nivelación del terreno, posteriormente se delimitó las parcelas a evaluar.

### Siembra

La siembra de los cultivos se realizó: en la variedad Kurmi a mediados de septiembre, la variedad Jacha Grano a inicios de noviembre; esto con la apertura de surcos por medio de un tractor agrícola, la siembra fue manual a chorro continuo, teniendo cuidado de que las semillas sean distribuidas de una manera uniforme en todas las parcelas.

### Elaboración de la solución de humus de lombriz

Para la elaboración de la solución se utilizó 75 kg de humus de lombriz, se sumergió en agua para extraer la solución de humus, la relación fue de 1 kg por cada 10 litros de agua. 15 kg de humus de lombriz, se introdujeron en cada bolsa para sumergirlos en agua, se dejó macerar por un lapso de 72 horas.

## Aplicación de la solución de humus de lombriz

Antes de la aplicación de los tratamientos a los cultivares de quinua se esperó hasta que las plantas se encuentren en la fase fenológica de seis hojas verdaderas en Kurmi tardía y cuatro hojas verdaderas en de Jacha Grano semiprecoz.

Pasado el tiempo de macerado de la solución de humus de lombriz se realizó la aplicación de 30 l ha<sup>-1</sup>, las dosis fueron suministradas de acuerdo a los tratamientos del estudio para determinar la dosis más adecuada, en ese sentido la aplicación de la solución de humus de lombriz fue de 3, 4 y 5 litros.

Tabla 2. Tratamientos evaluados.

Factor B, dosis de humus de lombriz	Factor A, variedades	Combinación	Tratamiento
D1	V1	D1V1	T1 (3 litros de solución en la variedad Jacha Grano)
D2	V1	D2V1	T2 (4 litros de solución en la variedad Jacha Grano)
D3	V1	D3V1	T3 (5 litros de solución en la variedad Jacha Grano)
D4	V1	D4V1	T4 (sin solución en la variedad Jacha Grano)
D1	V2	D1V2	T5 (3 litros de solución en la variedad Kurmi)
D2	V2	D2V2	T6 (4 litros de solución en la variedad Kurmi)
D3	V2	D3V2	T7 (5 litros de solución en la variedad Kurmi)
D4	V2	D4V2	T8(sin solución en la variedad Kurmi)

## Características del campo experimental

De acuerdo a las combinaciones se tiene:

- Ocho tratamientos
- Cuatro repeticiones
- 32 unidades experimentales
- Área por unidad experimental 4.1 x 4.1 = 16.6 m<sup>2</sup>
- Área total de las unidades experimentales 400 m<sup>2</sup>
- Área total 4249 m<sup>2</sup>

## VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables consideradas fueron las siguientes:

- Composición física y química de suelo
- Composición química del humus
- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Altura de panoja
- Diámetro de panoja
- Rendimiento (g planta-1)
- Rendimiento (kg ha-1)
- Costos de producción por tratamiento

## Distribución de tratamientos

Las Tablas 1 y 2 muestran los factores y tratamientos evaluados. La combinación de los factores A y B dieron como resultado ocho tratamientos con cuatro repeticiones.

Tabla 1. Factores evaluados.

Factor A, variedades	Factor B, dosis de solución de humus de lombriz
Jacha Grano (V1)	3 litros (D1)
Kurmi (V2)	4 litros (D2)
	5 litros (D3)
	Sin solución (D4)

## Análisis económico

La evaluación económica se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por Pierre (1988), se consideró únicamente los costos que varían, para determinar el costo beneficio:

- Mayor a 1, la actividad agrícola es apropiada y rentable es decir se tiene ganancias.
- Igual a 1, los ingresos son iguales a los costos.
- Menor a 1, existe con certeza perdida en la actividad productiva.

