



Artículo

Efecto del biol como fertilizante foliar sobre la productividad de 20 genotipos promisorios de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Choquenaira

Effect of biol as foliar fertilizer on the productivity of 20 promising genotypes of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) at the Choquenaira Experimental Station

Machaca Alejo Edson Diego, Bosque Sánchez Hugo Daniel, Macías Villalobos Milton

RESUMEN:

El trabajo de investigación se realizó en los predios del Centro Experimental Choquenaira – UMSA, con el objetivo de evaluar el efecto del Biol incorporada de forma foliar en veinte genotipos promisorios de cañahua en la campaña agrícola 2018-2019. La investigación se estableció bajo un diseño Bloques completos al azar con arreglo factorial y aplicando la prueba de comparaciones múltiples Duncan (5%) para trece variables. El primer factor de estudio conformado por tres concentraciones de Biol (60%, 40% y 20%) y dos testigos y el segundo factor estuvo conformado por veinte genotipos promisorios de cañahua. Se observó que el Biol incrementó la producción promedio de grano del cultivo en un 32,5% en comparación al Testigo absoluto. También se registró que la concentración de Biol al 40% tuvo un efecto favorable en el desarrollo morfológico de la planta de cañahua alcanzando un rendimiento promedio de 1691,3 kg ha⁻¹. El genotipo Pugar presentó el mayor rendimiento promedio de grano con 2455,1 kg ha⁻¹, por otra parte, el genotipo L-14 alcanzó un rendimiento de grano de 3005,23 kg ha⁻¹ en combinación con la concentración de Biol al 40%. El Biol como fertilizante foliar se constituye en una alternativa sustentable para reemplazar parcialmente al uso de fertilizantes químicos con el fin de mejorar la productividad en el cultivo de cañahua.

PALABRAS CLAVE:

Cañahua, genotipo, Biol, fertilización foliar, productividad.

ABSTRACT:

The research work was conducted on the premises of the Choquenaira Experimental Center - UMSA, with the objective of evaluating the effect of Biol incorporated in foliar form in twenty promising genotypes of cañahua in the 2018-2019 agricultural season. The research was established under a randomized complete block design with factorial arrangement and applying the Duncan multiple comparisons test (5%) for thirteen variables. The first study factor consisted of three Biol concentrations (60%, 40% and 20%) and two controls, and the second factor consisted of twenty promising cañahua genotypes. It was observed that Biol increased the average grain yield of the crop by 32.5% compared to the absolute control. It was also recorded that the 40% concentration of Biol had a favorable effect on the morphological development of the cañahua plant, reaching an average yield of 1691.3 kg ha⁻¹. The Pugar genotype presented the highest average grain yield with 2455.1 kg ha⁻¹, on the other hand, the L-14 genotype reached a grain yield of 3005.23 kg ha⁻¹ in combination with the 40% Biol concentration. Biol as a foliar fertilizer is a sustainable alternative to partially replace the use of chemical fertilizers in order to improve productivity in the cultivation of sugarcane.

KEYWORDS:

Cañahua, genotype, Biol, foliar fertilization, productivity.

AUTORES:

Machaca Alejo Edson Diego: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés; Email: edson1machaca@gmail.com

Bosque Sánchez Hugo Daniel: Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés; Email: hugobosque@yahoo.es

Macías Villalobos Milton: Investigador en Bioinsumos, Estación Experimental Choquenaira, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés; Email: maciasmilt@gmail.com

Recibido: 22/10/2021. Aprobado: 10/03/2022.



INTRODUCCIÓN

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una planta herbácea de porte bajo que pertenece a la familia Chenopodiáceae. Su grano es considerado “Grano milenario de los Andes”, de un valor nutricional elevado para la alimentación humana. La capacidad productiva y su aclimatación a diferentes zonas agroecológicas son una de las cualidades de alto valor del cultivo (Mamani y Aliaga, 2018).

En la actualidad los bajos rendimientos reportados en las zonas productoras de cañahua se deberían en parte a la predominancia de formas tradicionales de producción del cultivo y al uso de variedades locales de baja uniformidad y estabilidad (Mamani, 2018).

Los recursos genéticos juegan un papel de gran importancia para la producción ya que son la base del desarrollo de variedades mejoradas que aseguran la producción de alimentos y otros satisfactores, además de ser un legado de seguridad para la alimentación y bienestar de las generaciones futuras.

El Banco Nacional de Germoplasma registró un número de 801 accesiones de cañahua conservadas, de las cuales se registraron 383 accesiones en Bolivia, 13 accesiones en Perú y 405 accesiones que todavía son caracterizadas y en estudio (INIAF, 2017).

El Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía – UMSA dependiente al Programa Granos Andinos (PROGRANO), en la actualidad conservan 260 accesiones de cañahua para su conservación y mejoramiento de nuevas variedades (Mamani, 2016).

En la producción orgánica, es frecuente el uso de abonos orgánicos sean estos sólidos o líquidos. Dentro de los abonos líquidos destacan los biofermentados para uso agrícola conocidos comúnmente como bioles. La utilización del Biol podría ser una alternativa para aumentar la productividad en el cultivo de cañahua.

Restrepo (2007), indica que los abonos líquidos son biofertilizantes de energía balanceada y

en armonía mineral, que son elaborados a base de estiércol bovino fresco, disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se ha colocado a fermentar por diversos días en biodigestores o tanques de plástico de 200 L, bajo un sistema anaeróbico.

La eficacia del uso de Biol se podría comparar con la fertilización sintética, ya que puede ser un serio sustituto a este fertilizante. Contiene una mayor cantidad de nutrientes y micronutrientes que los abonos de granja o de estiércol compostado, y es útil para el consumo de las plantas porque los nutrientes se metabolizan a partir de la materia orgánica disuelta durante la digestión. Todo este contenido aumenta el rendimiento de grano o semilla en un 10 - 30% en comparación con los fertilizantes (Warnars y Oppenoorth, 2014).

El Programa Granos Andinos (PROGRANO) dependiente de la facultad de Agronomía en la actualidad viene realizando trabajos de investigación en manejo y conservación de germoplasma y mejoramiento genético en granos andinos como: quinua y cañahua.

El presente trabajo de investigación en el marco del programa PROGRANO, tuvo la finalidad de identificar genotipos promisorios de cañahua con buenas características productivas para la zona de estudio e incentivar el uso del fertilizante Biol como alternativa sustentable para incrementar el rendimiento en el cultivo de cañahua.

Los objetivos de la investigación son: analizar el efecto de la aplicación de Biol como fertilizante foliar en la productividad del cultivo de cañahua, identificar los genotipos promisorios de cañahua con mejores características agronómicas y de rendimiento y evaluar el comportamiento individual de cada uno de los genotipos de cañahua en los diferentes niveles de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empezó con el roturado y mullido de la parcela, luego se incorporó 8 t de estiércol bovino descompuesto y finalmente se hizo un nivelado. Posteriormente, se delimitó la parcela dando las dimensiones de los Bloques y los tratamientos.

