



Canada



## EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA <sup>1</sup>

Norma Feliciano Carvajal<sup>2</sup>Oscar Colque Fuentes<sup>3</sup>

### FICHA TÉCNICA

#### 1. INTRODUCCIÓN

El Altiplano Sur de Bolivia se caracteriza por un clima árido, con una temperatura promedio de 8,8 °C y aproximadamente 135 días de heladas al año. Los vientos alcanzan su mayor intensidad en junio (8,1 km/h), y la precipitación anual es de 279 mm (SENAMHI, 2020).

La principal fuente de ingresos de los pequeños productores de la región es el cultivo de quinua, el cual se ha visto gravemente afectado por la crisis ambiental derivada del cambio climático y el uso inadecuado del suelo. Durante años, los productores expandieron sus áreas de cultivo para aprovechar los altos precios internacionales, lo que llevó a la deforestación y a la reducción de la población de ganado camélido. Como resultado, los suelos han sufrido una degradación severa, con bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno, nutrientes esenciales para la producción de proteínas en la quinua.

Entre 2022 y 2023, el rendimiento promedio de quinua disminuyó de 362 a 328 kg/ha (CIQ, 2024). Esta caída en la productividad generó una preocupación por parte de los productores de quinua.

En respuesta a esta problemática, la Fundación INESAD y la Red Quinua implementaron un proyecto piloto para evaluar el efecto del estiércol ovino y camélido, combinado con paja y viruta

---

<sup>1</sup> Esta ficha técnica forma parte del proyecto “*Creating Indigenous Women's Green Jobs Under Low-Carbon COVID-19 Responses and Recovery in the Bolivian Quinoa Sector*” desarrollado por la fundación INESAD bajo el patrocinio del programa Economías Inclusivas Sostenibles del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Canadá. Todas las opiniones expresadas y posibles errores son de exclusiva responsabilidad de los autores.

<sup>2</sup> Ingeniera Agrónoma, investigadora invitada de la Fundación INESAD.

<sup>3</sup> Asesor técnico en fertilidad de suelos y nutrición de cultivos, Investigador Asociado de la Fundación INESAD.

de carpintería compostadas, en parcelas de productores de distintas comunidades. Además, se estableció una parcela de validación en la localidad de Huari para evaluar el impacto de diferentes dosis de compost en la producción de quinua bajo manejo orgánico.

El compost es un fertilizante natural obtenido a partir de la descomposición de material orgánico por microorganismos. Su aplicación en los suelos aporta múltiples beneficios, entre ellos: el incremento de la materia orgánica, la mejora de la fertilidad, la optimización de la estructura del suelo y una mayor capacidad de retención hídrica; contribuyendo así a prevenir la erosión y la degradación del suelo.

## 2. OBJETIVO DE LA PARCELA

Validar el efecto de compost en el desarrollo y rendimiento de quinua en un sistema de producción orgánica, con la aplicación de diferentes dosis de compost.

### a. Objetivos específicos

- Observar el efecto del compost sobre el número de plantas y altura de plantas durante el crecimiento.
- Determinar diferencias de rendimiento por nivel de compost.
- Identificar la dosis óptima para la aplicación de compost en el cultivo de quinua.
- Verificar el efecto del compost en las propiedades químicas del suelo.

## 3. IMPLEMENTACIÓN

### a. Localización de la parcela

El estudio se llevó a cabo en una parcela demostrativa de 800 m<sup>2</sup>, ubicada al sureste de la localidad de Santiago de Huari, provincia Sebastián Pagador, departamento de Oruro. Las coordenadas UTM del sitio son X: 734646 y Y: 7895724, con una altitud de 3.758 msnm.

### i. Características climáticas y edáficas

El clima de la zona es frío y seco, con una temperatura media anual de 8,5 °C y una precipitación de 392,2 mm/año (SENAMHI, 2020). El suelo presenta una textura areno-francosa, con un pH neutro (7,12), baja salinidad (23 μmhos/cm) y un contenido muy bajo de materia orgánica (0,32%) y nitrógeno total (0,02%). Los



Imagen satelital de la parcela

niveles de potasio y fósforo fueron moderados (0,32 cmol/kg y 10,9 mg/kg, respectivamente). En general, el área de estudio se clasifica como un suelo de baja fertilidad.

## b. Materiales

### i. Insumos empleados

Para la investigación se utilizó semilla de quinua de la variedad Toledo y compost orgánico, elaborado en la misma localidad con materiales de la zona.

## c. Metodología aplicada

El trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2023-2024, comenzando la siembra el 18 de octubre 2023 y la cosecha el 5 de mayo de 2024.

