



Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto

Effect of three doses of compost in cultivation of broccoli (*Brassica oleracea*) in atmosphere tempered in the municipality of El Alto

Gladys Marleny Huanca Ojeda y Celia María Fernández Chávez

RESUMEN:

El compost es un abono orgánico pre humificado, que resulta de la descomposición de restos de origen vegetal y residuos de origen animal; que ayuda a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por tal motivo, se hace esta investigación sobre el efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli bajo ambiente atemperado. Donde se usó un diseño completamente al azar (DCA), con 3 repeticiones y cuatro tratamientos (T0, con 0 kg/m² de compost; T1, con 2 kg/m² de compost; T2, con 4 kg/m² de compost y T3, con 6 kg/m² de compost). Las variables de respuesta fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, diámetro de hoja, diámetro de pella, peso de pella, rendimiento y análisis económico. Con la aplicación de 6 kg/m² de compost, se logró un mayor promedio en altura y diámetro de hoja, con promedios de 85,20 y 22,10 cm respectivamente, con la aplicación de 4 kg/m² de compost, se logró mayor peso de inflorescencia y rendimiento con promedios de 132,76 gramos y 133,65 kg/ha, en la variable diámetro de tallo se determinó que los tratamientos T1, T2 y T3 estadísticamente obtuvieron diámetros de tallo similares con promedios de 1.83, 1.90, y 2.17 cm respectivamente. Las dosis de compost usadas no influyeron en las variables número de hojas y diámetro de inflorescencia. El tratamiento más rentable fue el tratamiento T1 con una relación beneficio/costo de 3,9 Bs.

PALABRAS CLAVES: Compost, brócoli, abono orgánico.

ABSTRACT:

Compost is a pre-humified organic fertilizer, which results from the decomposition of remains of plant origin and waste of animal origin; which helps improve the physical, chemical and biological properties of the soil. For this reason, this research is done on the effect of three doses of compost on broccoli cultivation under a tempered environment. Where a completely randomized design (DCA) was used, with 3 repetitions and four treatments (T0, with 0 kg/m² of compost; T1, with 2 kg/m² of compost; T2, with 4 kg/m² of compost and T3, with 6 kg/m² of compost). The response variables were: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf diameter, pellet diameter, pellet weight, yield and economic analysis. With the application of 6 kg/m² of compost, a higher average in leaf height and diameter was achieved, with averages of 85.20 and 22.10 cm respectively, with the application of 4 kg/m² of compost, greater was achieved inflorescence weight and yield with averages of 132.76 grams and 133.65 kg/ha, in the variable stem diameter it was determined that treatments T1, T2 and T3 statistically obtained similar stem diameters with averages of 1.83, 1.90, and 2.17 cm respectively. The doses of compost used did not influence the variables number of leaves and diameter of inflorescence. The most profitable treatment was the T1 treatment with a benefit/cost ratio of 3.9 Bs.

KEYWORDS: Compost, broccoli, organic fertilizer.

AUTORES:

Gladys Marleny Huanca Ojeda: Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. omarleny66@gmail.com

Celia María Fernández Chávez: Docente Titular. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. cmfch3311@hotmail.com

Recibido: 15/09/19. **Aprobada:** 30/10/19.



INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en Bolivia es de 447.219,66 toneladas métricas al año, con una superficie de 164.244,53 hectáreas, una persona consume 18.32 kg/año de hortalizas. (INE, 2016)

El cultivo de hortalizas en carpas solares es aun en pequeña escala en nuestro país, por lo

que se debe a dar a conocer a la población sobre este sistema e incentivar su uso a las familias y mostrar los grandes beneficios que podemos obtener con su uso, además es aplicable en todos los pisos ecológicos del país. (Copari, 2015)

El consumo bajo de hortalizas se debe a muchos factores, por ejemplo, a la falta de información de las propiedades nutritivas que

poseen, la falta de actividades educativas para incrementar el consumo de hortalizas por parte de la población. Por lo tanto, urge la necesidad de nuevas estrategias para incrementar su consumo, tomando en cuenta que poseen beneficios en la salud de los consumidores. (Condori, 2016)

El gobierno municipal de El Alto adopto en agosto del 2013, como política publica el fomento de la producción agrícola y ganadera en su área urbana y periurbana. El principal objetivo de esta política es reducir los niveles de malnutrición y generar empleo y recursos económicos a favor de las familias alteñas por medio de la comercialización de hortalizas y animales menores. (FAO, 2015)