La siembra se hizo en la segunda semana del mes de octubre con una densidad de siembra de 3,5 kg ha⁻¹, utilizando una sembradora de prototipo manual que es manipulada con tracción humana. Las rejas de caída de grano están separadas a 40 cm incorporando las semillas a chorro continuo. Se sembraron en total 20 genotipos promisorios de cañahua proporcionados por el Banco de germoplasma de granos andinos ubicada en los predios de la Estación Experimental Choquenaira.

La aplicación del Biol-bovino fue en tres distintas concentraciones (20%, 40% y 60%) en relación al volumen de una mochila asperjadora. Además, se hizo la aplicación fraccionaria de urea a una dosis de 80-00-00 NPK como un testigo comercial. Las aplicaciones para Biol y urea se hicieron en tres oportunidades: en la formación de las 4 hojas verdaderas, etapa de ramificación y antes del inicio a la floración.

Las tomas de las variables de respuestas se hicieron tanto en la etapa de maduración del cultivo (Altura de planta, Cobertura vegetativa y longitud de rama lateral) y así también posterior a la cosecha de las muestras (Peso total de planta, Peso de grano por planta, rendimiento e índice de cosecha). Para el análisis estadístico de las variables estudiadas, se elaboró una matriz de datos para su posterior procesamiento mediante el programa estadístico InfoStat versión 2020.

En el trabajo de investigación se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBA) con arreglo factorial, los factores en estudio fueron genotipos de cañahua y niveles de Biol-bovino. El primer factor comprende 5 niveles de fertilización y el segundo factor consta de 20 genotipos promisorios de cañahua las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de estudio.

Factor	Niveles	
A (Niveles de Fertilización)	a1	Testigo (Testigo Absoluto)
	a2	Urea (Testigo Comercial)
	a3	20% Biol
	a4	40% Biol
	a5	60% Biol
B (Genotipos de Cañahua)	b1	7
	b2	113
	b3	183
	b4	191
	b5	Cóndor Nayra
	b6	Eco Naranja
	b7	Illimani
	b8	Kullpara
	b9	Pucaya
	b10	Pura Purani
	b11	Pusar
	b12	Rojo Naranja
	b13	Rojo
	b14	Warikunka
	b15	Wila Kellu
	b16	L - 3
	b17	L - 4
	b18	L - 6
	b19	L - 14
	b20	L - 18

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Análisis ANVA para las variables

En la tabla 2 se muestra el análisis de varianza para todas las variables de respuesta.

Tabla 2. Análisis de varianza para las variables.

FV	Bloque	Fertilizante	Genotipo	Fertilizante*Genotipo	CV
Altura de planta	<0,0001 **	0,0264 *	<0,0001 **	<0,0001 **	5,71%
Longitud de rama lateral	<0,0001 **	0,0048 **	<0,0001 **	<0,0001 **	5,38%
Cobertura vegetativa	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	6,28%
Peso total de planta	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	11,80%
Peso de grano por planta	<0,0001 **	0,0024 **	<0,0001 **	<0,0001 **	16,58%
Rendimiento	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	22,72%
Índice de cosecha	<0,0001 **	0,0418 *	<0,0001 **	<0,0001 **	12,06%

(**) Altamente Significativo al 1% de probabilidad estadística.

(*) Significativo al 5% de probabilidad estadística.

NS: No Significativo.

De acuerdo a Martínez (1988), valores menores a 25% de coeficiente de variabilidad es aceptable para ensayos de campo.

Altura de planta

Comparación con la aplicación de Fertilizante

Según el resultado de la comparación de medias Duncan para el factor Fertilizante (FA) (Tabla 3), se conformaron dos grupos, en los cuales se puede ver al grupo A con los mayores promedios de altura de planta compuesto por el nivel Urea con una media de 48,06 cm, seguido de los niveles de Biol 60% y 40% con 47,57 cm y 47,23 cm respectivamente. El grupo B conformado por los niveles 20% Biol y Testigo con 46,74 cm y 46,65 cm respectivamente.

Tabla 3. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Altura de planta factor fertilizante.

Fertilización	Altura de planta (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	48,06	a
40% Biol	47,57	a
60% Biol	47,23	a
20% Biol	46,74	b
Testigo	46,65	b

Esta diferencia existente entre grupos se podría atribuir a que tanto la Urea como los niveles de 60% y 40% Biol ofrecen una mayor cantidad de nutrientes que benefician al desarrollo de la planta.

Comparación de Genotipos

Según los resultados de la prueba de medias Duncan para el factor Genotipo (FB) (Tabla 4), se observa la formación de siete grupos, donde el grupo A compuesto por el genotipo 113 tiene la mayor altura promedio con 61,86 cm y los genotipos de menor altura de planta se encuentran en el grupo G compuesto por Cóndor Nayra y Eco Naranja con 38,19 cm y 37,05 cm respectivamente.

Tabla 4. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Altura de planta factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Altura de planta (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Pusar	61,9	a
L - 18	58,8	b
Pura Purani	56,9	b
L - 14	52,1	c
Wila Kellu	51,1	c
L - 4	50,07	c
Gen. 113	48,9	d
Rojo naranja	48,8	d
L - 6	48,7	d
Warikunka	48,0	d
Pucaya	47,2	e
Gen. 191	47,0	e
L - 3	45,6	e
Kullpara	41,1	f
Illimani	41,0	f
Gen. 7	40,9	f
Gen. 183	40,5	f
Rojo	40,3	f
Cóndor nayra	38,2	g
Eco naranja	37,1	g

Esta diferencia entre genotipos para la variable altura de planta se debería a la diferencia genética existente la cual determina las características heredables en la planta.

Fertilizante*Genotipo

La prueba de medias Duncan para los tratamientos, muestra la interacción más sobresaliente (Figura 1) en el genotipo 183 siendo beneficiada en mayor proporción por el fertilizante Urea con una altura de 52,76 cm. La siguiente interacción de importancia (Figura 2) se encuentra dentro el genotipo L-6 al tener este una respuesta positiva a la aplicación de los mayores niveles de Biol 40%, 60% y de Urea con alturas de 53,39 cm, 52,60 cm y 52,32 cm respectivamente.

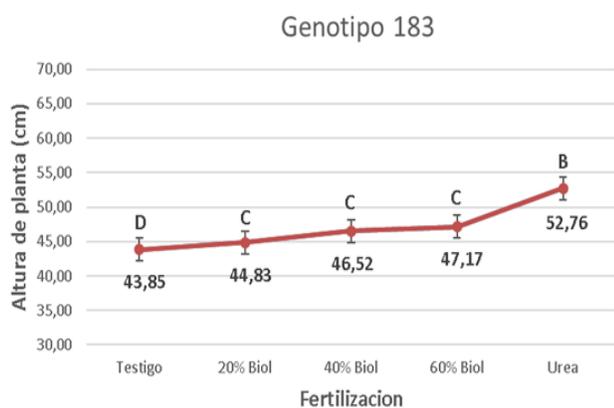


Figura 1. Interacción para altura de planta genotipo 183.