Inicialmente se definieron las dosis de los tratamientos en investigación bajo el siguiente detalle:

**Cuadro 1:** Tratamientos de compost implementados en la parcela demostrativa

Tratamientos	Niveles de compost (gr)	Descripción
T0	0	compost testigo
T1	150	compost 150
T2	300	compost 300
T3	600	compost 600
T4	900	compost 900

Fuente: Elaboración propia.

Las unidades experimentales se distribuyeron al azar según el siguiente croquis:

**Imagen 2:** Croquis de la parcela demostrativa

0 g	300 g	900 g
150 g	600 g	0 g
300 g	900 g	150 g
600 g	150 g	300 g
900 g	0 g	600 g

N



Fuente: Elaboración propia.

## i. Variables de estudio

- **Número de plantas:** Se realizó el conteo de plantas por mata para evaluar el efecto del compost en la competencia por nutrientes entre las plantas.
- **Altura de plantas:** Se midió la altura de las plantas en centímetros, desde el nudo vital hasta el ápice de la panoja principal, utilizando un flexómetro.

Para ambas variables, la evaluación se realizó cada 14 días hasta la quinta medición y, posteriormente, cada 28 días. En cada unidad experimental se evaluaron 10 plantas hasta alcanzar la madurez fisiológica.

- **Rendimiento:** Se determinó evaluando el peso en grano por mata en 10 muestras dentro de cada unidad experimental.

## ii. Variables de las propiedades químicas del suelo

Para analizar el efecto del compost sobre las propiedades químicas del suelo, se realizaron análisis en dos momentos: antes de la siembra para obtener datos de línea base y después de la cosecha para obtener datos finales. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio CETABOL, ubicado en el departamento de Santa Cruz.

Para las variables agronómicas de número y altura de plantas, se realizó un análisis estadístico en Excel basado en ocho evaluaciones a lo largo del ciclo fenológico. Además, se utilizó un diseño completamente al azar para la última evaluación. Para la variable de rendimiento, se aplicó también un diseño completamente al azar.

En este estudio, se consideraron cinco tratamientos con seis repeticiones cada uno. Cada repetición correspondió a una unidad experimental con 25 matas, de las cuales se evaluaron 10 matas, excluyendo aquellas en los bordes para evitar efectos externos.

Los datos fueron procesados utilizando un modelo lineal generalizado, basado en la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, n$  de tratamientos (nivel de compost)

$j = 1, 2, \dots, n$  de repeticiones

Donde:

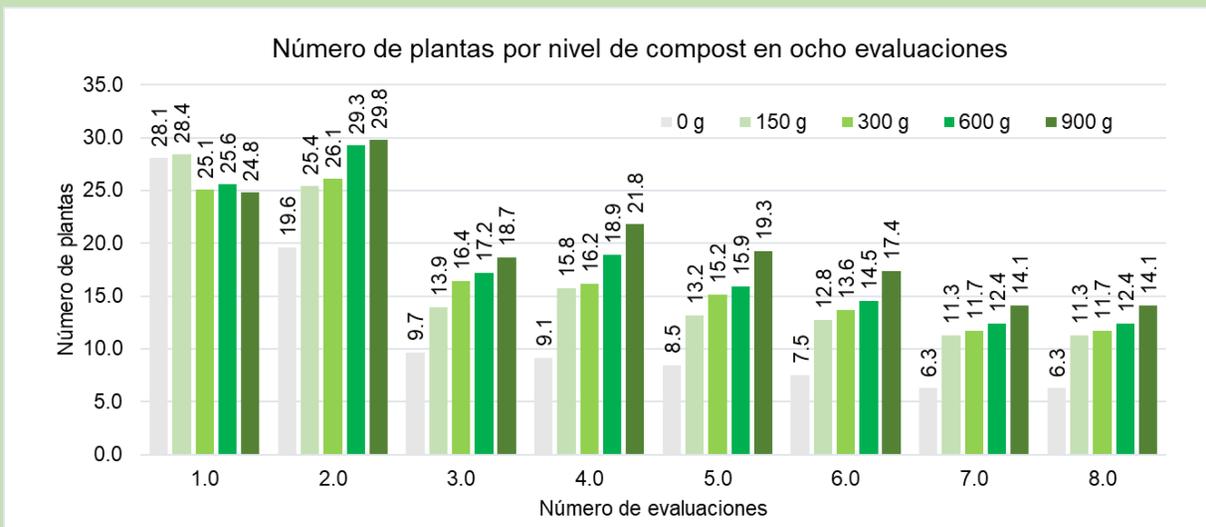
- $Y_{ij}$  es la variable de respuesta (número de plantas, altura de plantas y rendimiento) de la  $ij$ -ésima unidad experimental.
- $\mu$  = denota la media general.
- $\alpha$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento sobre la media.
- $\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociada a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES PRELIMINARES

### a. Número de plantas

El **Gráfico 1** muestra la variación del número de plantas según el nivel de compost aplicado a lo largo de ocho evaluaciones. Se observó que en todos los tratamientos los valores fueron decrecientes; sin embargo, el testigo presentó la mayor mortandad a lo largo del ciclo fenológico.