El brócoli es importante en la alimentación humana por su valor nutricional y en la medicina natural. Se ha reportado que tiene propiedades antivirales y por su contenido de cromo, ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes. (Jaramillo y Díaz, 2006)

El compost se obtiene a partir de un proceso biológico aeróbico mediante el cual diversas especies de microorganismos van descomponiendo los diferentes materiales de origen orgánico hasta obtener este abono orgánico que trae consigo beneficios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli en ambiente atemperado en el municipio de El Alto.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se efectuó en una carpa solar ubicado en el municipio de El Alto, provincia Murillo la producción fue desde la siembra hasta la cosecha que fue de 100 días. Las dosis de aplicación fueron de 0, 2, 4 y 6 kg/m² de compost. La aplicación del compost fue antes del trasplante, seguida de las labores culturales.

El riego fue por gravedad, el mismo inicio desde el trasplante, esta actividad fue constante las dos primeras semanas para que los plantines no sufran de estrés hídrico y los demás días se rego día por medio. El modelo estadístico utilizado en esta investigación fue el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \epsilon_j$$

Donde:

Y_{ij} = Variables agronómicas de j-ésima planta de brócoli que se aplica la i-ésima dosis de compost.

μ = Media general **a_i** = Efecto fijo del i-ésimo dosis de compost.

ε_j = Error experimental.

Tratamientos

T0= 0 kg/m² de compost.

T1= 2 kg/m² de compost.

T2= 4 kg/m² de compost.

T3= 6 kg/m² de compost.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, diámetro de hoja, diámetro de tallo, diámetro de pella, peso de pella y rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del compost utilizado

El compost utilizado en esta investigación fue de la Estación Experimental de Cota Cota, en la tabla 1 se presenta el análisis químico del abono orgánico.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del compost.

Parámetro	Unidad	Resultado
Nitrógeno	%	0.31
Fosforo	%	1.20
Potasio	%	1.44
M.O.	%	20.09
pH (1:5)	-	7.32
C.E.	mS/cm	9.89

Fuente: Laboratorios IBTEN (2018).

El compost presentaba un alto porcentaje de N, P, K y M.O. con 0,31, 1,44, 1,20 y 20,09 % respectivamente, un pH de 7,32 y una conductividad eléctrica de 9,89 mS/cm, el cual indica problemas de sales.

Propiedades químicas del suelo

En la tabla 2, se presenta las características físicas-químicas del suelo antes y después de la siembra con la aplicación de las dosis de compost en cada tratamiento.

Tabla 2 Análisis de macronutrientes del suelo antes y después de la siembra.

Parámetro	Unidad	Después de la siembra			
		Antes de la siembra	T1 2.0 kg/ m ²	T2 4.0 kg/ m ²	T3 6.0 kg/ m ²
pH	-	7.02	6.78	6.77	7.31
C.E.	mmho/cm	0.95	1.27	1.24	1.28
M.O.	%	3.75	1.64	1.57	3.03
N	%	0.18	0.01	0.02	0.13
K	meq/100g	1.00	1.17	1.41	2.14
P	Ppm	121,07	87,1	90,8	93,45
C.I.C.	meq/100g	16.17	20.2	19.2	23.09

Fuente: Laboratorio IBTEN-UMSA (2018).

El pH del suelo antes de la siembra era de 7.02 y del compost 7.32 se debe a la presencia de sales que incremento su pH del abono orgánico. La conductividad eléctrica antes de la siembra era de 0,95 mmho/cm, el cual indica que no había problemas de sales, pero este valor se incrementó al aplicar las dosis de compost, ya que este tuvo una conductividad eléctrica de 9.89 mS/cm el cual señalaba problemas de sales, por esta razón la conductividad eléctrica fue incrementando a medida que se aumentaba la cantidad de compost en cada tratamiento. Sin embargo, los valores fueron por debajo de 2 mmho/cm lo cual indica que no hubo problemas de sales.

La M.O. antes de la siembra fue de 3.75% un valor normal, el compost tenía 20,09 % un valor muy alto. El nitrógeno antes de la siembra presentaba 0,18 % medio y el compost de 0,31 % un contenido considerado alto.

El potasio en el suelo antes de la siembra era de 1 meq/100 g de suelo y 1,44 % en compost, este macroelemento fue aumentado a medida que se aumenta el abono orgánico en cada tratamiento.

El suelo antes de la siembra presentaba 121 ppm de fosforo un valor alto y 1,20 % en compost considerado alto.

