

PRODUCCIÓN DE GRANO DE ECOTIPOS LOCALES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) CON APLICACIÓN DE BIOL DE ESTIERCOL BOVINO EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA

Production of grain from local Cañahua ecotypes (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) with application of bovine manure biol at the Choquenaira Experimental Station

Félix Mamani Reynoso¹

RESUMEN

En las zonas productoras de cañahua, los ecotipos locales de cañahua reportan bajos rendimientos en grano; por consiguiente se plantea, investigar la respuesta de la aplicación de biol elaborado a partir de estiércol bovino en el incremento del rendimiento de los ecotipos locales de cañahua en la Estación Experimental Choquenaira. En el ensayo se ha empleado semilla de ecotipos locales de cañahua seleccionada del banco de germoplasma de granos andinos de la Estación Experimental Choquenaira. Las variables que se midieron fueron el índice de cosecha, altura de la planta y el rendimiento de grano. Los datos obtenidos de la investigación fueron analizados bajo el modelo estadístico aditivo de parcelas divididas y para fines de comparación de promedios se optó por la comparación múltiple de Duncan (5%) y la prueba de “t” Student. Los resultados muestran que la aplicación de biol tiene influencia positiva en la planta induciendo al incremento en el rendimiento de grano de cañahua en una proporción de 14% de diferencia en relación al rendimiento sin biol. Los resultados obtenidos reflejan el efecto favorable del biol elaborado a partir del estiércol de bovino sobre el rendimiento de los ecotipos de cañahua y su aplicación favorecerá a los agricultores mejorando la producción de cañahua y las familias rurales puedan utilizar los granos como insumo principal en la dieta alimentaria y destinar excedentes al mercado generando ingresos económicos.

Palabras clave: ecotipos, cañahua, biol, granos de cañahua, granos andinos.

ABSTRACT

In the Cañahua producing areas, the local Cañahua ecotypes report low grain yields; therefore, it is proposed to investigate the response of the application of biol made from bovine manure in increasing the yield of local Cañahua ecotypes at the Choquenaira Experimental Station. Seed from local Cañahua ecotypes selected from the Andean grain germplasm bank of the Choquenaira Experimental Station has been used in the trial. The variables that were measured were the harvest index, plant height and grain yield. The data obtained from the investigation were analyzed under the additive statistical model of divided plots and for purposes of comparison of averages, Duncan's multiple comparison (5%) and the Student t-test were chosen. The results show that the application of biol has a positive influence on the plant, inducing an increase in the yield of Cañahua grain in a proportion of 14% difference in relation to the yield without biol. The results obtained reflect the favorable effect of the biol made from bovine manure on the yield of the Cañahua ecotypes and its application will favor farmers by improving the production of Cañahua and rural families can use grains as the main input in the diet food and allocate surpluses to the market generating economic income.

Keywords: ecotypes, Cañahua, biol, Cañahua grains, Andean grains

¹ Docente Investigador en granos andinos del Programa Granos Andinos –PROGRAMO– con base en la Estación Experimental Choquenaira. Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. fmamani@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

Por la importancia agroecológica, se promueve la utilización de biol, obtenido de un proceso de descomposición y fermentación de estiércoles en ausencia de oxígeno. Actualmente, está siendo utilizado para la producción de cultivos orgánicos debido a su alto contenido de micronutrientes que son de asimilación fácil dando lugar al desarrollo vigoroso y además, contiene hormonas de crecimiento al margen de los macronutrientes N-P-K.

Siguiendo el significado de agroecología, el suelo agrícola merece la atención pertinente para lograr la mayor productividad de un determinado cultivo. Alcanzado, la productividad se debe mantener utilizando diferentes fuentes mejoradores del suelo como la materia orgánica y productos de origen químicos industrial de bajo riesgo.

Aspectos relevantes, en la mayoría de los análisis de los suelos no se considera el contenido de la calidad de microorganismo en el suelo, este aspecto de mucha significancia para la producción de alimentos vegetales; por eso, la utilización de biol sea de consideración para el cultivo de la cañahua, que en la actualidad recibe poca atención.

La cañahua es un cultivo andino que está recuperándose el espacio olvidado, inclusive, por los mismos cultivadores de cañahua. Para incorporar nuevamente como alimento base en la dieta diaria de la población rural y semiurbana, para que la humanidad, nuevamente pueda consumir en productos diversificados de granos de la cañahua.