**Gráfico 1:** Número de plantas por nivel de compost de ocho evaluaciones realizadas



Fuente: Elaboración propia.

El mayor número de plantas en la última evaluación fueron registradas en los tratamientos de 900 g y 600 g de compost.

**Cuadro 2.** ANOVA para efectos del compost sobre número de plantas

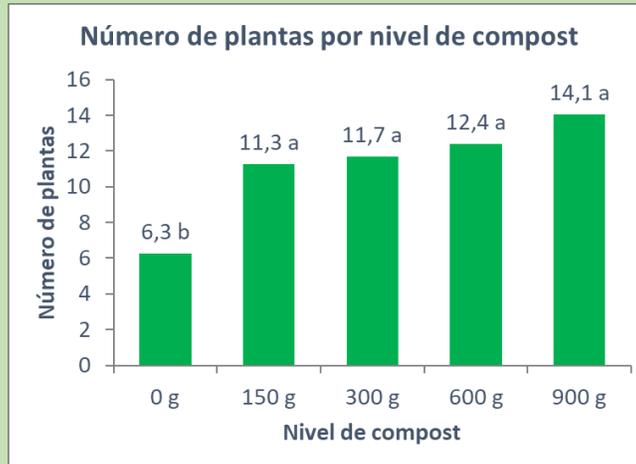
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	981,14	4	245,28	*8,45	<0,0001
Nivel de compost (t)	981,14	4	245,28	*8,45	<0,0001
Error	4092,64	141	29,03		
Total	5073,78	145			

\*: Significativo a P: 0.05

En el cuadro 2 se describe el análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de plantas. Según los resultados se evidenció diferencias altamente significativas al nivel de ( $p > 0.0001$ ), lo que indica la existencia del efecto entre tratamientos por niveles de compost.

Acorde a la comparación múltiple Duncan (Gráfico 2), los tratamientos con mayor cantidad de compost registraron mayor cantidad de plantas respecto a los niveles con menor cantidad de compost. El tratamiento testigo tuvo el menor número de plantas comparado con el resto de los tratamientos. Se registró mayor número de plantas por mata en los tratamientos de 900 g y 600 g, no obstante, estadísticamente no hubieron diferencias.

**Gráfico 2:** Diferencias entre número de plantas por tratamiento con Duncan



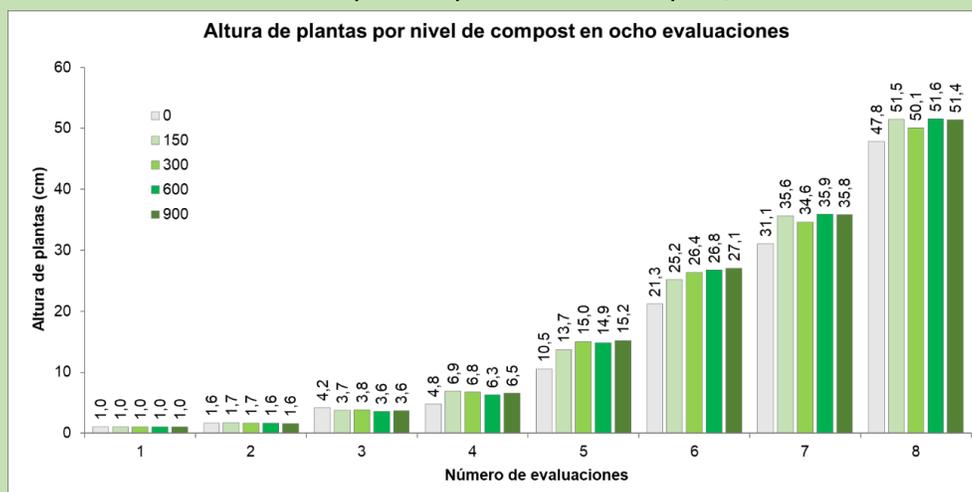
Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que existe un efecto directo del compost sobre el número de plantas, debido a que el compost reduce la mortalidad de las plantas por competencia de nutrientes.