El C.I.C. antes de la siembra fue de 16,17meq/100g de suelo, pero fue incrementando en cada tratamiento debido a la aplicación del compost.

Altura de planta

El análisis de varianza para la variable altura de planta, se observa que en tratamientos existe una diferencia significativa. El coeficiente de variación es de 7,65 %, valor que indica que los datos obtenidos son confiables.

Tabla 3. Análisis de varianza para altura de planta.

FV	GL	SC	CM	F cal	Pr>F
Tratamiento	3	482,96	160,99	4,80*	0,0338
E.E.	8	268,25	33,53		
Total	11	751,22			

La prueba de Duncan (Tabla 4), con un nivel de significancia de 5%, muestra que el tratamiento T3 fue el que tuvo mayor altura con un promedio de 85,20 cm a diferencia del resto.

Tabla 4 Prueba Duncan alfa=0,05 para altura de planta.

Tratamiento	Promedio (cm)	Duncan 5%
T0	68,10	A
T1	72,37	A
T2	77,07	AB
T3	85,20	B

La mayor altura del tratamiento T3 se atribuye a la cantidad de compost utilizado que fue de 6 kg/m², este abono orgánico aumenta y mejora la disponibilidad de nutrimentos del suelo

y acelera el desarrollo radicular, el cual hace que la planta absorba con gran facilidad los nutrientes favoreciendo el crecimiento vegetal.

Blanco (2017), en el cultivo de brócoli de la variedad Di Cicco logro una altura de 84,8 cm al aplicar 20% de aola atribuye esta altura al alto contenido de materia orgánica, nitrógeno del suelo y a los cambios bruscos de temperatura.

Número de hojas

El análisis de varianza para la variable número de hojas, no muestra una diferencia significativa entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 23,32%, valor que indica que los datos obtenidos son confiables.

Tabla 5 Análisis de varianza para el número de hojas.

FV	GL	SC	CM	F cal	Pr>F
Tratamiento	3	260,92	86,97	2,84ns	0,106
E.E.	8	245,33	30,67		
Total	11	506,25			

Los resultados obtenidos indican que con la aplicación de tres dosis de compost no influyeron sobre esta variable de respuesta, se logró un promedio de 23 hojas por planta. Se asume dicho resultado al contenido de nitrógeno del suelo de 0,18%, por ende, la planta uso en su mayoría este macroelemento del suelo y no así del compost.

Copari (2015) en su estudio sobre la evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades de brócoli bajo riego por goteo, encontró un promedio de 26 hojas por planta, en las variedades Di Cicco y Calabrese.

Diámetro de tallo

El análisis de varianza para el diámetro de tallo, reporto que existe diferencia significativa entre tratamientos. El coeficiente de variación es de 9,79 %, se asume alta confiabilidad.

La prueba Duncan (tabla 6) a una probabilidad del 5 %, nos señala que existen dos

grupos, el primer grupo corresponde a los tratamientos T1, T2 y T3 con promedios de 1,83, 1,90 y 2,17 cm, respectivamente.

Tabla 6. Análisis de varianza para diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	F cal	Pr>F
tratamiento	3	24,50	8,17	3,15*	0,0863
E.E.	8	20,74	2,59		
Total	11	45,24			

Tabla 7 Prueba Duncan alfa=0.05 diámetro de tallo.

Tratamiento	Promedio (cm)	Duncan 5%
T0	1,47	A
T1	1,83	B
T2	1,90	B
T3	2,17	B

Dicho resultado se atribuye a las dosis de compost utilizadas y a la densidad de plantación utilizada, a mayor densidad de plantación existe competencia por nutrientes, espacio y luz donde las plantas tienden a crecer más cerca, dando como resultado tallos delgados.

Blanco (2017), no encontró diferencia en esta variable de respuesta, hallando un promedio de 2.64 cm, asume el efecto de la aola.

Diámetro de hoja

Realizado el análisis de varianza para la variable diámetro de hoja, nos muestra que existe diferencia entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 6,58 % lo cual nos indican que los datos son confiables.

Tabla 8. Análisis de varianza para el diámetro de hoja.

FV	GL	SC	CM	F cal	Pr>F
Tratamiento	3	0,75	0,25	7,68*	0,0097
E.E.	8	0,26	0,03		
Total	11	1,01			

La prueba Duncan (tabla 9) a una probabilidad de 5%, indica que el tratamiento

(T3) con 60 tn/ha de compost, estadísticamente mostro un mejor desarrollo en diámetro de hoja con un promedio de 22,10 cm y el tratamiento T0 fue el que tuvo menor desarrollo con un promedio de 16,40 cm.