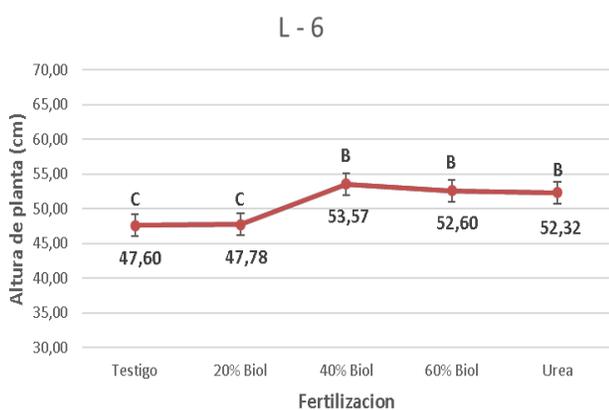


Figura 2. Interacción para altura de planta genotipo L-6.

Los genotipos que alcanzaron una mayor altura de planta pueden tener mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y agua del suelo, tanto por un buen enraizamiento y área foliar, por ende, una mayor recepción de luz. También puede estar

influenciado por la temperatura y por la transpiración del cultivo, que es mucho mayor en zonas áridas, por tanto, las expresiones de los genotipos pueden mostrar amplia variación en diferentes localidades, épocas de siembra y tipo de suelo.

Al respecto Ticona (2011), reporta alturas promedio del Saihua amarilla con 55,66 cm y Lasta rosada con 54,11 cm en Calasaya (Provincia Los Andes) con fertilización de abonos líquidos. Así también Ramírez (2014), reporta que el cultivo de cañahua puede alcanzar una altura promedio de 41,5 cm con fertiriego incorporando Biol. Los datos obtenidos para los niveles de fertilización son similares a las investigaciones citadas, ya que también se trabajó con fertilizantes orgánicos, pero en distintas dosis, en cambio para los genotipos se alcanzaron alturas mayores, esto se debería a que se trabajó con una mayor variedad de genotipos de cañahua en la investigación.

Longitud de rama lateral

Comparación con la aplicación de Fertilizante

La prueba de medias Duncan al nivel de 5% para el factor Fertilizante (FA) en la variable longitud de rama lateral diferenció dos grupos (Tabla 5), donde el grupo A esta formado únicamente por el nivel Urea que obtuvo el mayor promedio de 53,18 cm, el grupo B está compuesto por los niveles 60%, 40%, 20% Biol y el Testigo con promedios de 51,89 cm, 51,67 cm, 51,63 cm y 51,45 cm de longitud respectivamente.

De lo anterior se podría deducir que el nivel de fertilizante Urea tuvo un mayor efecto en la longitud de las ramas laterales posiblemente debido a una mayor disposición de nitrógeno para la planta.

Tabla 5. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Longitud de rama lateral factor fertilizante.

Fertilización	Altura de planta (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	53,18	a
60% Biol	51,89	b
40% Biol	51,67	b
20% Biol	51,53	b
Testigo	51,45	b

Comparación de Genotipos

De acuerdo a la comparación de medias Duncan (Tabla 6) para el factor genotipo (FB) en la variable Longitud de rama lateral se observan seis grupos conformados. Al grupo A pertenecen los Genotipos 113 y Pular con los mayores valores de longitud con una media de 65,3 cm y 64,7 cm respectivamente. Por otra parte, conformando el grupo F se encuentran los genotipos de menor promedio para longitud de rama lateral los cuales son el genotipo Rojo, Cóndor Nayra y Eco Naranja con una media de 41,6 cm, 40,2 cm y 39,8 cm respectivamente.

Tabla 6. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Longitud de rama lateral factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Longitud de rama lateral (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Gen. 113	65,3	a
Pular	64,7	a
L - 14	59,6	b
L - 4	58,9	b
Pucaya	57,3	b
L - 6	57,1	b
Warikunka	56,8	b
Pura Purani	54,6	c
L - 18	54,4	c
Rojo Naranja	53,9	c
Wila Kellu	53,8	c
Gen. 183	50,7	d
Kullpara	50,0	d
Illimani	47,9	e
Gen. 7	46,2	e
Gen. 191	45,6	e
L - 3	45,2	e
Rojo	41,6	f
Cóndor nayra	40,2	f
Eco naranja	39,8	f

Fertilizante*Genotipo

La prueba de comparación múltiple de Duncan para Longitud de rama lateral, presentó dos interacciones relevantes. La primera (Figura 3) entre el genotipo Warikunka con el nivel de fertilizante Urea teniendo un incremento considerable en combinación siendo el promedio alcanzado de 82,31 cm, la segunda interacción (Figura 4) es la del genotipo L- 14 con el nivel de fertilizante 20% Biol con una longitud de rama lateral de 66,33 cm.

Warikunka

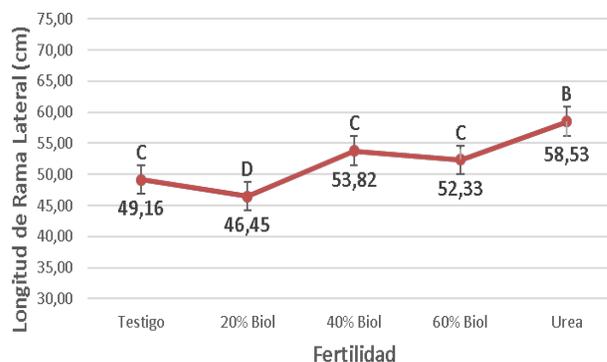


Figura 3. Interacción para longitud de rama lateral genotipo Warikunka.

L - 14

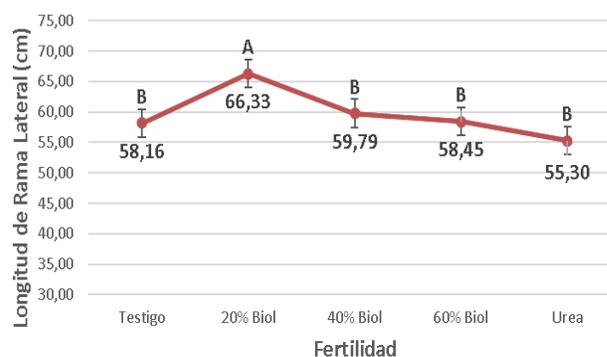


Figura 4. Interacción para longitud de rama lateral genotipo L-14.

Mamani (2018), reportó resultados con un nivel de fertilizante Urea de 46,66 cm de promedio y con el fertilizante Biol (20% Biol) de 33,35 cm, estos resultados son inferiores a lo obtenido, esto podría atribuirse a la cantidad de genotipos estudiados en cada trabajo, ya que en el presente estudio hubo genotipos con características superiores de longitud de rama lateral.

La importancia de esta variable podría ser de importancia en la producción de grano de cañahua, que al igual que el tallo principal, este también cuenta con sub - ramificaciones que producen flores y por ende grano.

Cobertura vegetativa

Comparación con la aplicación de Fertilizante

La prueba de medias Duncan al nivel de 5% para el factor Fertilizante (FA) en la variable

Cobertura vegetativa diferenció tres grupos (Tabla 7), el grupo A esta formado por el nivel Urea que obtuvo el mayor promedio de 27,52 cm, el grupo B está compuesto por los niveles 60, 40 y 20% Biol con promedios de 26,73, 26,48 y 26,46 cm, finalmente el grupo C compuesto por el nivel Testigo con el menor promedio de cobertura con 25,93 cm.

