

**Efecto del abonamiento en el carbono orgánico del suelo y rendimiento de brócoli
(*Brassica oleracea* var. *Italica*) bajo riego tecnificado**

Effect of fertilizing on soil organic carbon and yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) under technical irrigation

¹Lorgio Miguel Rivera Cano

¹NEC Santa María del Valle - FONCODES

RESUMEN

Se evaluó el efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) cv. Paraíso y carbono orgánico del suelo (COS), en la localidad de Cayhuayna, Huánuco (09°58'12" Lat. Sur; 76°15'08" Long. Oeste; 1943 msnm), de noviembre del 2018 a febrero del 2019. Los abonos orgánicos fueron: T1 (kimelgran: 470,63 kg/ha), T2 (Biot-313,75 kg/ha) y T0 (200-120-60). Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres tratamientos y 3 repeticiones. No se presentaron diferencias significativas en el peso fresco de pella entre los tratamientos T1 (452,2 g) y T2 (375,2 g), del mismo modo con respecto al diámetro de pellas, para el T1 (13,66 cm) y T2 (12,81 cm). El mayor valor alcanzado en rendimiento correspondió al tratamiento T1 con 14,22 t/ha. En el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) de 0 a 30 cm de profundidad hubo diferencias significativas para T1 y T2, donde el mayor incremento se obtuvo con el tratamiento T1, representado por 14,22 t/ha. No se halló diferencias estadísticas entre profundidades. No obstante, se determinó que la mayor acumulación de carbono se encontró para el T1 en los primeros estratos, 0-10 y 10-20 cm con 16,32 t/ha y 16,46 t/ha, respectivamente.

Palabras clave: COS, Materia orgánica, abonos, riego por goteo.

ABSTRACT

The purpose was to evaluate the effect of organic fertilization on the yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) cv. Paradise and soil organic carbon (SOC), in the town of Cayhuayna, Huánuco (09°58'12" Lat. South; 76°15'08" Long. West; 1943 masl), from November 2018 to February 2019. The organic fertilizers were: T1 (kimelgran: 470.63 kg/ha), T2 (Biot-313.75 kg/ha) and T0 (200-120-60). The Randomized Complete Block Design (DBCA) was used, with three treatments and 3 repetitions. There were no significant differences in the fresh weight of pellets between treatments T1 (452.2 g) and T2 (375.2 g), in the same way with respect to the diameter of pellets, for T1 (13.66 cm) and T2 (12.81cm). The highest value reached in yield corresponded to treatment T1 with 14.22 t/ha. In the organic carbon content of the soil (SOC) from 0 to 30 cm deep, there were significant differences for T1 and T2, where the greatest increase was obtained with the T1 treatment, represented by 14.22 t/ha. No statistical differences were found between depths. However, it was determined that the highest carbon accumulation was found for T1 in the first strata, 0-10 and 10-20 cm with 16.32 t/ha and 16.46 t/ha, respectively.

Keywords: SOC, organic matter, fertilizers, drip irrigation.

ISSN N° 2708-9843

Recibido: 10 de agosto 2022

Aceptado para su publicación: 7 de setiembre 2022

INTRODUCCIÓN

El balance mundial de carbono está determinado por una parte por la concentración atmosférica de CO₂ y por los sumideros naturales del planeta y, por otro lado, por las emisiones derivadas de combustibles fósiles, el uso de la tierra y el cambio de uso de la tierra. Entre 2006 y 2015, las emisiones de Carbono a la atmosfera eran dos veces mayor que las sumas de los sumideros oceánicos y terrestres (FAO 2017).

El carbono orgánico del suelo (COS) es la fracción de carbono que entra en el suelo en forma de material orgánico gracias a la fauna y flora del suelo y puede persistir en el durante décadas, siglos o incluso milenios. El tiempo de almacenamiento estará en función al manejo y el tipo de uso de la tierra. Eventualmente, el COS puede perderse en forma de CO₂ o CH₄. La dinámica de estos procesos resalta la importancia de cuantificar los flujos globales de

carbono para garantizar los máximos beneficios del COS para el bienestar humano, la producción de alimentos y la regulación climática. La incorporación de enmiendas orgánicas naturales o comerciales pueden mejorar la capacidad del suelo agrícola como sumidero de carbono debido al incremento en la actividad de la micro y macro fauna en el suelo y los procesos fisiológicos de la planta que se cultiva. El COS, siendo el componente principal de la materia orgánica (MO), es importante por sus contribuciones a la producción de alimentos, la mitigación y la adaptación al cambio climático, y el logro de los objetivos de desarrollo sostenible. La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del abonamiento orgánico en el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) y el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) bajo riego por goteo en la localidad de Cayhuayna, Huánuco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el centro de Investigación Olerícola y Frutícola (CIFO), ubicada a la margen izquierda del río Huallaga en el distrito de Pillco Marca, región Huánuco. (09°58' 12" Lat. Sur; 76°15' 08" Long. Oeste) a 1947 msnm. El valle se ubica dentro de un clima templado seco, donde la temperatura mínima oscila entre 11,43 a 16,32 °C; la media de 19,23 a 21,01 °C; la máxima de 25,75 a 26,75 °C y la humedad relativa de 61,91 a 70,52%. Las características del suelo del CIFO es franco arcillo arenoso a franco arenoso; un suelo moderadamente alcalino con un rango de pH entre 7 y 7,8; son profundos, aptos para especies frutales como para cultivos