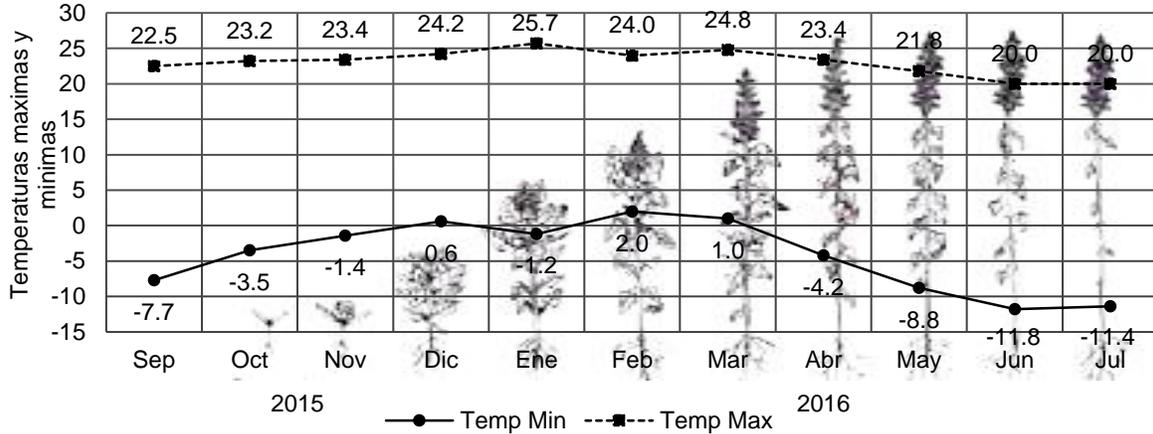
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperaturas máximas y mínimas extremas registradas durante el desarrollo del cultivo

Se registró el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas extremas en los meses de septiembre a diciembre del año 2015 y de enero a julio del 2016 que corresponden al municipio de Patacamaya, los datos fueron obtenidos del SENAMHI. La Figura 1 muestra la fenología de la variedad Kurmi que es tardía con 185 días de ciclo

agrícola, las temperaturas mínimas extremas llegaron a  $-11.8^{\circ}\text{C}$  y las máximas a  $25.7^{\circ}\text{C}$ , estas temperaturas extremas afectaron el normal desarrollo de esta variedad, debido que al ser tardía necesita más días para poder llegar a su madurez fisiológica,

también afectaron las altas temperaturas que en el mes enero llegaron a  $25.7^{\circ}\text{C}$ , el cultivo se encontraba en la fase de inicio de panojamiento, esto provocó que muchas plantas mueran o que los rendimientos sean muy bajos.

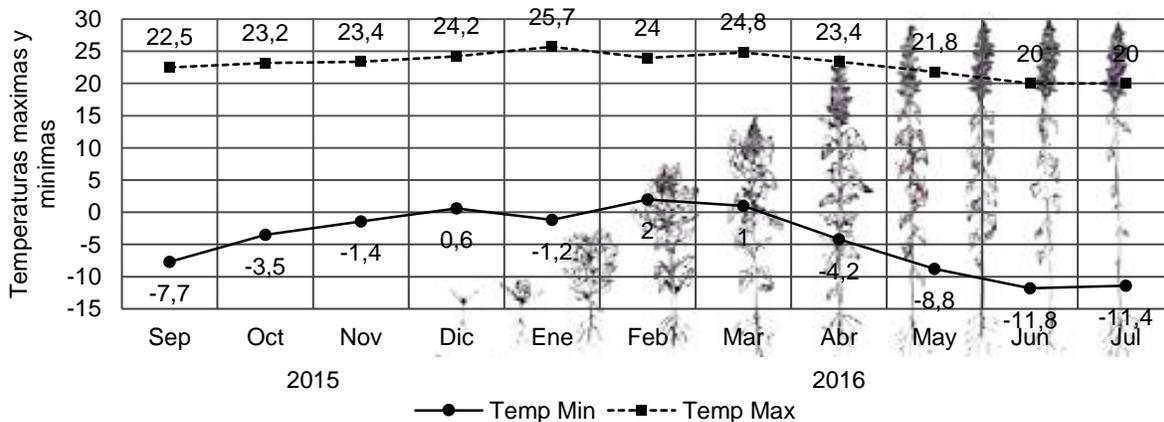


Fuente: Resultados mostrados a partir de datos del SENAMHI, 2016.

Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas que incidieron en el desarrollo de la variedad Kurmi.

La variedad Jacha Grano por su precocidad tuvo un comportamiento fenológico relacionado con las temperaturas máximas y mínimas extremas como se muestra en la Figura 2, se puede observar que la fenología fue afectada por las bajas y altas temperaturas siendo que la más alta llegó hasta  $25.7^{\circ}\text{C}$ , en el que la variedad estaba en fase inicio de

ramificación siendo esta etapa crítica, una de las temperaturas más bajas fue  $-4.2^{\circ}\text{C}$  en el mes de abril, en inicio de floración lo que afectó al rendimiento de esta variedad, asimismo la temperatura baja de  $-11.8^{\circ}\text{C}$  no afectó en demasía al cultivo por su estado de grano lechoso.