Tabla 7. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para cobertura vegetativa factor fertilizante.

Fertilización	Cobertura vegetativa (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	27,52	a
60% Biol	26,73	b
40% Biol	26,48	b
20% Biol	26,46	b
Testigo	25,93	c

Comparación de Genotipos

De acuerdo a la comparación de medias Duncan (Tabla 8) para el factor Genotipo (FB) se hallaron ocho grupos. Al grupo A pertenecen los Genotipos L-6, Puzar, Illimani y 7 con los mayores valores de cobertura con una media de 32,6 cm, 32,6 cm, 32,3 cm y 31,8 cm. En el grupo H se encuentra el genotipo 113, con menor promedio de cobertura de 9,7 cm este genotipo pertenece al hábito de crecimiento Saihua caracterizado por tener escasa ramificación y menor diámetro de cobertura.

Tabla 8. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de Cobertura vegetativa factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Cobertura vegetativa (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
L - 6	32,6	a
Puzar	32,6	a
Illimani	32,3	a
Gen.7	31,8	a
Pucaya	30,7	b
Pura Purani	30,6	b
Gen. 183	28,7	c
Gen. 191	28,3	c
L - 4	27,9	c
L - 18	27,4	d
Eco naranja	27,2	d
Kullpara	27,2	d
Rojo naranja	27,1	d
L - 3	26,0	e
Cóndor nayra	26,0	e
Warikunka	25,7	e
Wila Kellu	22,9	f
Rojo	21,8	f
L - 14	16,0	g
Gen. 113	9,7	h

Fertilizante*Genotipo

La prueba de comparación múltiple de Duncan para Cobertura vegetativa, presentó tres interacciones relevantes. La primera (Figura 5) entre el genotipo L-14 con el nivel de fertilizante Testigo donde se halló un efecto desfavorable en combinación siendo el promedio alcanzado de 10,37 cm, la segunda interacción (Figura 6) también negativa es la del genotipo L-6 con el nivel de fertilizante Testigo con una cobertura de 27,78 cm. La tercera interacción (Figura 7) corresponde al genotipo 7 conjunto el nivel de fertilizante Urea donde se aprecia un efecto positivo alcanzando una cobertura vegetativa de 35,96 cm.

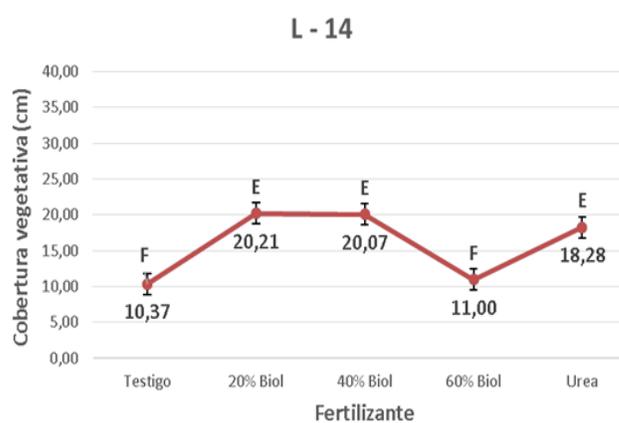


Figura 5. Interacción para cobertura vegetativa genotipo L-14.

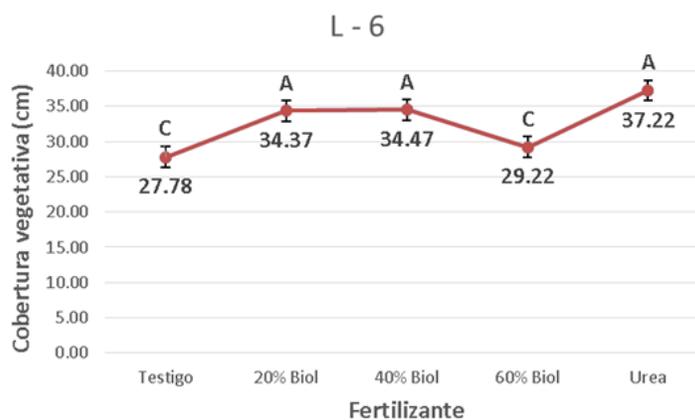


Figura 6. Interacción para cobertura vegetativa genotipo L-6.

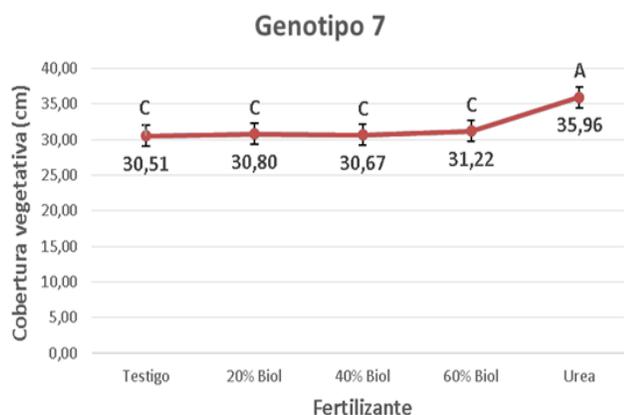


Figura 7. Interacción para cobertura vegetativa genotipo 7.

Según Mamani (2018), la utilización de Biol en la producción de la cañahua resulta una alternativa para mejorar el desarrollo de la cobertura vegetativa que influye en los rendimientos de grano y broza en el cultivo. Ramírez (2014), reporta resultados promedio para cobertura vegetativa de 23,21 cm con la aplicación de Biol mediante un sistema de fertiriego, en comparación se registraron promedios mayores de cobertura en el presente estudio, esto puede atribuirse al uso de mayores dosis de Biol y genotipos de mayor productividad. Resultados obtenidos por Chambí (2017), reporta promedio que varían de 2,37 cm a 34,64 cm de cobertura vegetativa en la caracterización de 39 acciones de cañahua, así también Quispe (2007) informa un rango de cobertura vegetativa que varía de 4,2 cm a 52,2 cm en 244 acciones de cañahua. Esta diferencia de resultados podría deberse a que en los estudios citados se evaluaron además genotipos de diferentes hábitos de crecimiento como ser Saihua y Pampa lasta.

Peso total de planta

Comparación con la aplicación de Fertilizante

Según el resultado de la comparación de medias Duncan para el factor Fertilizante (FA) (Tabla 9), se formaron tres grupos, en los cuales se puede ver al grupo A con el mayor promedio de Peso total de planta, compuesto por el nivel Urea con una media de 60,84 g. Le sigue el grupo B conformado por los niveles 60% y 40% Biol con 57,88 g y 57,76 g respectivamente. Por último tenemos al grupo C con los menores valores para la variable Peso total de planta siendo formado por los niveles 20% Biol y Testigo con 55,52 g y 55,17 g respectivamente.

Tabla 9. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para peso total de planta factor fertilizante.