anuales, con contenido de materia orgánica de nivel bajo en especial en las parcelas de cultivos anuales.

En el campo experimental la población estuvo constituida por un total de 1 152 plantas de brócoli, y 120 por parcela experimental. La muestra constituida por un total de 360 plantas de brócoli, distribuidas en 120 plantas por tratamiento y cada área neta experimental con 40 plantas. El muestreo fue del tipo de probabilístico, en forma de Muestra Aleatorio Simple (MAS). Los tratamientos en estudio fueron 3 (tabla 1)

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Factor	Clave	Tratamientos
Abonamiento	T0	Fertilizante N-P-K 200-120-60
	T1	Kimelgran 470,63 kg/ha
	T2	Biot 313,75 kg/ha

Los datos evaluados en cuanto al rendimiento fueron: peso de pella, diámetro de pella, rendimiento por hectárea y por área neta experimental y referente al contenido de carbono orgánico del suelo se hizo el Análisis de suelo en pre siembra y después de la cosecha, se tomaron muestreos de suelo a tres profundidades: 10, 20 y 30 cm de las áreas de experimentación para un análisis físicos y químicos para cuantificar el carbono que alberga el suelo, la cual se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Variables e indicadores de estudio

Variables		Indicador
Independiente	Abonos Orgánicos	- Kimelgran (470 kg/ha) - Biot (314 kg/ha)
	Contenido de carbono orgánico en el suelo.	o COS t/ ha de 0-30 cm • Peso de pella
		• Diámetro de pellas • Rendimiento por área neta experimental
Dependiente	Rendimiento	
Interviniente	Condiciones edafoclimáticas	- Temperatura - Humedad

En el terreno preparado se realizó surcos a 0,80 m, de manera que coincida con las líneas de riego previamente instaladas. El trasplante se realizó con plantines de brócoli de 45 días de edad del híbrido Paraíso. Se distribuyó una planta por cada gotero auto compensado de la cinta de riego distanciado entre sí a 0,40 m. Para los tratamientos de abonos orgánicos se usó Kimelgran a razón de 15 g por planta y el abono orgánico Biot a razón de 10 g por planta. En el tratamiento testigo se empleó como fertilizantes la Urea, el Fosfato di Amónico y el Cloruro de potasio a un nivel de 200 N-120 P-60 K. La Cosecha se efectuó manualmente, cortando por debajo de las pellas dejando un segmento de tallo de aproximadamente 5 cm y quitando las hojas.

Tabla 3. Manejo de plagas y enfermedades

Producto	Dosis/ 20 L	Plaga / enfermedad	Objetivo
Cipermetrina	20 ml	- Gusanos comedores de hoja - <i>Plutella x.</i> - <i>P. monuste</i>	Larvas
Fipronil	20 ml	- Gusanos comedores de hoja - <i>Plutella x.</i> - <i>P. monuste</i>	Larvas primeros estadios y adultas
Imidaclopid	10 ml	- Pulgones	Todo estado
Carbendazim	20 ml	- PUDRACIONES	

Determinación del carbono orgánico del suelo (COS)

a. Toma de muestras de suelo. Se realizó dos muestreos de suelo en la parcela experimental, la primera fue antes de la siembra y la segunda después de la cosecha. Se recuperó 2 sub muestras por cada unidad experimental a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, para lo cual se usó un barreno. Se obtuvo en total 9 muestras compuestas de suelo por cada

muestreo, lo que correspondía una a cada tratamiento y a cada profundidad muestreada. Las muestras debidamente etiquetadas, contenidas en bolsas de polietileno se entregaron al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) para el respectivo análisis de propiedades físicos y químicos.

b. Determinación de la materia orgánica

Se empleó el método de Walkey y Black (1947). En este método la materia orgánica fue oxidada por la combinación de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇ 1N) más ácido sulfúrico (H₂SO₄). Posteriormente el exceso de K₂Cr₂O₇ fue determinada en titulación con Sal de Mohr (sulfato ferroso). Este procedimiento detecta entre un 70 y 84% del carbón orgánico total, por lo cual es necesario introducir un factor de corrección.