### Altura de plantas

Los resultados de la variable altura planta se plasman en el Gráfico 3.

**Gráfico 3:** Datos de altura de plantas por nivel de compost, en ocho evaluaciones



Fuente: Elaboración propia

Se registró el crecimiento de las plantas en ocho evaluaciones; en todas, se cuantificó mayor desarrollo en los tratamientos con 600 g y 900 g de compost, contrariamente, el tratamiento testigo registró el menor desarrollo.

Según el ANOVA para la variable altura planta (Cuadro 3) p-valor es mayor a (0,05); se confirmó que no existe diferencias significativas entre tratamiento acorde al nivel de compost.

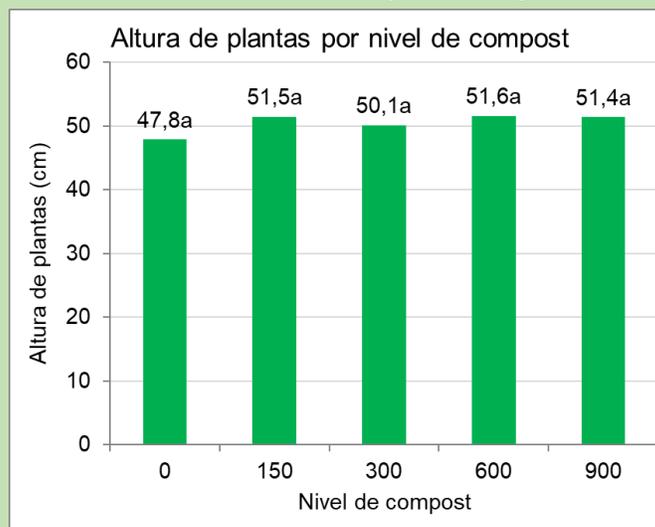
**Cuadro 3.** ANOVA para efectos del compost sobre la altura de plantas

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	291,44	4	72,86	0,47	0,7611
Nivel de compost	291,44	4	72,86	0,47	0,7611
Error	22078,24	141	156,58		
Total	22369,68	145			

\* Significativo a P: 0.05

Una evaluación adicional, utilizando el test LSD de Fisher, evidenció diferencias estadísticas entre niveles de compost (Grafico 4).

**Gráfico 4:** Diferencias entre altura de plantas bajo el test LSD Fisher.



Fuente: Elaboración propia

Según el test LSD Fisher (Grafico 4) no se observaron diferencias significativas para la variable altura de plantas por nivel de compost en la última evaluación

## b. Rendimiento

Los valores de probabilidad de análisis de varianza, registrada en el Cuadro 4, para la variable rendimiento en kg/ha, demostraron la existencia de diferencias altamente significativas al nivel de ( $p > 0,0001$ ).

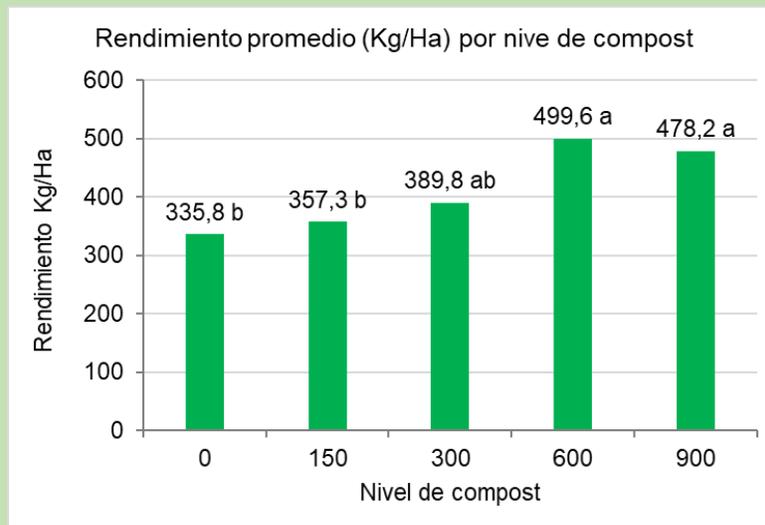
**Cuadro 4.** ANOVA para efectos del compost sobre el rendimiento de quinua orgánica

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	606748,47	4	151687,12	*5,76	0,0003
Nivel de compost	606748,47	4	151687,12	*5,76	0,0003
Error	3579175,73	136	26317,47		
Total	4185924,2	140			

\*: Significativo a P: 0.05

La comparación múltiple de Tukey permitió evidenciar que tratamientos fueron similares o diferentes. En el Grafico 5 se muestra que el tratamiento con nivel de 600 g de compost fue el que obtuvo mayor rendimiento. Estadísticamente fue diferente de los tratamientos con niveles de 0 g, 150 g y 300 g de compost y similar al tratamiento con 900 g de compost.