Fertilización	Peso total de planta (g)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	60,84	a
40% Biol	57,88	b
60% Biol	57,76	b
20% Biol	55,52	c
Testigo	55,17	c

Mejía (2002), indica que el Biol mejora la actividad biológica del suelo, actúa como hormona vegetal (fitohormona) y contiene ácido indolacético (A.I.A), giberelinas, purinas, tiamina, piridoxina, ácido nicótico, riboflavina, cobalamina, ácido ascórbico, cisteína, triptófano que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Comparación de Genotipos

Según los resultados de la prueba de medias Duncan para el factor Genotipo (FB) (Tabla 10), se observa la formación de siete grupos, donde el grupo A compuesto por el genotipo Pusar tiene el mayor peso promedio con 100,1 g y los genotipos de menor peso total de planta se encuentran en el grupo G compuesto por L-14 y Rojo con 33,3 g y 30,9 g respectivamente.

Tabla 10. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para peso total de planta factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Peso total de planta (g)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Pusar	32,6	a
L - 4	32,6	b
Pura Purani	32,3	c
L - 18	31,8	c
L - 6	30,7	c
Illimani	30,6	c
Pucaya	28,7	c
Wila Kellu	28,3	d
Gen. 183	27,9	d
Gen. 7	27,4	d
Warikunka	27,2	d
Kullpara	27,2	d
Gen. 191	27,1	d
Gen. 113	26	e
L - 3	26	e
Rojo naranja	25,7	e
Eco naranja	22,9	f
Cóndor nayra	21,8	f
L - 14	16	g
Rojo	9,7	g

Fertilizante*Genotipo

La prueba de medias Duncan para los tratamientos muestra la interacción más sobresaliente (Figura 8) en el genotipo L-4 siendo beneficiada en mayor proporción por el fertilizante Urea con un peso total de planta 115,54 g. La siguiente interacción de importancia (Figura 9) se encuentra dentro el genotipo L-6 al tener este una respuesta positiva a la aplicación de Urea con un peso de 97,16 g. Finalmente se encuentra la interacción favorable (Figura 10) del genotipo Pusar con el nivel Urea con un peso total de planta de 125,37 g.

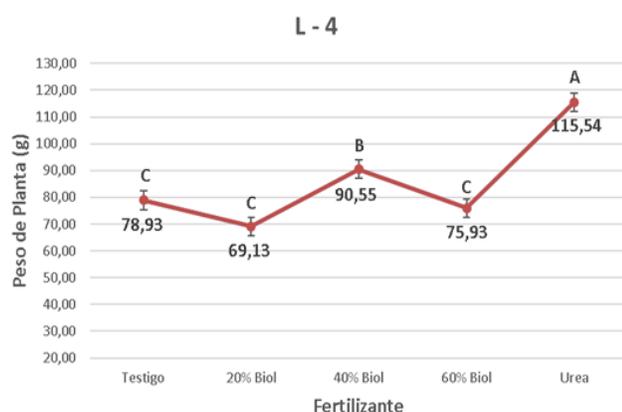


Figura 8. Interacción para peso de planta genotipo L-4.

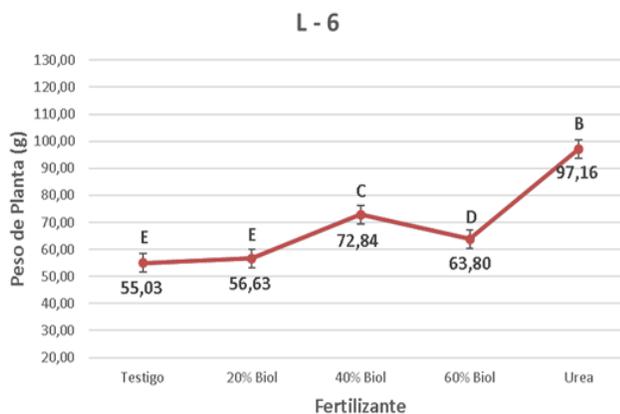


Figura 9. Interacción para peso de planta genotipo L-6.

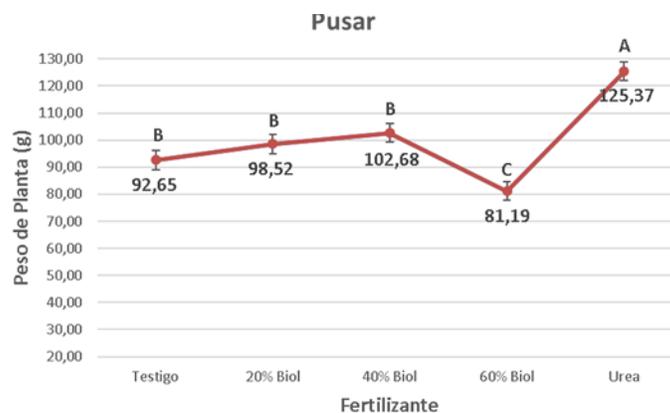


Figura 10. Interacción para peso de planta genotipo Pusar.

Pinto y Rojas (2016) reportan pesos totales de planta (grano más broza) en un rango de 12,72 g a 105,9 g en la caracterización de 744 accesiones pertenecientes al banco de germoplasma de Bolivia. Los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro el rango anteriormente señalado. Choque (2005) con la aplicación de estiércol de llama a un nivel de 15 t ha⁻¹ reportó un peso total de planta promedio de 22,78 g en tres ecotipos de cañahua, dicho resultado es inferior a lo obtenido en el presente trabajo con el nivel de fertilizante 20% Biol (55,52 g), aunque la diferencia es notable no podría atribuirse totalmente al efecto del Biol si no principalmente al uso de genotipos de mayor producción de biomasa.

El mayor valor de peso total de planta para el nivel de fertilizante Urea respecto al Testigo podría atribuirse a la respuesta fisiológica de la planta al nitrógeno que causó un aumento proporcional de tejidos estructurales.

Peso de grano por planta

Comparación con la aplicación de Fertilizante

Según el resultado de la comparación de medias Duncan para el factor Fertilizante (FA) (Tabla 11), se conformaron tres grupos, en los cuales se puede ver al grupo A con el mayor promedio de peso de grano por planta para el nivel Urea con una media de 13,64 g. El grupo B conformado por los niveles 60%, 40% y 20% Biol con 12,96 g, 12,67 g y 12,65 g respectivamente. El grupo C está compuesto únicamente por el nivel Testigo con el menor peso promedio de 12,08 g.

Tabla 11. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Peso de grano por planta factor fertilizante.

Fertilización	Peso de grano por planta (g)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	13,64	a
40% Biol	12,97	b
60% Biol	12,67	b
20% Biol	12,65	b
Testigo	12,08	c

Comparación de Genotipos

La prueba de medias Duncan para la variable Peso total de grano por planta de Genotipos (FB) (Tabla 12), formó siete grupos, donde el grupo A está conformado simplemente por el genotipo Pusar con el mayor peso promedio de 26,2 g. El grupo G comprende los genotipos de menor peso promedio de grano por planta, los cuales son Rojo, Cóndor Nayra y Eco Naranja con pesos de 4,1 g, 3,5 g y 2,9 g respectivamente.