c. Análisis del contenido de carbono orgánico

Se determinó a partir de los resultados brindados por el análisis de las muestras de suelo, precisamente con el dato del porcentaje de la materia orgánica. Posteriormente, la estimación del carbono orgánico total se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$CO = \frac{\%MO}{1,724} = \%MO \times 0,58$$

Dónde: CO, Carbono orgánico total (%) y MO, Materia orgánica

El valor 1,724 es el factor de Van Benmelen, que resulta de la suposición de que

la materia orgánica del suelo contiene un 58% de Carbono (1/0,58 = 1,724). A continuación, el Contenido de carbono orgánico del suelo (COS) por superficie a la profundidad

deseada se determinó con base en la ecuación propuesta por González *et al.* (2008):

$$COS = CO \times DA \times Ps$$

Donde; COS: Carbono orgánico total en suelo por superficie (t.ha⁻¹); CO: Carbono orgánico total (%); DA: Densidad aparente (t.m⁻³) y Ps: Profundidad del suelo (m)

Determinación de la densidad aparente

Las muestras fueron tomadas en el campo experimental con el método del cilindro propuesto por Blake y Hartge (1986). Previamente fueron pesadas en una balanza granataria, luego se colocaron en recipientes metálicos para secarlos en una estufa a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se pesó las muestras y se realizaron los cálculos. Las muestras se tomaron después de la cosecha debido a la perturbación por la aradura inicial.

$$\begin{aligned} Da &= \frac{PSse}{Vc} && \text{Volumen del cilindro (Vc)} \\ &= \frac{\pi \times D^2}{4} \times h \end{aligned}$$

Donde; Da: Densidad aparente del suelo; PSse: Peso del suelo seco a estufa; D = Diámetro del cilindro (5 cm); H: altura del cilindro (5 cm).

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso de Pella

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) presentado (Tabla 4) no indica diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre bloques. El coeficiente de variabilidad (CV) es 16,66% dando confiabilidad en los resultados obtenidos. La Prueba Múltiple de Tukey (Tabla 5), confirma el resultado indicado en el ANVA, de la no existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, el T1 obtuvo el mayor promedio frente al T0 y T2 en cuanto al peso de pella por planta. En la figura 1, se observa el peso de pella por cada tratamiento, donde el tratamiento T1 alcanzó el mejor resultado en dicha variable con 452,69 gramos, mientras que el menor promedio se obtuvo con el T2 con 371,45 g. En

esta variable, se obtuvo un promedio máximo de 452,69 g correspondiente al tratamiento T1, valores similares obtuvo Ruiz (2016), donde registró un peso promedio de 572,02 g y 542,34 g con los híbridos Marathon y Coronado respectivamente, sin embargo, con el híbrido Legacy, reportó un promedio de 637,67 g. Estos resultados superan a los efectos de los tratamientos del estudio y de acuerdo a la prueba múltiple de Tukey de promedios entre los híbridos no hubo diferencia significativa al 5% de margen de error, igualmente que en los tratamientos del estudio en el peso de pella. El resultado inferior del estudio puede deberse a la toma de más observaciones por unidad experimental, donde se tomaron valores bastante inferiores haciendo bajar el promedio. Infante (2018) en su estudio obtuvo promedios cercanos al estudio en peso de pellas, con

respecto a los tratamientos T1 (452,69 g) y T0 (422,44g), siendo el mayor peso de 590,86 g y el menor de 489,96 g, sin carácter estadístico significativo entre ambos, al igual que en los

tratamientos del experimento, esto puede deberse a las condiciones medioambientales y condiciones de labores culturales similares entre ambos estudios

Tabla 4. Análisis de varianza para peso de pella

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	2	10105,59	5057,79	1,06 ns	0,4283
Bloques	2	985,47	492,73	0,10 ns	0,9045
Error experimental	4	19158,17	4789,54		
TOTAL	8	30259,23			

CV = 16,66%

$S_x = \pm 66,38$ g

Tabla 5. Prueba de comparación múltiple de Tukey peso de pella. (g)

COMPARACIÓN DE PROMEDIOS			
O.M.	Tratamientos	Promedios (g)	Significación ($\alpha = 0,05$)
1	T1	452,69	a
2	T0	422,44	a
3	T2	371,45	a