Composición química de Biol

Las muestras del biol almacenadas durante 60 y 150 días fueron analizadas en laboratorio, se observan (Tabla 1) las ligeras diferencias de descenso de los valores de conductividad eléctrica y el pH. Mientras, para los valores de los elementos nutricionales de nitrógeno, fósforo, cobre, hierro, manganeso y zinc, permanecieron casi estables; asimismo, los elementos nutricionales correspondientes al potasio, calcio y magnesio presentan una tendencia al decrecimiento (Pomboza et al., 2016), También hay reportes de valores distintos para nitrógeno y conductividad eléctrica como Colque et al. (2005) describe que el nitrógeno 4%, fósforo disponible 68 ppm, potasio disponible 480 ppm, pH 6.10, conductividad eléctrica de 2 mmhos cm⁻¹.

Tabla 1. Análisis químico del biol a los 60 y 150 días almacenados.

Días	pH	C.E. mS cm ⁻¹	N total %	P ppm	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
60	6.97	16.11	0.41	44	0.28	0.39	0.18	<0.002	2	4	6
150	6.89	15.20	0.41	71	0.10	0.08	0.15	<0.002	20	10	5

Fuente: copiado de Pomboza, et al., (2016)

En el análisis químico de Botero y Thomas (1987) reportan la presencia de auxinas y giberelinas en las formulaciones de biol a través de análisis de cromatografía de capa fina. Por otra parte, Bernal y Rojas (2014) también reportan, la composición del bioabono en promedio fueron 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5.

Influencia de biol

Las condiciones para el proceso de fermentación anaeróbica del biol varían de acuerdo con la estación del año, lugar, temperatura del medio ambiente y presión atmosférica (Colque et al., 2005). La fermentación del biol en los meses de verano es más rápida de 1-2 meses y en el invierno es lenta de 2-4 meses, según los reportes de los investigadores Bernal y Rojas (2014).

Tabla 2. Composición química de biol extraído del biodigestor del módulo de energía Renovable Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Rel	Densidad
	g 100g ⁻¹ (%)						mg kg ⁻¹			C/N	g mL ⁻¹	
7.21	0.2	0.02	0.01	0.096	0.01	0.01	0.1	1	2	ND	4.13	1.01

Fuente: copiado de Bernal y Rojas (2014).

El biol contiene nutrientes de plantas disponibles inmediatamente y contiene más nutrientes y micronutrientes que el estiércol de granja y que el estiércol en compostaje. Los efectos de la aplicación del biol se comparan con la aplicación de fertilizantes químicos. Como tal, el biol puede ser una seria alternativa a los fertilizantes químicos (Warnars, y Oppenoorth, 2014).

El biol se aplica al área foliar de las plantas, se ha comprobado que la aplicación foliar a los cultivos de alfalfa, papa y hortalizas en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas (Mamani, 2000). Mientras, las aplicaciones de biol a 600, 1200 y 1800 ml en el cultivo de zanahoria no tuvieron diferencias significativas en el rendimiento (Acosta, 2019).

En el cultivo de cebada fue aplicada con biol en dos concentraciones: con biol al 60% se registra 131.58 cm de altura, seguido de 128.56 cm al 40% del biol, entre estos valores existe una disminución de 2.3% frente al 60% (Quino, 2016). Otra experiencia es con la aplicación de 3 litros mochila⁻¹ de 20 litros, se logra un rendimiento en bulbo de cebolla en promedio 1.85 g m⁻² y el peso de hojas frescas fue de 738.33 g m⁻² (Blanco, 2017).

También la adición de materia orgánica a los suelos es particularmente importante para mantener la fertilidad del suelo a largo plazo. Los fertilizantes orgánicos generalmente asimismo proporcionan en alguna medida de N, P y K, así como cantidades variables de micronutrientes (Groot y Bogdanski, 2013).

Indice de cosecha

El índice de cosecha es el resultado de dividir el peso del grano limpio por el peso total de la planta sin considerar la parte radicular; la mejora de la eficiencia fisiológica de la planta puede permitir alcanzar estos incrementos en aspectos tales como: reducción de las pérdidas por transpiración, mayor duración del periodo de llenado del grano, mejora de la fotosíntesis neta y mayor contribución de las fases de pre-floración al rendimiento del grano (Baldocena, 2015).