Tabla 9. Prueba de Duncan alfa=0.05 para diámetro de hoja.

Tratamiento	Promedio (cm)	Duncan 5%
T0	16,40	A
T2	18,40	AB
T1	19,40	B
T3	22,10	C

El compost aplicado, contenía un alto porcentaje de nitrógeno, como sabemos el nitrógeno ayuda en la coloración verde y follaje también es un constituyente de la clorofila que permite la fotosíntesis, el tratamiento T3 tuvo el mayor diámetro en hoja se atribuye a que ayudo a que hubiese mayor actividad fotosintética el cual influyo que hubiera más cantidad de sabia elaborada para la formación de nuevos tejidos vegetales favoreciendo el desarrollo de las mismas.

Diámetro de pella

En la tabla 10, se observa el análisis de varianza y muestra que no una diferencia significativa entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 19,11 % valor que indica que los datos obtenidos son confiables. Las dosis de compost utilizadas en esta investigación no influyeron sobre esta variable de respuesta hallando un promedio de 8,42 cm.

Se asume este resultado a las características genéticas de esta variedad que desarrolla pellas medianas de 10 a 12 cm.

Tabla 10. Análisis de varianza para el diámetro de pella.

FV	SC	GL	CM	F cal	Pr>F
Tratamiento	50,60	3	16,87	10,6ns	0,0036
E.E.	12,62	8	1,58		
Total	63,22	11			

Copari (2015), en su estudio sobre la evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades de brócoli bajo riego por goteo, no encontró diferencia estadística para esta variable, para la variedad Di Cicco obtuvo un promedio de 12,10 cm y para la variedad Calabrese de 12,50 cm atribuye este resultado a las características genéticas de cada variedad.

Peso de pella

En la tabla 11, se observa el análisis de varianza y se evidencia que existe diferencia significativa entre los tratamientos. El coeficiente de variación es de 7,78 % lo cual evidencia que los datos son confiables.

Tabla 11. Análisis de varianza para el peso de pella.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Tratamiento	3	3752,8	1250,9	17,9**	0,0007
E.E.	8	557,46	69,68		
Total	11	4310,3			

La prueba Duncan (Tabla 12) a una probabilidad de 5% indica, que el mejor tratamiento fue T2 (40 tn/ha de compost) con un peso de 132,75 gramos.

Tabla 12 Prueba Duncan alfa=0.05 para peso de pella.

Tratamiento	Promedio (g)	Duncan 5%
T0	86,56	A
T1	96	A
T3	114,04	B
T2	132,75	C

Esta diferencia de pesos se debe a las dosis de compost usadas en cada tratamiento donde el tratamiento T2 obtuvo el peso promedio mayor con 132,75 gramos, esto se atribuye a la cantidad de compost utilizado que fue de 4 kg/m² de compost.

Blanco (2017), en su estudio sobre el efecto de tres niveles de abonamiento orgánico liquido aeróbico bajo riego por goteo en el

cultivo de brócoli, registro un promedio de 168,9 gramos al aplicar 20 % de aola, asume que fue a las características genéticas de la variedad, su adaptabilidad a las alturas y el efecto de la aola.

Rendimiento

Realizado el análisis de varianza para la variable rendimiento (tabla 13), muestra que existe diferencia significativa en los tratamientos al aplicar las diferentes dosis de compost. El coeficiente de variación fue de 5,96 % lo cual indica que los valores son confiables.

Tabla 13. Análisis de varianza para el rendimiento.

FV	SC	GL	CM	Pr>F
Tratamiento	149083960,9	3	49694653,6**	139,1
E.E.	2858014,00	8	357251,92	
Total	151941974,9	11		

La prueba Duncan (Tabla 14) con una probabilidad de 5 % muestra, que con la aplicación de 40 tn/ha de compost se obtuvo el mayor rendimiento de 13.665,33 kg/ha.

Tabla 14. Prueba Duncan alfa=0.05, para el rendimiento.

Tratamiento	Promedio (kg/ha)	Duncan 5%
T0	3.389,67	A
T1	9.749,00	B
T3	12.276,67	C
T2	13.665,33	D

El compost es un abono orgánico aumenta y mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo el cual estimula el crecimiento vegetal, se observa que con la aplicación 4 kg/m² de compost se aumenta la producción considerablemente.