Tabla 12. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Peso de grano por planta factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Peso de grano por planta (g)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Pusar	26,2	a
Pura Purani	20,1	b
L - 18	18,0	c
L - 4	17,9	c
L - 6	17,5	c
Wila Kellu	15,0	c
Pucaya	14,7	c
Rojo Naranja	14,2	d
Gen. 7	13,7	d
Illimani	13,4	d
Gen. 191	12,5	d
Warikunka	12,4	d
Kullpara	11,9	d
L - 3	10,1	e
Gen. 113	10,1	e
L - 14	9,3	e
Gen. 183	8,8	f
Rojo	4,1	f
Cóndor nayra	3,5	g
Eco Naranja	2,9	g

Choque (2005) con la aplicación de estiércol de llama a un nivel de 10 t ha^{-1} reportó un peso de grano por planta promedio de 9,43 g en tres ecotipos de cañahua, dicho resultado es inferior a lo obtenido en el presente trabajo con el nivel de fertilizante 20% Biol (12,65 g), esta diferencia podría atribuirse a la

propiedad del fertilizante Biol de proporcionar nutrientes a la planta de forma inmediata.

Fertilizante*Genotipo

La prueba de medias Duncan para los tratamientos, muestra la interacción más sobresaliente (Figura 11) en el genotipo L-6 siendo beneficiada en mayor proporción por el nivel de fertilizante Urea con un peso promedio de grano por planta de 29,75 g. La siguiente interacción de importancia (Figura 12) se encuentra dentro el genotipo L - 4 al tener este una respuesta positiva a la aplicación de Urea con un peso promedio de 27,49 g. Por último, tenemos a la interacción (Figura 13) del genotipo Pusar al tener este una respuesta favorable a la aplicación de los mayores niveles de 40%, 60% Biol y de Urea con pesos promedios de 28,08 g, 29,50 g y 27,21 g respectivamente.

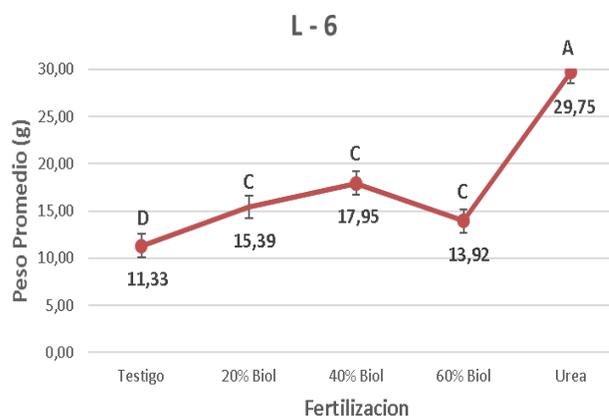


Figura 11. Interacción para peso de grano por planta genotipo L-6.

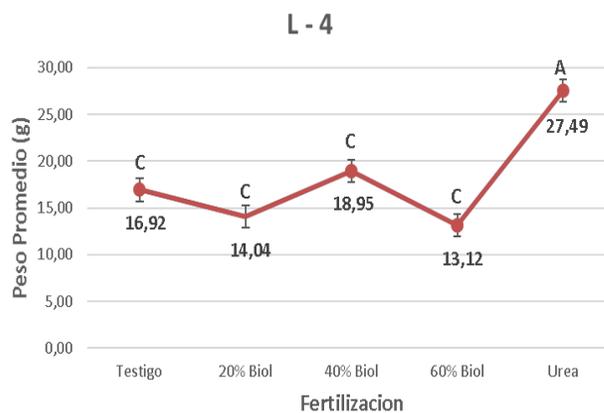


Figura 12. Interacción para peso de grano por planta genotipo L-4.

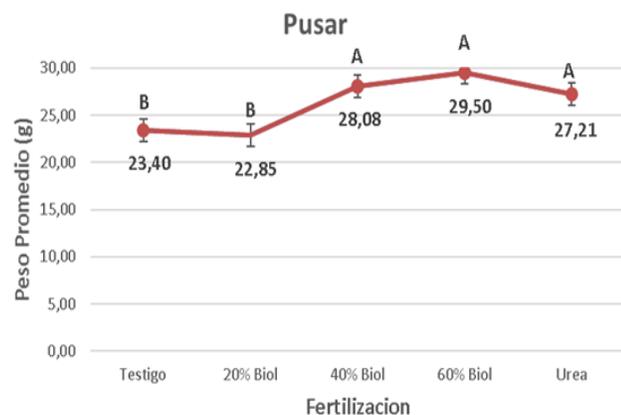


Figura 13. Interacción para peso de grano por planta genotipo Pusar.

Pinto y Rojas (2016) hallaron pesos de grano por planta en un rango de 2,12 g a 25,1 g en la caracterización de 744 accesiones pertenecientes al banco de germoplasma de Bolivia. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro un rango similar al anteriormente señalado. Resultados obtenidos por Chambi (2017) en la caracterización agronómica de 39 accesiones muestran un peso de grano para los genotipos Rojo Naranja y Eco Naranja de 9 g y 2,1 g respectivamente. Así mismo Mamani (2017) indica que los genotipos Kullpara y Pucaya poseen un peso de grano por planta de 20 g y 16 g respectivamente. Al comparar resultados, si bien se obtuvo un peso de grano menor a lo reportado por Mamani este fue mayor a lo obtenido por Chambi, dado que fueron evaluados en la misma zona, esto podría deberse a la variación climática entre ciclos.

Rendimiento

Comparación con la aplicación de Fertilizante

La comparación de medias Duncan para el factor Fertilizante (FA) (Tabla 13) muestra la formación de dos grupos, en los cuales se puede ver al grupo A con los mayores promedios de rendimiento de grano al estar conformado por los niveles de fertilizante Urea, 40%, 60% y 20% Biol con medias de 1708,80 kg ha⁻¹, 1691,30 kg ha⁻¹, 1657,70 kg ha⁻¹ y 1617,20 kg ha⁻¹ respectivamente. El grupo B está compuesto simplemente por el nivel Testigo con el menor rendimiento de grano promedio de 1220,40 kg ha⁻¹.

Tabla 13. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de Rendimiento factor fertilizante.

Fertilización	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	1708,8	a
40% Biol	1691,3	a
60% Biol	1657,7	a
20% Biol	1617,2	a
Testigo	1220,4	b

Comparación de Genotipos

De acuerdo a la comparación de medias Duncan (Tabla 14) para el factor Genotipo (FB) de la variable Rendimiento de grano se hallaron cinco grupos. Al grupo A pertenece únicamente el Genotipo Pusar con el mayor valor de rendimiento con una media de 2455,1 kg ha⁻¹. Por otra parte, conformando el grupo E se encuentran los genotipos Rojo, Cóndor Nayra y Eco Naranja con los menores promedios de rendimiento con 698,8 kg ha⁻¹, 516,5 kg ha⁻¹ y 506,6 kg ha⁻¹ respectivamente.