El índice de cosecha es la fracción del cultivo que es económicamente más valiosa en cereales o granos; probablemente la formación de granos se influenciado a las diferencias en temperatura, largo de día e

intensidad de luz (González, 2001).

De forma general el índice de cosecha en cañahua son diferentes valores como son los reportes de Mamani (1994) de 20 a 30% en otros reportes se registran las variedades de cañahua en promedio de 46% y en los ecotipos locales 27% de índice de cosecha (Maydana, 2010).

Cañahua

La producción de granos en la variedad Warikunca de cañahua logra superar con el rendimiento promedio de 225.33 g m⁻². Mientras, el efecto de la aplicación foliar de biol al 60% logra a producir en promedio 211.60 g m⁻² como valor significativo. La longitud de las ramas ha variado 30 a 38 cm y con la aplicación de biol 40% en comparación con los demás aplicaciones logra 27.88 cm. El desarrollo de las ramas principales en la cañahua es otro componente que influye a la producción de grano de cañahua (Mamani y Aliaga, 2018; Mamani, 2019).

En la evaluación del cultivo de cañahua, con la aplicación de biol al 5% por mochila aspersora de en 20 litros, logra alcanzar en promedios 59.6 cm de altura de la planta frente al testigo (52.3 cm) y el rendimiento en grano de cañahua en promedio fue 2677.5 kg ha⁻¹ y el testigo es de 2230.0 kg ha⁻¹ (Ticona, 2011).

Las variedades Warikunca y Pukaya obtuvieron mejores rendimientos de 2303.8 y 2248.8 kg de grano ha⁻¹, respectivamente, seguido por las variedades Ak'apuya, Kullpara y Condornayra con 1896.3, 1876.9 y 1818.1 kg de grano ha⁻¹ respectivamente (Maydana, 2010).

Por otra parte la variedad local obtuvo el rendimiento más bajo de 565.8 kg de grano ha⁻¹, este resultado se puede atribuir al bajo porcentaje de germinación, contenido de mucha impureza, menor número de plantas por surco que coinciden en señalar Maydana (2010) y Marín (2002).

Biol en otros cultivos

La evaluación en el cultivo de lechuga fueron registradas la altura, diámetro del tallo principal, días a la cosecha, peso y diámetro del cogollo comercial, rendimiento. La prueba de significación de Duncan al 5% ha mostrado la dosis del 6% aplicado cada 15 días; el mayor diámetro del cogollo comercial (25.9 cm), al

mayor peso del cogollo comercial (1.14 kg) y al mayor rendimiento (549 kg ha⁻¹), de esta manera asumiendo que la aplicación de biol puede ser una importante alternativa ecológica para fertilizar cultivos ecológicos como la lechuga (Pomboza, et al., 2016).

Como resultado de análisis comparativo con dos dosis: 5 y 10 ml de biol aplicada a los 10 y 15 días del corte de alfalfa; se asume que la aplicación de 5 ml de biol a los 15 días del corte, se reporta excelente resultado en altura (96.32 cm), número de brotes (18.53), mayor número de hojas que ha permitido el incremento de la producción de alfalfa (Guanopatín, 2012). Mientras con las dosis de biol 250 ml planta⁻¹ tuvo efecto positivo en cuanto al rendimiento de 3391 kg ha⁻¹ frijol y a las demás variables (Santin, 2017).

El cultivo de rosa con la aplicación de 12 litros de biol por cama ha logrado desarrollar 1296.67 tallos superior al testigo y el diámetro del tallo fue 2.28 cm calificado vigoroso (Zacarias, 2018). Otra experiencia con cultivo de arroz hubo un aumento progresivo en el rendimiento de arroz 40 t ha⁻¹ (Gnanamani y Kasturi, 1991).

De acuerdo a los avances de investigación en el cultivo de cañahua, con el presente trabajo se presenta resultados alcanzados de acuerdo a los intenciones de analizar y comparar los rendimientos de granos de cañahua bajo las aplicaciones de biol de estiércol bovino, que los resultados alcanzados permitan favorecer a los mismos agricultores y familias rurales mejorando las condiciones de vida y además, puedan utilizar como insumo para la merienda escolar, personas de tercera edad, niños - niñas y los deportistas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue desarrollada en los predios de la Estación Experimental de Choquenaira dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se encuentra ubicada a 8 km de la ciudad de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz. Geodésicamente se encuentra en las coordenadas entre 14° 16' 45" de latitud sur y 65° 34' 23" de longitud oeste y a una altitud de 3870 m s.n.m. con una temperatura promedio anual de 9.2°C y precipitación pluvial promedio anual de 349.10 mm (Mamani y Céspedes, 2012).