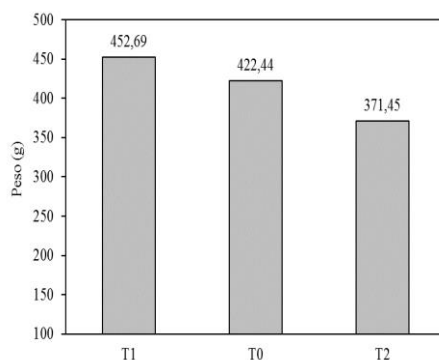


Figura 1. Peso de pella

Diámetro de pella

El ANVA (tabla 6), muestra valores del p-valor superiores al 0,05 que corresponde al porcentaje del margen de error lo que indica que, no hay diferencias estadísticas entre tratamientos y entre bloques con respecto al diámetro de pella. El coeficiente de variabilidad de 5,21 % denota confiabilidad en los datos. Según la Prueba Múltiple de Tukey (tabla 7), al 5% de margen de error, se aprecia promedios homogéneos entre los tratamientos, donde con

T1 y T0 se obtuvieron el mejor diámetro de pella, correspondientes a 13,66 cm y 12,81 cm, respectivamente. En la figura 2 se representa las diferencias aritméticas. Se observó que el diámetro en el experimento está relacionado con el peso de pella, es decir, a mayor peso, correspondió un diámetro mayor ya que una de las características del cultivar (Paraíso F1) es poseer pellas compactas, con el domo elevado y con escasas ramificaciones por debajo de la inflorescencia principal. En el experimento se

Efecto del abonamiento en el carbono orgánico del suelo y rendimiento de brócoli (Brassica oleracea var. Italica) bajo riego tecnificado en Cayhuayna, Huánuco

obtuvo promedios de diámetro de pella en los tratamientos T2, T0 y T1 de 12,81cm, 13,60cm y 13,66 cm respectivamente, estos valores son

inferiores comparara dos a los de Ruiz (2016), que oscilan entre 15,77 y 17,90 cm de diámetro, superando ampliamente a los del estudio.

Tabla 6. Análisis de varianza para el diámetro de pella (cm)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	2	1,35	0,67	1,39 ns	0,3479
Bloques	2	0,90	0,45	0,93 ns	0,4670
Error experimental	4	1,94	0,49		
TOTAL	8	4,49			

CV = 5,21 % $S_x = \pm 0,72$ cm

Tabla 7. Prueba Múltiple de Tukey para el diámetro de pella (cm)

O.M.	COMPARACIÓN DE PROMEDIOS		
	Tratamientos	Promedios (cm)	Significación ($\alpha = 0,05$)
1	T1	13,66	a
2	T0	13,60	a
3	T2	12,81	a

No obstante, Infante (2018) en su estudio de densidad halló, valores de 12,75 cm y 11,78 cm de diámetro, para distanciamientos entre plantas de 40 cm (30 000 plantas/ha) y 30 cm (40 000 plantas/ha) por 0,80 m entre surcos; estos valores son inferiores al estudio con similar densidad de 31 373 plantas/ha, sin embargo, a una densidad de 60 cm (20 000 plantas), obtuvo 14,38 cm, y a 50 cm (25 000 plantas) 13,15 cm de diámetro, donde el primer caso supera a todos los resultados del estudio y en el segundo

solo supera al T2 en un 2,65 %. Evidentemente en estos resultados la densidad de siembra puede influenciar en el diámetro de pellas, tal que a medida que la densidad de siembra disminuya el tamaño de la inflorescencia aumenta lo que atenta gravemente al rendimiento en kg/superficie. A menor densidad menor es el rendimiento en Kg/ha.

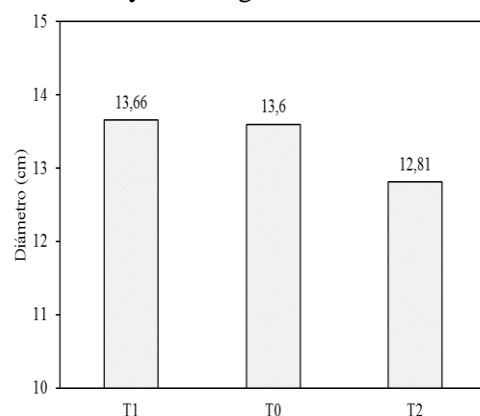


Figura 2. Representación gráfica del diámetro de pella (g)

Peso de pella por área neta experimental

El ANVA (Tabla 8), indica que para la fuente de bloques y tratamientos un p-valor mayor a 0,05 de margen de error, No denotando diferencias estadísticas para peso en kg/área neta experimental. La prueba de Tukey (Tabla

9) al 5% de significancia muestra los promedios del rendimiento en kg donde no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, no obstante, T1 destaco con el mayor rendimiento por área neta experimental, con 9,05 kg de brócoli.