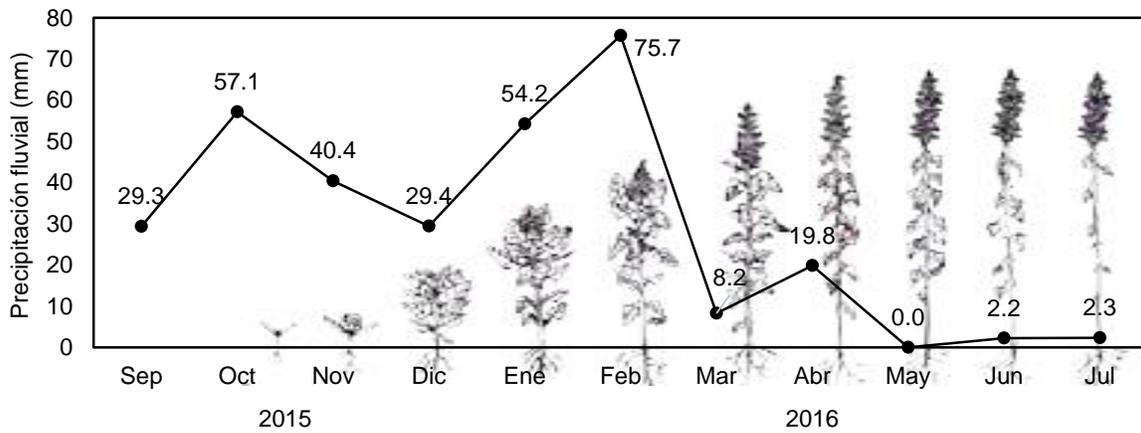
Fuente: Resultados mostrados a partir de datos del SENAMHI, 2016.

Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas que incidieron en el desarrollo de la variedad Jacha Grano.

### Precipitaciones registradas durante el desarrollo del cultivo

En la Figura 3 describe el promedio de precipitación en la Estación Experimental de Patacamaya con relación a la variedad Kurmi, las precipitaciones por mes fueron inestables y escasas, la menor precipitación fue registrada en el mes de septiembre y diciembre llegando a tan solo 29.3 mm mes<sup>-1</sup> esta incidió

escasamente en la germinación, el mes de marzo presentó 8.2 mm en ese momento el cultivo se encontraba en inicios de floración esto afecto el normal desarrollo resultando plantas estresadas pequeñas y con bajo rendimiento. La gestión 2016 se caracterizó por bajas precipitaciones afectando a los rendimientos de muchos cultivos de la región.

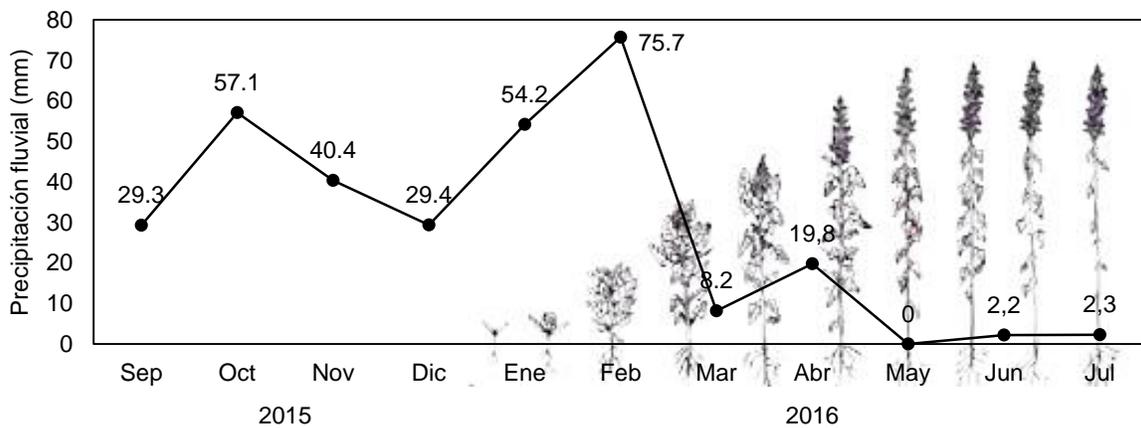


Fuente: Resultados mostrados a partir de datos del SENMAHI, 2016.