Metodología

Las semillas utilizadas son seis ecotipos de cañahuas promisorias en su productividad, que proviene del Banco de germoplasma de granos andinos administrado por el Programa Granos Andinos en la Estación Experimental Choquenaira y el reporte incluye las experiencias desarrolladas durante dos años con la aplicación de biol.

Biol como insumo para promover la productividad en el cultivo de cañahua, es producido por el Área Bioinsumos y en beneficio de los cultivadores de cañahua y otros cultivos en las diferentes comunidades que aún mantienen de interés de recuperar el cultivo.

Los materiales de campo fueron para diferentes actividades específicas, para el proceso de deshierbo ha sido chontilla, para segado de la planta de cañahua la hoz, lona de vinil para el secado, para el trillado una máquina estacionaria prototipo. Para las mediciones de toma de variables el flexómetro, calibrador digital, balanza digital analítica y otros.

Para el proceso de siembra, comprende la preparación de semillas y suelo agrícola. Las semillas fueron sujetas a pruebas de germinación y pureza para ajuste de la densidad de siembra con la finalidad de una población de plantas uniformes en el campo de cultivo. Pesaje de semillas en sobre de papel con la cantidad de semillas calculada para cada tratamiento y bloques.

Preparación del suelo agrícola consistió en arar y rastrar el terreno que en anterior año agrícola ha sido cultivada con papa. Para el proceso de siembra el terreno fue emparejado después de una caída de lluvias en el mes de octubre con un tractor agrícola.

La siembra fue realizada utilizando una sembradora prototipo de dos rejas que permite abrir dos surcos con tolva fija en la parte superior donde se echa las semillas de cantidades calculadas de manera manual.

Las variables dependientes que fueron medidas en muestras obtenidas de manera aleatoria de los surcos centrales respetando los efectos de bordura, para fines cuantificación de los rendimientos (g m⁻²) en las variedades de cañahua, haciendo la relación del peso del grano cosechado (g) en la superficie individual (0.12 m²); de la misma forma, en las muestras, para la

altura (cm) de la planta y los cálculos de índice de cosecha (%) de cañahua.

Para el análisis estadístico de las variables dependientes fueron utilizados bajo el modelo estadístico aditivo de parcelas divididas y para fines de comparación de promedios fue analizado por la comparación múltiple de Duncan al 5% (Padrón, 1996) y la prueba "t" Student para contrastar los rendimientos con y sin biol (Ibañez, 2000), donde los factores en estudio fueron seis ecotipos de cañahua y biol de estiércol bovino a una proporción de 20, 40 y 60% en una mochila aspersor de 20 litros de capacidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La arquitectura de la planta de cañahua, se identifica por su aspecto morfológico que exhibe en el campo una característica frondosidad, longitud de ramas laterales, cantidad de ramas producidas en tallo principal; éstas constituyen parte fundamental de la producción de cañahua. Asimismo, las ramas tetraramiales (laterales) son la base del soporte de la planta sobre el suelo haciendo equilibrio con los fuertes vientos del altiplano donde prospera el cultivo de cañahua.

Comparación de altura de plantas en ecotipos de cañahua

Comparación de Ecotipos

Los ecotipos de la cañahua han desarrollado diferentes alturas (Tabla 3), observándose que el ecotipo Acc-113 logró desarrollar 46.95 cm mostrando la arquitectura morfo-fenotípica ideal y la frondosidad de la planta; asumiendo., que es un ecotipo con mejores condiciones para el desarrollo y crecimiento de la planta. Sin embargo, los ecotipos Eco-naranja, Acc-91 y L-4 logran a desarrollar estadísticamente similar altura (45.83 cm).

Las alturas de las plantas de cañahua fueron evaluados en las condiciones del Altiplano Central que presenta variaciones en temporalidad y periodicidad de las lluvias; mientras, Ticona (2011) reporta en promedio de 59.60 cm de altura de la planta; mientras,

Mamani (1994) reporta 21-30 cm en plantas lastas y saihuas, respectivamente, éstas diferencias podría atribuirse justamente a las condiciones agroclimáticas asociadas a la calidad del suelo agrícola.