Tabla 14. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) de Rendimiento factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Pusar	2455,1	a
L - 18	2002,2	b
Pura Purani	1948,8	b
L - 14	1929,6	b
Wila Kellu	1925,5	b
L - 4	1893,8	b
Gen. 113	1686,9	c
Rojo naranja	1675,0	c
L - 6	1673,2	c
Warikunka	1656,3	c
Pucaya	1653,5	c
Gen. 191	1632,2	c
L - 3	1601,6	c
Kullpara	1598,2	c
Illimani	1595,1	c
Gen. 7	1587,9	c
Gen. 183	1344,9	d
Rojo	698,8	e
Cóndor nayra	516,5	e
Eco naranja	506,6	e

Fertilizante*Genotipo

La prueba de comparación múltiple de Duncan para Rendimiento de grano, presentó dos interacciones relevantes. La primera (Figura 14) entre el genotipo L-14 con los niveles de fertilizante 60% y 40% Biol en los cuales se halló un efecto favorable en combinación, siendo los promedios alcanzados de 3005,23 kg ha⁻¹ y 2995,53 kg ha⁻¹. La segunda interacción (Figura 15) también positiva es la del genotipo L-6 con el nivel de fertilizante Urea con un rendimiento de 3033,40 kg ha⁻¹.

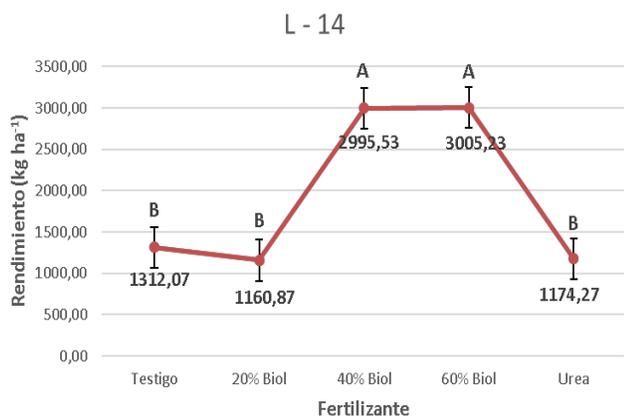


Figura 14. Interacción para rendimiento de grano genotipo L-14.

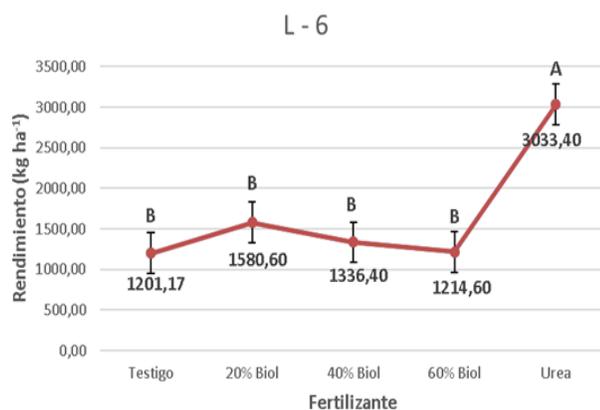


Figura 15. Interacción para rendimiento de grano genotipo L-6.

Mamani (2016) indica que los rendimientos de grano en cañahua fluctúan de 500 a 1800 kg ha⁻¹ con aplicación de tecnología media y entre 1800 a 4200 kg ha⁻¹ con tecnología avanzada. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro el rango anteriormente señalado. Según los resultados obtenidos por Mamani (2018) con la aplicación de Biol vía foliar los rendimientos fueron superiores en cuanto al testigo en una proporción de

40%, la cual es similar a la proporción conseguida en el presente estudio que fue de 36% respecto al testigo (122,04 g m⁻²). En relación Ticona (2011) reportó un rendimiento de grano promedio de 267,75 gm⁻² con la aplicación foliar de Biol a una concentración al 5%, dicho resultado es superior a lo obtenido en el presente trabajo con el nivel de fertilizante 40% Biol (169,13 g m⁻²), esta diferencia podría atribuirse a la variabilidad de los genotipos estudiados, tal como el genotipo Eco Naranja cuyo rendimiento de grano (51 g m⁻²) afectó los promedios de los niveles de fertilizante.

Mamani (2018) en la evaluación de genotipos de cañahua reportó un rendimiento de grano para el genotipo Puzar de 130,67 g m⁻², resultado inferior a lo obtenido en el presente estudio, dado que fueron evaluados en la misma zona, esto podría indicar una baja estabilidad productiva en el genotipo. Así también para el genotipo L-18 obtuvo un rendimiento de grano de 191,39 g m⁻² el cual es semejante a lo conseguido en el presente trabajo. Maydana (2010) reportó un rendimiento para el genotipo Warikunka de 230,38 g m⁻² en una evaluación participativa en el Municipio de Moco Moco, sin embargo, Macuchapi (2017) obtuvo un rendimiento para el mismo de genotipo de 34,12 g m⁻² en el Municipio de Puerto Carabuco. Al comparar resultados, si bien se obtuvo un rendimiento menor a lo reportado por Maydana este fue significativamente superior a lo obtenido por Macuchapi. Lo anterior podría deberse al contraste de condiciones edafoclimáticas entre las zonas de estudio.

Ramírez (2014) obtuvo un rendimiento de grano para el genotipo Cóndor nayra de 194,12 g m⁻² bajo un sistema de fertirriego, dicho resultado es ampliamente superior a lo obtenido en el presente estudio, a pesar de haberse realizado ambas investigaciones en la misma zona, esta diferencia podría atribuirse al uso del sistema de riego ya que el presente estudio fue producción a secano, esto a su vez nos indica que el genotipo requiere de un nivel apropiado de agua para mostrar su potencial.

De los resultados obtenidos en la comparación de fertilizantes se pudo evidenciar que tanto la urea como la aplicación de Biol manifestaron incrementos importantes en los rendimientos respecto al testigo. Aunque este incremento es

similar claramente se debe a efectos diferentes, ya que la urea por su alto contenido de nitrógeno produce un gran impacto en el crecimiento del cultivo, al mantener la capacidad fotosintética y la acumulación de biomasa. Por otro lado, el Biol cuenta con fitohormonas, quelatos, macronutrientes y micronutrientes como calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc entre los más importantes, los cuales se encuentran a disposición inmediata de la planta para su desarrollo.

Índice de cosecha

Comparación con la aplicación de Fertilizante

La prueba de medias Duncan al nivel de 5% para el factor Fertilizante (FA) en la variable Índice de cosecha diferenció dos grupos (Tabla 15), donde el grupo A está formado por los niveles de fertilizante 60% y 40% Biol los cuales obtuvieron los mayores promedios con 22% y 21,93% respectivamente. El grupo B está compuesto por los niveles 20% Biol, Urea y Testigo con promedios de 21,35%, 20,93% y 20,89% respectivamente.

Tabla 15. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Índice de cosecha factor fertilización.

Fertilización	Índice de cosecha (%)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
60% Biol	22,00	a
40% Biol	21,93	a
20% Biol	21,35	b
Urea	20,93	b
Testigo	20,89	b

Comparación de Genotipos

De acuerdo a la comparación de medias Duncan (Tabla 16) para el factor genotipo (FB) en la variable Índice de cosecha se observan nueve grupos conformados. Al grupo A pertenece el genotipo Rojo Naranja con el mayor valor promedio de 33,3%. Por otra parte, conformando el grupo I se encuentran los genotipos de menor promedio para Índice de cosecha los cuales son el genotipo Cóndor Nayra y Eco Naranja con una media de 8,7% y 7% respectivamente.

Tabla 16. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) para Índice de cosecha factor genotipo.