Figura 3. Datos de precipitación fluvial por mes y por año del municipio de Patacamaya cultivar Kurmi.

Para la variedad Jacha Grano el mes más crítico fue marzo de la gestión 2016, con a 8.2 mm, donde la variedad se encontraba en la fase de inicio de panojamiento, afectando el normal desarrollo de estas

plantas, además durante toda la fase fenológica existió déficit de agua por las escasas precipitaciones esto por el fenómeno del niño que se presentó en esta gestión (Figura 4).



Fuente: Resultados mostrados a partir de datos del SENMAHI, 2016.

Figura 4. Datos de precipitación fluvial por mes y por año del municipio de Patacamaya cultivar Jacha Grano.

La quinua es un organismo eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3 posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten evadir los déficit de humedad, tolerar y resistir la falta de humedad del suelo, la quinua puede producir bajo aceptables precipitaciones mínimas de 250 mm anuales, como es el caso del Altiplano Sur boliviano, las zonas de Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa y áreas aledañas a Llica, lógicamente con genotipos específicos y adecuados a dichas condiciones de déficit de humedad.

**Análisis físico del suelo**

La muestra fue recolectada antes de la siembra de quinua para poder determinar su textura, los resultados fueron 40% de arena, 30% de la arcilla, 23% de limo y 7% de grava.

**Análisis químico del suelo**

Las muestras fueron tomadas antes de la siembra y después de la cosecha, el nitrógeno presente en la muestra de suelo correspondiente al mes de septiembre de 2015 es de 0.09%, fósforo asimilable de 19.02 ppm y potasio al 0.14 meq 100 g<sup>-1</sup>, calcio 3.77 meq 100 g<sup>-1</sup>, sodio 0.13 meq 100 g<sup>-1</sup> teniendo un pH de 6.2 que es ligeramente ácido, la textura del suelo es franco arcilloso FY con presencia de materia orgánica en 1.79%.

Después de la campaña agrícola en el mes de junio 2016, la muestra de suelo presento cambios dentro de los resultados, los cambios más importantes fueron el porcentaje de nitrógeno con 0.08%, fósforo asimilable de 24.69 ppm y potasio 0.31 meq 100 g<sup>-1</sup>, calcio 3.99 meq 100 g<sup>-1</sup>, sodio 0,20 meq 100 g<sup>-1</sup> teniendo un pH de 6.5 que es ligeramente ácido, la textura del suelo es franco arcilloso FY con presencia de materia orgánica en 1.17%.

**Análisis químico del humus de lombriz**

Los niveles de nitrógeno son de 1.27%, fósforo 0.35%, potasio 0.22%, carbono 4.59%, magnesio con 0.39, sodio de 0.07%, calcio con 1.59% y un pH 7.64 (Figura 7), un porcentaje mayor al 0.2% de nitrógeno presente está en niveles altos, es decir que el cultivo será favorecido tanto en su estructura como en su rendimiento.

**Altura de planta**

La solución de humus de lombriz permitió tener una muy buena respuesta agronómica en el cultivo, los tratamientos T1, T3 T5 y T7 que corresponden a la variedad Jacha Grano con diferentes dosis de solución de humus de lombriz presento las alturas más significativas en comparación con los tratamientos T2, T4, T6 y T8 de la variedad Kurmi, esta diferencia se debe a los aspectos climáticos que influenciaron.

La altura más significativa fue para el T3 con un promedio de 100 cm, mientras que el T8 fue el más rezagado con una altura promedio de 45 cm.

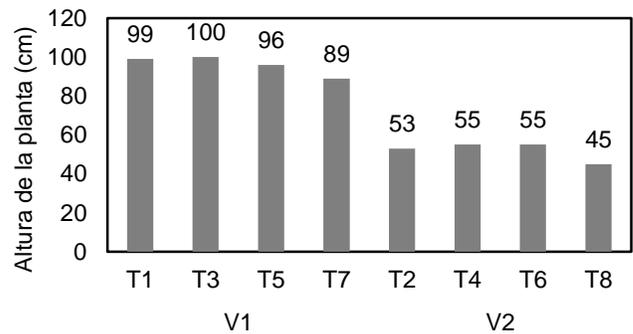


Figura 54. Promedio de altura de la planta por tratamiento.