Tabla 3. Comparación múltiple del desarrollo de diferentes alturas de ecotipos de cañahua.

Ecotipos de cañahua	Altura de la planta (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)	
Acc-113	46.95	a	
Eco naranja	46.19	a	b
Acc-191	45.76	a	b
L-4	44.61		b
Pacaure	40.22		c
Acc-183	37.99		d

Comparación con la aplicación de biol

El biol es un biofertilizante foliar que se viene aplicando en cultivos en diferentes lugares o países latinos. La aplicación de biol ha tenido influencia en el crecimiento del cultivo de cañahua, donde muestra efecto significativo en la altura de cañahua como también la formación del follaje que va en directa correlación que influye en la producción. La formación de follaje de mayor cobertura vegetativa induce a aumentar la mayor expansión y área de contacto a la luz solar ofreciendo mejor proceso de fotosíntesis de la planta.

La utilización de biol en la producción de la cañahua resulta una alternativa para mejorar desarrollo de la arquitectura de ramas, donde muestra la frondosidad del follaje, seguramente, influye en el rendimiento de granos y brozas. La aplicación de los niveles de biol en promedio de altura ha sido 42.60 cm frente a la incorporación de la urea (80-00-00), la diferencia fue superior en 10% sobre el total promedio.

Reporte de Ticona (2011) registra 59.60 cm altura de la planta; por otra parte Mamani y Aliaga (2018) reportan un promedio de 50.00 cm de altura desarrollada por las plantas de cañahua. Mientras, la altura de las plantas de cañahua registrada en el presente trabajo es de 42.60 cm en promedio total de cañahuas con biol. Estas diferencias seguramente sean atribuibles a las variaciones existentes en diferentes zonas agroecológicas y condiciones agroclimáticas.

Tabla 4. Comparación múltiple del desarrollo de diferentes alturas de ecotipos de cañahua con la aplicación de niveles de biol.

Niveles de biol (%)	Altura de la planta (cm)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Urea	48.72	a
40	43.93	b
20	42.04	c
60	41.84	c
Testigo	41.56	c

Comparación de la índice de cosecha en ecotipos de cañahua

Comparación de Ecotipos

El mayor porcentaje de índice de cosecha de grano no implica necesariamente una mejor producción ni la calidad de los granos. El peso específico del grano está en función del tiempo de llenado de grano en el campo y permanencia durante la madurez fisiológica.

El ecotipo de cañahua Pacaure expresa el mejor índice de cosecha (41.02%) respecto a los demás ecotipos, atribuible a la formación de follaje, probablemente esta frondosidad del follaje sea influenciada por la temperatura, humedad del suelo e intensidad de luz (Gonzalez, 2001). También, se puede equiparar con el reporte (Quino, 2016) donde atribuye el llenado de grano de cebada al proceso de fotosíntesis y a la fase de pre-floración, que contribuyen al rendimiento del grano.

El índice de cosecha es considerado ideal y es un parámetro referencial (Mamani, 1994) para las estimaciones y los cálculos que varían entre los ecotipos de cañahua (Tabla 5). Se puede comparar con otros cultivos de corroboración al índice de cosecha, donde refleja la proporción del producto como material cosechado (Baldocena, 2015), donde la eficiencia de cosecha refleja mayor rendimiento (Sánchez, 2001) y el momento oportuno de la cosecha, datos referenciales para reducir las pérdidas de granos (Mamani, 2002), también, es un detalle que conduce a calcular la productividad del cultivo de cañahua (Maydana, 2010; Mamani, 1994).

Cuadro 5. Comparación múltiple de índice de cosecha de diferentes ecotipos de cañahua.

Ecotipos de cañahua	Índice de cosecha de granos de cañahua (%)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Pacaure	41.02	a
Acc-183	35.46	b
Acc-191	34.94	b
Eco naranja	33.68	b
L-4	33.41	b
Acc-113	30.56	b

Niveles de biol en la índice de cosecha de cañahua

La aplicación de biol ha tenido influencia en el crecimiento del cultivo de cañahua en la cantidad de ramas laterales, la frondosidad que ha inducido a la formación de flores en consecuencia los frutos o granos de cañahua. Por otra parte, los efectos de biol también favorecen en la producción de materia verde de manera significativa.