Tabla 8. Análisis de varianza para peso de pella por área neta experimental

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	2	4,04	2,02	1,05 ns	0,4293
Bloques	2	0,39	0,20	0,10 ns	0,9047
Error experimental	4	7,67	1,92		
TOTAL	8	12,10			

CV= 16,67% $S_x = \pm 1,23$ kg

Tabla 9. Rendimiento por área neta experimental

COMPARACIÓN DE PROMEDIOS			
O.M.	Tratamientos	Promedios (kg)	Significación ($\alpha = 0,05$)
1	T1	9,05	a
2	T0	8,45	a
3	T2	7,43	a

Rendimiento estimado por hectárea

El rendimiento en kg/ha se estimó a partir del valor promedio del peso de pella por planta, obteniéndose así, el peso promedio por área experimental (ANE) por cada tratamiento (Tabla 10. El mayor rendimiento por hectárea se obtuvo con el abono orgánico kimelgran (T1) con 14,2 t seguido del tratamiento testigo (T0) con 13,25 t y la menor respuesta se halló con el abono Biot (T2) con un rendimiento de 11,65 t, tal como se ilustra en la figura 3. En el presente trabajo se observó que el rendimiento para el caso del tratamiento T1 se aproxima a lo reportado por el MINAGRI (2018); quienes para Huánuco indicaron un rendimiento promedio de 14, 9 t/ha, por el contrario, los tratamientos TO y T2 se obtuvieron rendimientos menores. Estas diferencias podrían deberse por un lado a las condiciones climáticas desfavorables durante el desarrollo del experimento en el ámbito de estudio ya que en la región la época de siembra más representativa esta entre los meses de junio y julio y la cosecha más abundante en el mes de diciembre, meses con mayor insolación solar y baja precipitación. Por otro lado, el sistema de riego aplicados en los campos de cultivos de la región, es por gravedad. Frente a estudios ejecutados bajo sistemas de riego por goteo y

aplicación de abonos orgánicos, los rendimientos encontrados en el estudio de 14,2 t/ha (T1) y 11,6 t/ha (T2) son superados ampliamente por los rendimientos promedios obtenidos por Rivera (2015), quien obtuvo un resultado en un 16,9% (16,6 kg/ha) mayor al T1 y 43,1 % más con respecto al T2 del experimento, mientras que Tito (2015) reporto el mejor rendimiento con 21,5 t/ha, siendo 7,3 y 9,9 t/ha mayor al rendimiento obtenido con aplicación de abonos orgánicos comerciales en el estudio. Esto se puede atribuir a que en dichos estudios se emplearon gran cantidad de humus, 8 y 9 t/ha respectivamente y foliares líquidos para el segundo caso y cobertura de plástico a modo de mulch para evitar la evaporación del agua de riego aplicado al cultivo, estos factores posiblemente incrementaron los rendimientos en estos ensayos. Con respecto al estudio realizado por Benavides *et al.* (2016), con el sistema de riego por goteo hallaron los mejores rendimientos en hortalizas, donde para el caso de brócoli reportaron un rendimiento de 13 t/ha, valor que comparado a los obtenidos en el estudio es inferior en cuanto al T1 y al T0, sin embargo, supera al menor valor obtenido 11,6 t/ha (T2). Se puede adjudicar la superioridad de los rendimientos del estudio debido a temperaturas optimas del cultivo frente al clima

Efecto del abonamiento en el carbono orgánico del suelo y rendimiento de brócoli (Brassica oleracea var. Italica) bajo riego tecnificado en Cayhuayna, Huánuco

frio del otro experimento que pudo influir en el desarrollo normal de la inflorescencia, reduciendo el rendimiento.

Tabla 10. Rendimiento estimado por hectárea.

Tratamiento	peso de pella (g)	Peso de pella/ANE (kg)	Rendimiento (t/ha)
T1-AO Kimelgran	452,69	27,16	14, 20
T0-Fertilizante	422,43	25,35	13, 25
T2-AO Biot	371,45	22,29	11, 65

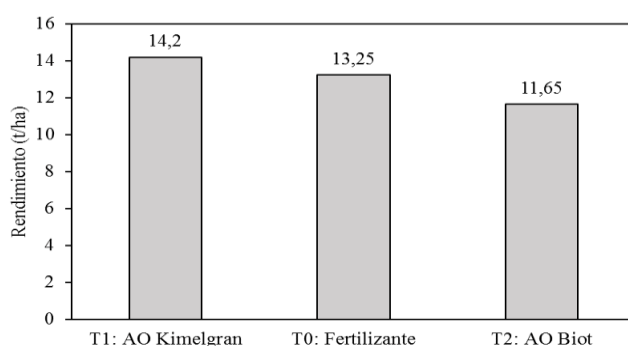


Figura 3. Rendimiento (kg/ha) de brócoli en función de tratamientos

Contenido de carbono orgánico del suelo

Para el contenido de COS por estrato el análisis de varianza (Tabla 11) al 0,05 de margen de error, no muestra diferencias estadísticas significativas para el contenido de carbono entre las profundidades (0-10, 10-20 y 20-30) tanto para tratamientos como para muestreo. Las medidas de dispersión y el p-

valor se detallan en dicho cuadro. La prueba de Tukey al 95% de confianza (Tabla 12) muestra que a profundidades de 0-10 y 10-20 cm, contienen mayor carbono orgánico con promedios de 16,32 t/ha y 16,46 t/ha, respectivamente. No se halló diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para ninguna de las tres profundidades, se ilustra lo analizado en la figura 4.