Blanco (2017), en su estudio sobre el efecto de tres niveles de abonamiento orgánico líquido aeróbico bajo riego por goteo en el cultivo de brócoli, registro un promedio de 168,9 gramos al aplicar 20 % de aola, asume que fue a

las características genéticas de la variedad, su adaptabilidad a las alturas y el efecto de la aola.

Análisis económico (beneficio - costo)

El análisis económico, se realizó por el método de costos de producción, para la estimación de los costos comparativos entre los cuatro tratamientos, en la tabla 15, se aprecia los costos comparativos.

Tabla 15. Ingreso de la producción del cultivo de brócoli en Bs.

	T0	T1	T2	T3
I.B.	30.507,03	87.741,00	122.987,97	110.490,03

El beneficio bruto fue distinto en cada tratamiento, esto debido a que el rendimiento fue diferente en cada tratamiento, el tratamiento T2 logro el mayor beneficio bruto de 122.987,97 Bs.

Tabla 16. Relación beneficio/costo en Bs.

	T0	T1	T2	T3
B/C	3,8	3,9	3,4	2,2

En la tabla 16, se aprecia que la ganancia fue encima de 1 Bs el cual indico que por cada boliviano invertido no solo se recupera dicha inversión, sino que se tiene una ganancia considerable el tratamiento T1 obtuvo mayor beneficio con 3,9 Bs.

Ibañez (2014), en su investigación sobre la evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agronómico de dos variedades de beterraga en el municipio de Patacamaya, encontró un beneficio/costo de 5 Bs con la aplicación de 3,10 kg/m² de compost.

CONCLUSIONES

La dosis más adecuada para el cultivo de brócoli fue de 4 kg/m² de compost (40 tn/ha de compost), debido a que se obtuvo mayor peso de inflorescencia y rendimiento.

En la variable peso de inflorescencia se evidencio que el tratamiento T2 (40 tn/ha de

compost) obtuvo el mayor peso con un promedio de 132,75 gramos al igual que el rendimiento con un promedio de 13.665,33 kg/ha.

Con la aplicación de 6 kg/m² de compost (T3) se registró los mayores promedios en altura de planta y diámetro de hoja con 85.2 y 22.10 cm respectivamente.

Para la variable número de hojas y diámetro de pella no existió diferencia significativa por ende las dosis de compost no influyeron sobre estas variables de respuesta.

En la investigación se determinó que en la variable diámetro de tallo, los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron estadísticamente tallos similares con promedios de 1.83, 1.90 y 2.17 cm, respectivamente.

El análisis económico, el tratamiento T1 (2 kg/m² de compost), fue el que obtuvo mayor ganancia de 3,9 Bs.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, A. (2017). Efecto de tres niveles de abonamiento orgánico líquido aeróbico (aola) bajo riego por goteo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*). (Tesis de grado). UMSA, La Paz-Bolivia. pp 3-33.
- Blanco, W. (2012). (5 de mayo de 2019). La Agricultura Urbana en El Alto Recuperado de wilfredoblanco.blogspot.com/2012/11/laagricultura-urbana-en-el-alto.html
- Chilon, E. (2018). El Paradigma “Suelo Vivo”. Apthapi, <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/250>
- CIMMYT. (1998). (08 de junio de 2019). La formulación de recomendaciones a partir de los datos agronómicos, Recuperado de <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/am/handle/10883/1063/9031.pdf>.
- Copari, A. (2015). Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* v. *Itálica*) bajo sistema de riego por goteo en carpa solar. (Tesis de grado). UMSA, La Paz-Bolivia. pp 14-79.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). (2015). (5 de enero de 2019). El Alto: Ciudades más verdes en América Latina. www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/cmvalc/el_alto.
- Goites, F. (2008). Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar. Buenos Aires, Argentina.
- Jaramillo, J. & Díaz, C. (2006). El cultivo de las crucíferas. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- Mamani, R. (2015). Evaluación del cultivo de rábano chino (*Raphanus sativus* L.) con la aplicación de compost y humus de lombriz a dos densidades de siembra bajo condiciones atemperadas en la zona Achumani, Municipio de La Paz. (Tesis de grado). UMSA, La Paz-Bolivia. pp 12-41.
- Mamani, P. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota. (Tesis de grado). UMSA, La Paz-Bolivia. pp 45-68
- Ibañez, I. (2014). Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agronómico de dos variedades de beterraga (*Beta vulgaris*) en el Municipio de Patacamaya. (Tesis de grado). UMSA, La Paz, Bolivia. p. 55-60.