Asimismo, el índice de cosecha permite relacionar el rendimiento de grano limpio y la broza en la cosecha de cañahua. Por esta razón, se viene ensayando para que sea un parámetro de producción de cañahua en cualquier zona agroecológica donde aún se cultiva la cañahua.

Las aplicaciones de biol y la urea son buenos aceleradores de crecimiento en la formación de hojas y ramas que expresa la cantidad en materia verde (Maydana, 2010) y tal vez, en este caso el biol atrasa la formación de flores o frutos de cañahua, incluyendo el llenado de granos para un buen peso específico cuando se evalúa la producción de granos de calidad.

Tabla 6. Comparación múltiple de índice de cosecha de ecotipos de cañahua.

Niveles de biol (%)	Índice de cosecha de granos de cañahua (%)	Comparación múltiple (Duncan 5%)
Testigo	38.08	a
60	37.89	a
20	36.92	a
40	31.08	b
Urea	30.25	b

Comparación de rendimiento de grano en ecotipos de cañahua

Comparación de ecotipos

Los ecotipos de cañahua obtienen los rendimientos en cada zona agroecológica asociado a la arquitectura morfológica de las plantas que caracteriza aspectos de mejor producción de granos. La arquitectura morfológica constituye la formación de las ramas laterales (tetrarameales) que exhiben la frondosidad y consecuentemente mejoran los rendimientos justamente el manejo de buenas prácticas es considerado prioridad al igual que en otros cultivos de importancia económica.

El desarrollo de las plantas de cañahua responde seguramente a la aplicación de biol que induce a incrementar el rendimiento de granos y brozas. Sin embargo, los rendimientos que se observan (Tabla 7) son todavía relativamente inferiores a los resultados esperados por lo menos alcanzar a mayores de 3000 kg ha⁻¹.

Los ecotipos L-4 y accesión 191 alcanzan mejores rendimientos que otros ecotipos (Tabla 7), probablemente estos resultados puedan superar aún más en el rendimiento de grano. La aplicación de biol tuvo efectos positivos en el incremento de rendimiento de granos de cañahua. Justamente, por esta afirmación aún queda mucho para continuar con las investigaciones relacionadas al manejo de materia orgánica que beneficie a la parte foliar sino también a la estructura del suelo agrícola por los nutrientes que absorben las plantas.

Los reportes de Mamani (1994) hace referencia de rendimiento promedio para lasta 1882 kg ha⁻¹ y saihua 481 kg ha⁻¹; pero, con semillas de ecotipos seleccionados reporta 225.33 g m⁻² (Mamani, 2019). También Maydana (2010) hace referencia a los rendimientos de cañahuas seleccionadas de 1818 a 2304 kg ha⁻¹ evaluadas en el altiplano norte; éstos reportes de rendimientos que muestran variaciones seguramente son atribuibles a diferentes factores de orden de manejo agronómico y calidad de semillas que están asociadas a las condiciones agroclimáticas en cada zona agroecológica.

Tabla 7. Comparación múltiple para el rendimiento de granos de cañahua en ecotipos de cañahua.

Ecotipos de cañahua	Rendimiento en grano (g m ⁻²)	Comparación múltiple (Duncan 5%)	
L – 4	211.44	a	
Acc – 191	200.10	a	b
Acc – 113	186.66	b	
Pacaure	185.55	b	
Acc – 183	152.08	c	
Eco naranja	147.34	c	

Niveles de biol en el rendimiento de grano de la cañahua

La formación de follaje de mayor cobertura vegetativa constituye una mejor arquitectura morfológica de aspecto fenotípica de las plantas de cañahua. Este aspecto sea seguramente está promoviendo la mayor expansión y área de contacto a la luz solar, que induce y estimula el proceso de fotosíntesis de la planta. Consecuentemente, el biol se constituye en un insumo de primera calidad para mejorar la productividad y estimulando la formación de ramas, flores y finalmente granos.

La utilización de biol, elaborado del estiércol bovino, en la producción de la cañahua resulta una alternativa para mejorar e inducir el desarrollo de la arquitectura de las cuatro ramas cruzadas (tetraramial) de la planta, donde presenta la frondosidad del follaje con mayor cobertura vegetativa sean los caracteres morfológicos están influyendo en el rendimiento de granos y brozas.