Tabla 11. Análisis de varianza para contenido de carbono orgánico por estrato

Fuente de variación	GL	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Muestreo	1	0,30	0,4781 ns	4,2E-04	0,9803 ns	0,01	0,8012 ns
Tratamientos	2	0,18	0,6940 ns	6,27	0,07 ns	0,01	0,9189 ns
Error	2	0,41					
Total	5						
CV		3,99		4,85		3,31	
R2		0,45		0,92		0,11	

Tabla 12. Prueba Múltiple de Tukey para contenido de carbono orgánico

Tratamientos	COS t/ha (0-10 cm)	COS t/ha (10-20 cm)	COS t/ha (20-30 cm)
T0	15,82 a	15,66 a	9,84 a
T1	16,32 a	16,46 a	9,88 a
T2	15,79 a	13,07 a	9,97 a

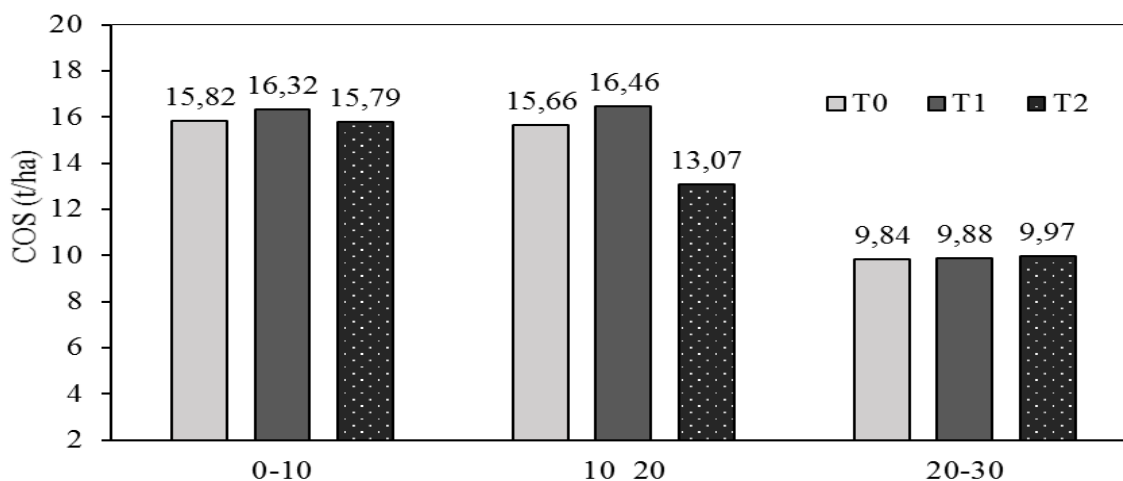


Figura 4. Contenido de carbono orgánico por estratos de post cosecha de brócoli

En el contenido de COS total almacenado 0-30 cm el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas no significativas al 5% de margen de error para momentos de muestreo y significativas entre tratamientos para el contenido de carbono inicial y final (Tabla 13). El coeficiente de variabilidad de 0,73% y la prueba de medias de Tukey al 0,05 de significancia muestra diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo el T1 y T0 superiores al T2 con valores 14,22 t/ha y 13,77 t/ha, respectivamente (tabla 14). Denotando el efecto con la variación en la fuente de abonamiento para contenido de carbono orgánico del suelo en el cultivo de brócoli. Se tuvo efectos diferentes a profundidad de 30 centímetros. Comparando estos resultados con los que Cuellar y Salazar (2016) en un estudio sobre el flujo de carbono de acuerdo al sistema de uso de la tierra en el Perú, realizado en seis emplazamientos a lo largo del valle del Mantaro, donde encontraron que en el cultivo de V. faba, en el horizonte de 0-10 cm 24 t/ha de carbono en promedio, con 4,48% de MO calificando como rico, que según la interpretación se encuentra en un rango alto, el horizonte 10-30 obtuvo 32,4 tC/ha, con 2,74% de materia orgánica, que califica como bien provisto en un rango de contenido medio.