**Gráfico 4:** Diferencias estadísticas para la variable rendimiento (kg/ha)



Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados del trabajo realizado en el municipio de Huari con la investigación de Maceda W.A. (2015), referida al efecto de compost y estiércol de ovino en el cultivo de quinua en Villa Patarani Altiplano Central en La Paz, Bolivia, en la que compara la aplicación de compost en

los niveles 0, 15, 30 y 60 toneladas por ha (aplicación al voleo antes de la siembra) equivalente a 0, 195, 390 y 780 gramos por mata, registró mayores rendimientos a mayor cantidad de compost, lo cual valida nuestra investigación.

Si bien los rendimientos de la parcela demostrativa de Huari registraron promedios bajos, debido a que el suelo presentó un bajo nivel de fertilidad con alto contenido de arena y bajo contenido de arcilla respectivamente, y mínima capacidad de retención de humedad, se evidenció el efecto positivo del compost sobre el rendimiento comercial de grano. Se observó un incremento notorio hasta el nivel de 600 g; sin embargo, en un nivel mayor (900 g) el rendimiento se redujo.

## 5. CONCLUSIONES

Según lo objetivos planteados y los resultados obtenidos, es posible sustentar las siguientes conclusiones:

- Para el factor número de plantas en el análisis de varianza, se presentó diferencias significativas, mostrando efecto del compost en los tratamientos de 900 y 600 g; ambos tratamientos presentaron menor mortandad de plantas con 12,6 y 12,0 plantas en promedio respecto a tratamiento testigo (sin compost) con 5,9 plantas en promedio.
- Según el análisis ANOVA para la variable altura de plantas no se encontró diferencias significativas.
- Para la variable rendimiento, según el ANOVA se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, se determinó un efecto positivo del compost sobre el rendimiento, los mayores rendimientos obtenidos se registraron en los tratamientos con 600 g y 900 g con valores de 460,6 y 445,8 Kg/ha respectivamente, contrariamente, el menor rendimiento se registró en el tratamiento testigo con 328,2 kg/ha en promedio que presenta el testigo.
- La dosis óptima según el análisis estadístico corresponde a la aplicación de 600 g de compost por mata para la producción orgánica de quinua.

## 6. RECOMENDACIONES

- Concretar la implementación de parcelas demostrativas con la aplicación de compost a base de estiércol de ovino y camélido aplicando una dosis ajustada a 600 g en base a un análisis de suelos en laboratorio.
- Promover la elaboración y uso de compost en parcelas de productores, con la implementación de actividades de capacitación reforzadas con guías técnicas de capacitación.
- El uso de compost es una medida a corto plazo, que permitirá mejorar los niveles de rendimiento por área cultivada.

- En un mediano y largo plazo, no será suficiente adicionar compost y otro abono orgánico, ya que se deberá contar con una estrategia plasmada en un proyecto para la regeneración de suelos y la restauración de la cobertura nativa, lo que permitirá reconstituir el ecosistema.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- GADOR (2026-2020) *Plan Territorial de Desarrollo Integral del Departamento de Oruro – Ajustado* Pp. 28,29.
- GAM Salinas, (2020). *Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016-2020, Municipio Salinas de Garci Mendoza, Oruro, Bolivia. Pp. 28-32.*
- Laime, E. J. (2024). *Datos estadísticos de quinua 2*. Centro Internacional de Quinua (CIQ). Oruro-Bolivia, Pp. 5.
- GAMSH, (2020). *Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016 – 2020* Gobierno Autónomo Municipal De Santiago De Huari, Oruro -Bolivia. Pp. 34.
- Maceda A. W. G (2015) *Efecto de compost y estiércol de ovino en el cultivo de quinua (Chenopodium Quinoa Willd.) - Villa Patarani Altiplano Central*. Tesis de grado, Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia.
- Mamani F. E. (2018). *Comportamiento agronómico de la quinua (Chenopodium Quinoa Willd) Con la aplicación de harina de rocas y compost, en la comunidad Chuca Provincia Pacajes - Altiplano Central*, Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés- Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz, Bolivia.
- CHILON, E. (1997) *Fertilidad de suelos y nutrición de plantas*, 1<sup>º</sup> Edición. La Paz-Bolivia. Ediciones CIDAT.