Estos aspectos morfológicos relevantes, seguramente, tuvo efectos de biol promoviendo la frondosidad de ramas e induciendo a incrementar los rendimientos en cada ecotipo de cañahua. Estos valores numerales que representan a los rendimientos de grano con la aplicación en sus respectivos niveles de biol como se observa en en la Tabla 8.

Tabla 8. Comparación múltiple de niveles de biol en el rendimiento de granos de ecotipos de cañahua.

Niveles de biol (%)	Rendimiento en grano (g m ⁻²)	Comparación múltiple (Duncan 5%)	
Urea	211.30	a	
60	193.47	a	b
20	178.73	b c	
40	163.74	c d	
Testigo	155.40	d	

Rendimientos de grano en ecotipos o variedades de cañahua con biol

Con la aplicación de biol se pretende promover las capacidades y bondades del abono foliar biol en beneficio del cultivo de cañahua para producción de grano en las comunidades de diferentes municipios de La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba.

Asimismo, la aplicación de biol promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de plantas (Colque et al., 2005), acompañando a las actividades ecofisiológicas, sobre todo en el desarrollo de la raíz, arquitectura del follaje, altura de la planta y la floración en consecuencia el llenado de granos.

Las variedades o ecotipos de cañahua de crecimiento Lasta revelan disimilitudes en la capacidad productiva con la aplicación de biol, observándose un rendimiento promedio de grano de cañahua de 1818.4 kg ha⁻¹ con la aplicación de biol al 40%. Sin embargo, sin la aplicación de biol el rendimiento promedio en grano es 1554.0 kg ha⁻¹; es importante señalar que la prueba de “t” Student muestra diferencia significativa de los rendimientos (Tabla 9). El efecto de biol frente al testigo fueron comparados con la prueba de “t” Student donde muestra la diferencia significativa del rendimiento de granos de cañahua (Ibañez, 2000), entre estos dos promedios existe un incremento superior de 14% al testigo; estos resultados a futuro podría servir de referencia en la producción de grano de cañahua.

Tabla 9. Prueba de “t” Student para determinar la diferencia significativa del rendimiento preliminar de cañahua con la aplicación de biol y el testigo (sin biol).

Factores en estudio	Rendimiento promedio de grano (g m ⁻²)	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Varianza	TC	“t” Student	
						t _c	T _{0,05}
Biol	181.84	23	45777.54	1990.33	793601.80	2.243*	2.013
Testigo	155.40	23	30941.16	1345.27	579547.70		
Total	16.44	46	76718.67				

Nota: * = diferencia significativa al 5% de estadística. TC = término de corrección.
t_c = valor estadístico calculado. t_{0,05} = valor estadístico tabulado al 5%.

CONCLUSIONES

Ha sido posible evidenciar el efecto de la aplicación de biol en el incremento de rendimiento de granos y brozas. Estos rendimientos fueron 1554.0 a 1818.4 kg ha⁻¹ sin y con aplicación de biol respectivamente. Los ecotipos L-4 y accesión 191 han respondido con mejores rendimientos 211.44 y 200.10 g m⁻² respectivamente, atribuibles al efecto del manejo de biol que ha permitido estimular el incremento de rendimiento de granos de cañahua.

La formación de follaje de mayor cobertura vegetativa constituye una mejor arquitectura morfológica de la plantas de cañahua que viene asociada a la mejor expansión y área de contacto a la luz solar donde induce y estimula al proceso de fotosíntesis de la planta; de esta manera se constituye en un insumo de primera calidad para estimular la formación de ramas, flores y finalmente granos.

Las variedades o ecotipos de cañahua de crecimiento Lasta revelan disimilitudes en la capacidad productiva con la aplicación de niveles de biol, observándose un rendimiento promedio de grano de cañahua de 1818.4 kg ha⁻¹ con la aplicación de biol al 40% y sin biol se exhiben el rendimiento promedio en grano de 1554.0 kg ha⁻¹.