En el ensayo realizado se obtuvo resultados diferentes, donde el mejor resultado (T1) con 16,32 t/ha de carbono y para el estrato 10-30 cm se encontró 26,34 t/ha de Carbono, la cual también es menor a lo reportado por dichos autores. Estas diferencias de carbono en el suelo están determinadas por el balance de los aportes, como los residuos del cultivo, y las pérdidas de carbono por medio de la descomposición de la materia orgánica. La descomposición del carbono puede reducirse al cambiar las prácticas de labranza e incluir cultivos con residuos de descomposición lenta en la rotación (Verhulst *et al* (2015). Con la incorporación de abonos orgánicos se encontró diferencias entre el contenido de C inicial y el contenido final correspondiente a 30 cm de profundidad, los mayores promedios de carbono reportado en el análisis de suelos final fueron con el Kimelgran, con 14,22 t/ha y con el Biot con 12,95 t/ha, con la fertilización química se obtuvo 13,77 t/ha. De 0-30 cm de profundidad se encontró el mayor valor de 43,06 tC/ha para el T1 para lo que Castillo *et al* (2016) Para suelos de cultivos en México para los primeros 30 cm encontró una acumulación de COS de 53 t/ha superando a lo encontrado en el estudio. Las diferencias entre los contenidos de carbono realizado antes y después del cultivo

arrojaron, valores para tratamientos T1, T2, T0 de 0,27 t/ha, 0,11 t/ha y -0,02 t/ha, respectivamente aumentando para los abonamientos orgánicos (T1-T2) y mostrando deficiencia para la fertilización química. Esto explica que los suelos tienen el potencial de aumentar sus reservas de COS (FAO, 2017),

donde El incremento del COS depende de la cantidad y calidad de los residuos, pero también de las condiciones edafoclimáticas que dará la capacidad potencial con que las tasas de entrada y salida se produzcan (Lal *et al.*; Follett y McConkey, citados por Verhulst, *et al* 2015)

Tabla 13. Análisis de varianza del COS almacenado

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Muestreo	1	0,02	0,062	2,08	0,2860
Tratamiento	2	1,67	0,84	85,19	0,0116
Error experimental	2	4,40	0,01		
TOTAL	5	1,71			

CV= 0,73 % S_x= ± 0,59 t

Tabla 14. Prueba de Tukey para contenido de carbono almacenado 0-30 cm.

O.M.	COMPARACIÓN DE PROMEDIOS			Significación ($\alpha = 0,05$)
	Tratamientos	Promedios (t/ha)		
1	T1	14,22		a
2	T0	13,77		a
3	T2	12,95		b

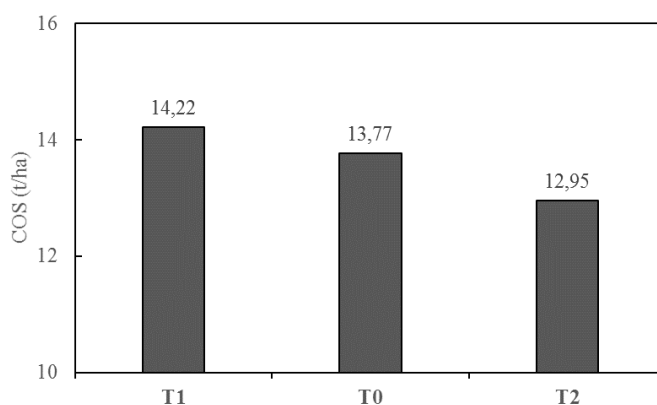


Figura 5. Contenido de Carbono orgánico total en el suelo 0-30 cm en cultivo de brócoli

CONCLUSIONES

La fuente de abonamiento con mejor efecto en la captura de carbono en el suelo COS fue el abonamiento con kimelgran (470,63 kg/ha) con un promedio de 14,22 t/ha de carbono.

Kimelgran, asimismo, el mayor peso promedio por área neta experimental y rendimiento por hectárea representados en 9,05 kg y 14,15 toneladas, respectivamente.

Se obtuvo el mayor diámetro (13,66 cm) y peso (462,69 g) de pella con el abonamiento con

Para los tratamientos con Kimelgran y Biot el peso de pella fue 452,69 g y 371,46 g

respectivamente. El diámetro de pella fue 13,66 cm y 12,81 cm. Sin diferencias estadísticas. Para el contenido de carbono orgánico, con

14,22 y 12,95 t/ha, donde estadísticamente el Kimelgran fue superior frente al Biot