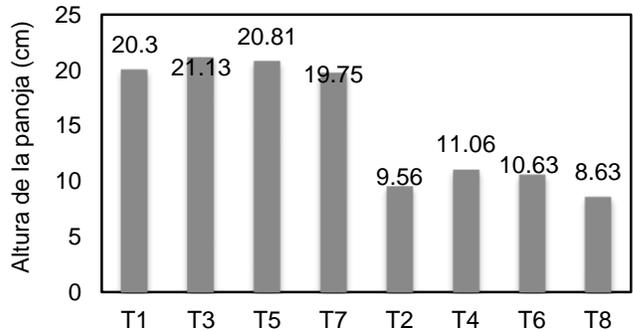


Figura 65. Promedio de altura de la panoja por tratamiento.

**Resultado altura de la panoja**

La aplicación del abono foliar de solución de humus de lombriz permitió tener una muy buena respuesta; los promedios de los tratamientos T1, T3, T5 y T7 que corresponden a la variedad Jacha Grano tuvo las alturas más significativas a comparación de los tratamientos T2, T4, T6 y T8 de la variedad Kurmi esta diferencia se debe a los aspectos climáticos que influyeron en esta variable.

La mayor altura fue para el T3 con un promedio de 21.13 cm, mientras que el tratamiento T8 obtuvo una altura promedio de 8.63 cm.

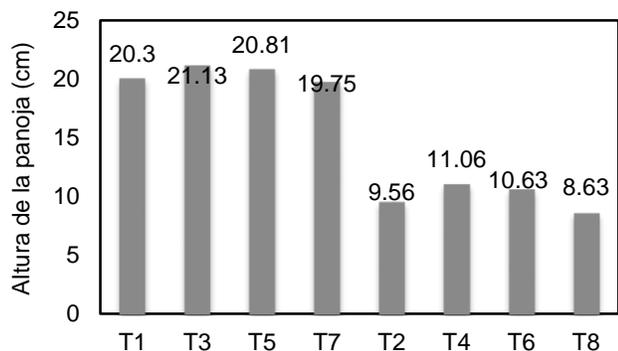


Figura 66. Promedio de altura de la panoja por tratamiento.

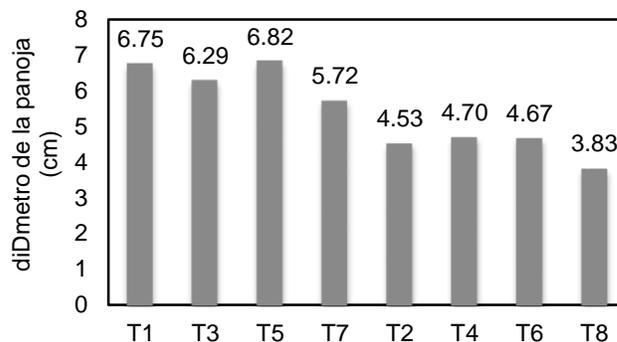


Figura 87. Promedio de diámetro de panoja por tratamiento.

### Diámetro del tallo

La aplicación de la solución de humus de lombriz permitió tener una respuesta favorable en el cultivo de quinua, los T1, T3 T5 y T7 que corresponden a la variedad Jacha Grano con relación a los tratamientos T2, T4, T6 y T8 de la variedad Kurmi, las diferencias no son significativas. Los diámetros más significativos fueron para el T5 con un promedio de 1.25 cm, mientras que el T8 fue el más rezagado con 1.08 cm.

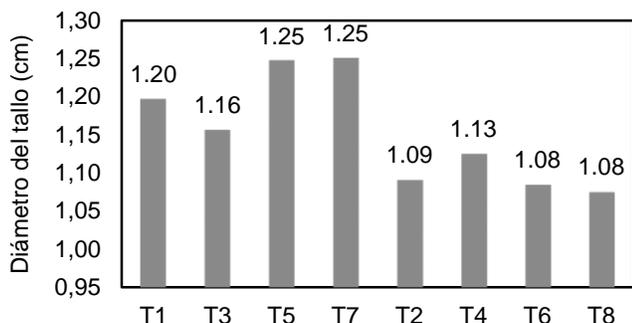


Figura 7. Promedio del diámetro del tallo por tratamiento.

### Diámetro de la panoja

La solución de humus de lombriz permitió tener una muy buena respuesta agronómica en el cultivo de quinua, los promedios generales de los tratamientos T1, T3 T5 y T7 tuvo alturas más significativas a comparación de los tratamientos T2, T4, T6 y T8. Los diámetros más significativos fueron para los T1 y T5 con 6.75 y 6.82 cm, mientras que el T8 obtuvo un diámetro promedio de 3.83 cm.