La prueba de “t” Student ha mostrado la suficiente diferencia significativa del rendimiento de granos de cañahua con la aplicación de biol; el resultado de la prueba podría servir de referencia de análisis para la producción de grano de cañahua.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a los estudiantes egresados y becarios hoy se encuentran trabajando profesionalmente. Al Programa Granos Andinos (PROGRANO). A la Estación Experimental Choquenaira y Área Bioinsumos. Al IIAREN por dirigir investigaciones científicas. A la Facultad de Agronomía y finalmente, a la Universidad Mayor de San Andrés a todos ellas por el constante apoyo.

BILIOGRAFÍA

Acosta Cabrera, M. F. 2019. Rendimiento y calidad de raíces de variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) con diferentes dosis de biol. Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de San Lorenzo. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

Baldocena Vasquez, A. N. 2015. Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas

mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Tesis Lic. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Bernal Dávila, MJ; Rojas Rojas, P. A. 2014. Optimización del proceso de elaboración y el uso de los abonos biofermentados (biol). Tesis Lic. Cuenca, Ecuador. Universidad De Cuenca.

Blanco Torres, E. 2017. Efecto de tres dosis de biol en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro de Investigación y Producción-Camacani. Tesis Lic. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano.

Botero, R.; Thomas, R. 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia.

Colque, T; Rodríguez, D; Mujica, A; Canahua, A; Apaza, V; Jacobsen, S. E. 2005. Producción de biol abono líquido natural y ecológico. Estación Experimental Illpa. Puno, Perú.

González, A. 2001. Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis Doctoral. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid. España.

Guanopatín Chicaiza, M.R. 2012. Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago sativa*). Trabajo de investigación estructurado de manera independiente. Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.

Gnanamani, A. y Kasturi Bai, R., 1991. Influence of biodigested slurry on rice-grain cultivation. Elsevier. Bioresource Technology. Volume 41 (1991), pp. 217-221.

Groot, Lennart and Bogdanski, Anne. 2013. Biol = Brown gold?. A review of scientific literature on the co-product of biogas production. Environment and natural resources management working paper. FAO. Rome, Italy.

Ibañez Quispe, Vladimir. 2000. Aplicaciones estadísticas en ganadería. Instituto de investigación de bovinos y ovinos. Facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Mamani, D. O. 2000. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andígena) a tres dosis de abono foliar orgánico en tres y seis aplicaciones. Tesis Lic. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano.

Mamani, F. 1994. Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Mamani, F.; Aliaga, S. 2018. La cañahua grano milenario de los Andes, arte dedicado a la producción sostenible. Programa Granos Andinos componente principal de la Estación Experimental Choquenaira de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Mamani R., F. 2019. Efecto de biol en la productividad de los ecotipos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Programa Granos Andinos. Estación Experimental Choquenaira. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. En. VII Congreso mundial de la quinua y otras especies afines. Iquique, Chile.

Mamani, F. 2002. Componentes de rendimiento en la producción de grano de seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis Maestría. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano.

Mamani F; Céspedes R. 2012. Revista en imágenes. Estación Experimental Choquenaira. Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor San Andrés. La Paz, Bolivia.

Marín Parra, W. 2002. Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Maydana Sumi, Elizabeth. 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 Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Padrón Coral, Emilio. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

Pomboza, PP; León, OA; Villacis, LA; Vega, J; Aldaz, JC. 2016. Influencia del biol en el rendimiento del cultivo

de *Lactuca sativa* L variedad Iceberg. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. *Journal of selva andina Biosphere*. 4(2):84-92.

Quino Vargas, Richar. 2016. Efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el altiplano norte. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Sánchez Rodríguez, M. 2001. El granero de la Nueva España. Uso del entarquinamiento para la producción de cereales en el bajío mexicano. En. XI Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 8. Cultura, Legislación y Economía del Agua Guanajuato. Guanajuato, México.

Santin Chávez, E. B. 2017. Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras. Carrera de Ingeniería en Ambiente y

Desarrollo de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Ticona Tacachi, R. C. 2011. Efecto de la biofertilización en dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Calasaya provincia Los Andes. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Warnars, L. y Oppenoorth, H. 2014. El biol: el fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. Traducción: Pablo Muller. Hivos People unlimited.

Zacarias Guale, J. C. 2018. Evaluación de la productividad y calidad del cultivo de rosas (*Rosa spp.*) variedad Freedom bajo aplicaciones de biol, cantón cotacachi. Trabajo Lic. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Artículo recibido en: 17 de marzo 2020

Aceptado en: 13 de junio 2020