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, I y Guido, F. (2016). Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en la LAFQA Departamento de Química, UNAN-Managua. Tesis. Lic. Química ambiental. Nicaragua. Disponible en <http://repositorio.unan.edu.ni/2722/>
- Benavides, O. Barraza, F. (2017). Efecto del riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de hortalizas en clima frío. *Rev. Cienc. Agr.* 34(1):108- 116. Disponible en doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.67>.
- Bujanos, R; Dorantes, A; Ávila, M.A. (2009). Producción de brócoli en el Bajío. En línea. Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), México. Consultado el 20 de jul 2018. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/20HERN%20C3%81NDEZ%20HERN%20C3%81NDEZ%20%2C%20EPIGMENTIO.pdf?sequence=1>
- Castillo, A., Bojórquez, J., Hernández, A., y García-, D. (2016). Contenidos de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 72-78. Disponible en <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2035.480577>
- CHEMIE (Innovación Agrícola y veterinaria), (2014). Ficha Técnica kimelgran. En línea. Consultado 21 oct. 2018 Disponible en http://www.chemiesa.com/wpcontent/uploads/2015/04/Ficha_Tecnica_KIMELGRAN.pdf
- Cuellar, J. y Salazar, E. (2016). Dinámica de carbono almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, Lima Perú. 217 p.
- DGPA-MINAGRI (Dirección general de Políticas Agrarias – Ministerio de Agricultura y riego). (2017). Análisis Económico de principales Frutas y verduras. En línea. Consultado. ago. 2018. Lima, Perú. 11.p. Disponible en <file:///C:/Users/TOSHIB/Downloads/boletin-frutas-verduras.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Mundial para la Alimentación y la Agricultura). (2017). Carbono orgánico del suelo: el potencial oculto. En línea. Consultado 23 jul. 2019. Roma, Italia. 90 p. Disponible en <http://www.fao.org/3/i6937es/I6937ES.pdf>
- Grandez, A. (1998). Densidad y época de siembra del cultivo de Brassica oleracea L. var. itálica Plenck “brócoli” en los valles de Huaura y Barranca. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Huacho, Perú. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Escuela Profesional de Agronomía. 56 p. 78
- Infante, O. (2018). rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 55 p.
- ITAGRO (Industria Tecnológica Agrícola Del Perú). Sf. Itagro Biot, enmienda orgánica. En línea. Consultado 21 oct. 2018. Disponible en <http://itagro.com.pe/papers/ft/FT-ITAGRO-BIOT.pdf>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y riego). (2018). Calendario de siembras y cosechas. Consultado. 7 ago. 2018. Disponible en <http://siea.minagri.gob.pe/calendario/#>
- Rivera, W.D. (2016). Humus de lombriz en el rendimiento de brócoli (Brassica oleracea l.) Cv. “legacy” bajo cobertura de plástico y mulch orgánico en sistema de riego por goteo en Cayma -arequipa. Tesis, Ingº agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. En línea. Consultado 5 ago. 2018. 99 p. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/237279>

Efecto del abonamiento en el carbono orgánico del suelo y rendimiento de brócoli (Brassica oleracea var. Italica) bajo riego tecnificado en Cayhuayna, Huánuco

- Sandoval, M., Stolpe, N., Zagal, E., Mardones, M. y Junod, J. (2003). El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. En línea. *Theoria*, 12:1:65-71. Universidad del Bío Bío Chillán, Chile. Disponible en https://www.academia.edu/15554199/EL_SECUESTRO_DE_CARBO_NO_EN_LA_AGRICULTUR_A_Y_SU_IMPORTANCIA_CON_EL_CALENTAMIENTO_GLOBAL
- Stopanni, M.I y Francescangeli, N. (s.f). El brócoli y su potencial: Hortaliza top del tercer milenio. En línea. Consultado el 18 de jul. (2018). Argentina. 7 p. Disponible en: <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/.pdf>
- Torres, L.A. 2013. Fertilización orgánica mineral en el cultivo de *Brassica oleracea* var. *Itálica* Plenck brócoli en zungarococha distrito san juan bautista. En línea. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos. 71 p. Consultado 5 ago. 2018. 80
- Tito, M.A. (2014). Abonamiento orgánico en base a humus de lombriz y em-1® y su efecto en el rendimiento de pellas del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* l.) Cv. Legacy con manejo orgánico. Tesis, Ing. Agrónomo. En línea. Consultado 5 ago. 2018. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 71 p. disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4156>
- Torres, L.A. (2013). Fertilización orgánica mineral en el cultivo de *Brassica oleracea* var. *Itálica* Plenck brócoli en zungarococha distrito san juan bautista. En línea. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos. 71 p. Consultado 5 ago. 2018.
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. En línea. Banco central de Reserva del Perú, Lima. 59 p. Disponible en <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>
- Verhulst, N., François, I. y Govaerts B. (2015). Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: entre el mito y la realidad del agricultor. En línea. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT. México. 16 p. (consultado: 13 ago. 2019) Disponible en <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/4408/56985.pdf>
- Zamora, E. (2016). El cultivo de brócoli. (en línea). Serie guías – producción de hortalizas. Sonora, México. 10:1-2. 8 p. Consultado el 18 de jul 2018. Disponible en: <http://www.dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAGHORT-010.pdf>