Genotipos de Cañahua	Índice de cosecha (%)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Rojo naranja	33,3	a
L - 14	29,1	b
Pusar	26,9	c
Wila Kellu	25,9	c
Pura Purani	25,8	c
Gen. 191	24,5	d
Pucaya	24,2	d
L - 6	24	d
L - 18	23,3	e
Warikunka	23,2	e
Kullpara	22,6	e
Gen. 7	22,4	e
L - 3	21,6	f
Gen. 113	20,9	f
Illimani	19,8	g
L - 4	19,6	g
Gen. 183	13,3	h
Rojo	12,3	h
Cóndor nayra	8,7	i
Eco naranja	7	i

Fertilizante*Genotipo

La prueba de comparación múltiple de Duncan para la variable Índice de cosecha, presentó 2 interacciones relevantes. La primera (Figura 16) entre el genotipo 113 con el nivel de fertilizante 20% Biol en la cual se presentó un efecto negativo siendo el promedio de 14,75%, la segunda interacción (Figura 17) es la del genotipo Wila Kellu con el nivel de fertilizante Urea donde también se observa un efecto desfavorable con una media de índice de cosecha de 19,04%.

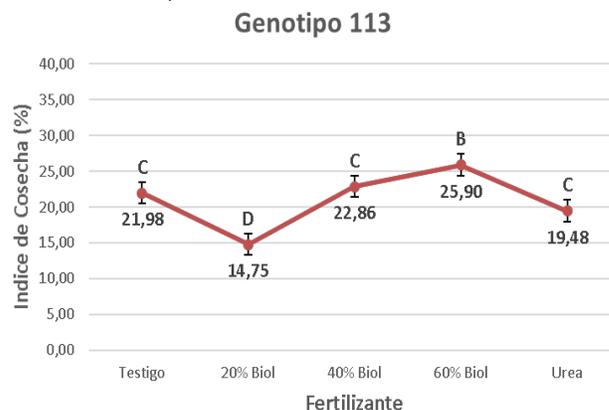


Figura 16. Interacción para Índice de cosecha genotipo 113.

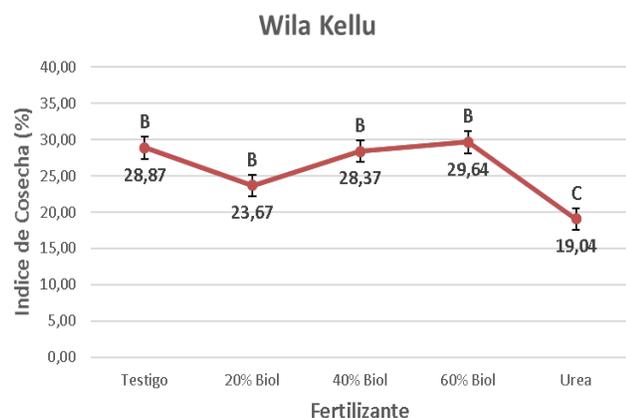


Figura 17. Interacción para Índice de cosecha genotipo Wila Kellu.

Los resultados obtenidos por Pinto y Rojas (2016) muestran un rango para índice de cosecha de 16% a 26% en la caracterización de 744 accesiones de cañahua, en el presente estudio 16 de los 20 genotipos evaluados obtuvieron promedios de índice de cosecha dentro el rango reportado, mientras que los restantes 4 obtuvieron promedios inferiores al 16%. Lo anterior podría sugerir que esos 4 genotipos son sensibles a periodos cortos de sequía, dado que la producción de se realizó a secano y además se reportó una precipitación menor al promedio histórico (348,6 mm) durante el ciclo de cultivo.

A partir de los resultados obtenido se puede notar que el nivel de fertilizante Urea se encontró en el grupo de menor índice de cosecha a pesar de haber obtenido el mayor promedio de peso de grano total por planta, esto podría atribuirse a que también tuvo un efecto positivo en la producción de broza.

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de Biol incrementó la producción de grano en el cultivo de cañahua, así como también la cobertura vegetativa y el índice de cosecha, lo que lo convierte en una alternativa viable para mejorar los rendimientos del productor. La concentración de Biol al 40% tuvo el mejor efecto en el desarrollo morfológico de la planta de cañahua en comparación a las demás concentraciones evaluadas y en consecuencia también mejoró la productividad de grano. De los veinte genotipos evaluados seis han mostrado rendimientos de grano superiores a 1800 kg ha⁻¹, por lo que se los podría considerar genotipos promisorios de alta productividad.

Entre los genotipos destacados se encuentran los genotipos Pusar y Pura Purani por mostrar características deseables para la producción de grano y broza, tales como altura de planta, cobertura vegetativa y peso de grano por planta. Las mejores características orientadas a la producción de grano las presentó el genotipo L-14, dado que posee una estructura compacta, buen rendimiento y un mayor índice de cosecha.

El genotipo L-4 expresó un efecto sinérgico para el rendimiento de grano en combinación con el fertilizante urea. El genotipo L-14 manifestó un efecto positivo para el rendimiento de grano en asociación con los niveles de fertilizante 60% y 40% Biol, por lo que podría elaborarse un paquete tecnológico para mejorar su productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chambi, J. 2017. Caracteres agronómicos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el periodo reproductivo relacionado a la calidad de grano en treinta y nueve accesiones. Tesis de Grado. Facultad de agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 63 p.
- Choque, R. 2005. Efecto de niveles de fertilización con estiércol de llama (*Lama glama*) en tres ecotipos de kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 97 p.
- Mamani, F. 2017. Producción de grano de Ecotipos locales de Cañahua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) con aplicación de Biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira. Revista Apthapi. Vol.3. Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia.
- Mamani, F. 2018. Efecto de Biol en la productividad de los ecotipos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). (En línea) Consultado el 10 febrero de 2020. Disponible en: <https://xdocs.cz/doc/mamani-reynoso-felix-2019-efecto-del-biol-en-la-produccion-de-caahua-vo9mwqygyp8j>
- Mamani, F. y Aliaga, S. 2018, La cañahua grano milenario de los Andes. Arte dedicado a la producción sostenible La Paz – Bolivia. 107 p.

- Maydana, E. 2010. Evaluación de la producción de seis variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con participación de agricultores en la comunidad de Pacaure del municipio de Mocomoco. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 110 p.
- Pinto, M. y Rojas, W. 2016. Variabilidad genética de la colección del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de Bolivia. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales. Revista RIIARn. La Paz, Bolivia. p.125-133.
- Quispe, L. 2007. Análisis de la variabilidad fenotípica de 244 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en la localidad de Quipaquipani provincia Ingavi. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 101 p.
- Ramírez, D. 2014. Efecto de la aplicación del fertirriego con la incorporación de Biobovino en el cultivo de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la estación experimental Choquenaira. Tesis De Grado. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 63 p.
- Restrepo, J. 2007. El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1ª ed. Managua, Nicaragua. SIMAS. 262 p.
- Ticona, J. 2011. Efecto de la biofertilización en dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Calasaya provincia los Andes. Tesis de Grado. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 72 p.
- Warnars, L. & Oppenoorth, H. 2014. El Biol: El Fertilizante Supremo. Estudio sobre el Biol, sus usos y resultados. Imp. Quantes. 45 p.