### Rendimiento gramo por planta

Los tratamientos T1, T3 T5 y T7 tuvieron los rendimientos más significativos en comparación con los tratamientos T2, T4, T6 y T8 a causa de los aspectos climáticos que influyeron en esta variable. El mayor rendimiento fue para el T3 con 0.44 g planta<sup>-1</sup>, mientras que el T8 obtuvo en promedio de 0.14 g planta<sup>-1</sup>.

El rendimiento en gramos por tratamiento, en este experimento fueron influenciados por la variedad (tardía y precoz), por las dosis de humus lombriz y por agentes abióticos (precipitación y temperatura) que en su conjunto afectaron el desarrollo de los cultivares de quinua.

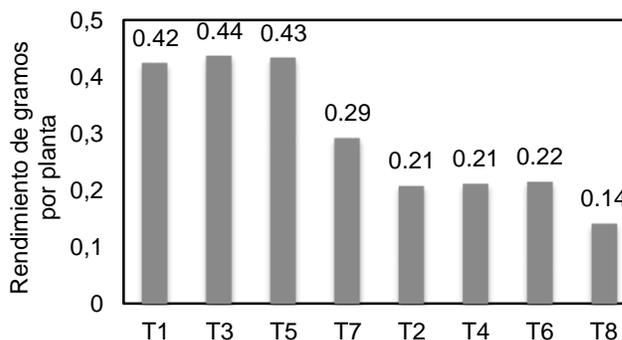


Figura 9. Promedio de rendimiento de gramos por planta por tratamiento.

### Rendimiento del cultivo

La investigación con la solución de humus de lombriz permitió tener muy buena respuesta agronómica, los promedios generales de los tratamientos T1, T3 T5 y T7 que corresponden a la variedad Jacha Grano presentó los rendimientos más significativos en comparación con los tratamientos T2, T4, T6 y T8 de la variedad Kurmi. El rendimiento más significativo fue para el T5 con un promedio de 3120 kg ha<sup>-1</sup>, mientras

que el T8 alcanzó en promedio un rendimiento de 1000 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabla 3. Rendimiento del cultivo.

Tratamiento	g	kg m <sup>-2</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
T1	270	0.270	2700
T3	285	0.285	2850
T5	312	0.312	3120
T7	190	0.190	1900
T2	150	0.150	1500
T4	150	0.150	1500
T6	157	0.157	1570
T8	100	0.100	1000

### Resultado costo beneficio

Los tratamientos T5, T3, T1 son los más rentables con muy buenas ganancias, en los tratamientos T2, T4, T6, T7 y T8 los rendimientos son mínimos pero se tiene rentabilidad. Teniendo en cuenta que en el T5 el resultado del beneficio costo es de 039 USD de ganancia por kg comercializado, en el T3 de 0.38 USD; T1 de 0.36 USD; T2, T4 y T6 0.25 USD; T7 es de 0.32 USD; T8 de 0.20 USD.

### CONCLUSIONES

El uso de abono foliar orgánico de solución de humus de lombriz permitió tener una muy buena respuesta agronómica en el cultivo de quinua, observando una mayor altura en la planta así como en la panoja también se obtuvo mayor rendimiento por planta, la solución es fácil de implementar para el pequeño y mediano productor tiene un buen retorno de capital invertido y una buena ganancia.

El nivel de aplicación que permitió obtener la mejor respuesta agronómica en el cultivo de quinua en las variedades de Jacha Grano y Kurmi con la incorporación del abono foliar fue el del tratamiento T5 y T6, alcanzando mejores alturas por planta, panoja y rendimiento por hectárea.

El uso de abono foliar a base de humus de lombriz en los niveles del T5 y T6, desde el punto de vista económico resultaron ser las de mayor rentabilidad.

### BIBLIOGRAFÍA

Casco, A. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Compendio de investigaciones. Universidad Nacional del nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE, Corrientes – Argentina. 234p.

Patlax O. 2013. Te de lombricomposta y solución nutritiva, tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 146p.

SENAMHI. 2016. Datos meteorológicos en Bolivia. Disponible en <http://www.senamhi.gob.bo/meteorologia/boletinoficial.php> consultado el 25 de noviembre 2016.

Artículo recibido en: 31 de marzo 2017

Aceptado en: 1 de junio 2017