

## EFFECTO DEL USO DE VERMICOMPOST, ACOLCHADO ORGÁNICO Y COBERTURA PLÁSTICA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.), EN PERÚ

### EFFECT OF THE USE OF VERMICOMPOST, ORGANIC PADDING AND PLASTIC COVERING ON SOME SOIL PROPERTIES AND BROCOLI (*Brassica oleracea* L.) CROP IN PERU

Guido Sarmiento-Sarmiento<sup>1a\*</sup>, William Rivera-Bejarano<sup>1b</sup>, Laydy Mena-Chacón<sup>1c</sup>, René Quispe-Castro<sup>1d</sup>, Leslie Velarde-Apaza<sup>1e</sup> y Luis Lipa-Mamani<sup>1f</sup>

<sup>1a</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-1420-2186>

<sup>1b</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0009-0002-8046-8270>

<sup>1c</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-9364-7801>

<sup>1d</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-5025-5077>

<sup>1e</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-6031-6355>

<sup>1f</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía, Urb. Aurora s/n, Cercado, Arequipa, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-6175-6819>

\* Autor para correspondencia: [gsarmientos@unsa.edu.pe](mailto:gsarmientos@unsa.edu.pe)

#### RESUMEN

La demanda mundial de hortalizas saludables está en constante crecimiento debido a cambios en las preferencias de los consumidores por alimentos sanos, frescos y nutritivos. En este contexto, se requiere investigar en nuevas técnicas para optimizar el rendimiento de hortalizas como el brócoli, en base al uso de fuentes de materia orgánica. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica en la producción sostenible de brócoli y en algunas propiedades del suelo. El estudio se realizó en plantas de brócoli cv. Legacy, en un terreno agrícola ubicado en la quebrada de Tucos del anexo La Tomilla, distrito Cayma, provincia y región Arequipa, Perú. El experimento fue establecido con un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial de parcelas divididas. El tipo de cobertura (acolchado orgánico, cobertura plástica, y sin cobertura) se estableció en las parcelas grandes, y las dosis de vermicompost (4 y 8 t ha<sup>-1</sup>) en las parcelas pequeñas; de la interacción de los factores, surgieron 6 tratamientos con tres repeticiones. Los resultados demostraron que la cobertura plástica junto a la incorporación de 8 t ha<sup>-1</sup>

de vermicompost mejoraron el rendimiento del cultivo de brócoli ( $16666,66 \text{ kg ha}^{-1}$ ), con un 98% de la producción alcanzando calidad de primera y 2% de segunda. Además, este tratamiento mantuvo la materia orgánica (4,27%), pH (7,1), salinidad ( $1,22 \text{ dS m}^{-1}$ ), y temperatura ( $13,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) del suelo en valores aceptables para el cultivo. La mayor rentabilidad del cultivo de brócoli fue 96,8%, con la utilización de cobertura plástica y  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de vermicompost.

**Palabras clave:** materia orgánica, suelos, humus de lombriz.

## ABSTRACT

The global demand for healthy vegetables is steadily growing due to changes in consumer preferences for healthy, fresh, and nutritious foods. In this context, there is a need for new techniques to optimize yields of vegetable crops, such as broccoli, based on the use of organic matter sources. The objective of this study was to evaluate the effect of the use of vermicompost, organic mulch and plastic cover on the sustainable production of broccoli and on some soil properties. Broccoli plants cv. 'Legacy' were used, and the trial was conducted on an agricultural area located in the Tucos ravine of La Tomilla, Cayma district, Arequipa Province, Arequipa Region, Peru. The experiment was carried out using a randomized complete block design in a split-plot factorial arrangement. The type of cover (organic mulch, plastic cover, and no cover) was established in large plots, and the doses of vermicompost ( $4$  and  $8 \text{ t ha}^{-1}$ ) in small plots; the interaction of the factors resulted in 6 treatments with three replicates. The results showed that plastic mulching along with the incorporation of  $8 \text{ t ha}^{-1}$  of vermicompost improved broccoli yield ( $16666.66 \text{ kg ha}^{-1}$ ), with a 98% of the production corresponding No.1 grade and 2% to No. 2 grade. In addition, the same treatment maintained organic matter (4.27%), pH (7.1), salinity ( $1.22 \text{ dS m}^{-1}$ ), and soil temperature ( $13.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) at acceptable values for the crop. The highest broccoli crop profitability was 96.8%, with the use of plastic mulch and  $4 \text{ t ha}^{-1}$  of vermicompost.

**Keywords:** organic matter, soils, earthworm humus.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas comestibles de la familia Brassicaceae son ricas en compuestos bioactivos y promueven beneficios para la salud (Montaner et al., 2023), contribuyendo a una creciente demanda en los mercados actuales (Puech et al., 2021; Boza et al., 2019). En el caso del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) destaca su actividad antioxidante ( $87,07 \pm 0,81\%$ ), contenido fenólico ( $13,21 \pm 0,53 \text{ mg}$  equivalente de ac. gálico  $\text{g}^{-1}$  peso seco), flavonoides ( $14,50 \pm 1,29 \text{ mg}$  equivalentes de catequina  $\text{g}^{-1}$  peso seco), glucosinolatos ( $43,70 \pm 1,09 \text{ mg g}^{-1}$  peso seco) y vitamina C ( $7,21 \pm 0,13 \text{ mg}$  de ác. ascórbico  $\text{g}^{-1}$  peso seco) (Montaner et al., 2023; Soengas et al., 2021; Vivanco-Estrada et al., 2017).

Desde la década del 90 se produjo un incremento en los rendimientos de los cultivos hortícolas debido a la aplicación de innovaciones tecnológicas fundamentalmente dirigidas al proceso productivo tales como la incorporación de híbridos, incremento del empleo de fertilizantes, mejoramiento en la tecnología de riego y difusión del cultivo bajo invernadero (Cuellas, 2017; Farnham y Björkman, 2011; Miles, 2012). Sin embargo, en el caso de la Perú, los rendimientos obtenidos el 2018 se mantienen semejantes a los

del 2021 ( $13,67 - 13,73 \text{ t ha}^{-1}$ ) (FAO, 2023; MIDAGRI, 2022), evidenciando una brecha respecto al promedio mundial, el cual se ubica entre  $18,66 - 18,75 \text{ t ha}^{-1}$  para el mismo periodo (FAO, 2023).

Estas brechas requieren incorporar estrategias de manejo que permitan alcanzar mayores rendimientos de manera sostenible y rentable para los productores agrícolas. Entre las alternativas estudiadas resalta la adición de diferentes abonos orgánicos como compost, bocashi, microorganismos eficaces, coberturas verdes, vermicompost, entre otras (Bhattarai et al., 2022; Rodríguez-Ortiz et al., 2021; Peralta-Antonio et al., 2019; Damian et al., 2018), alcanzado mejores rendimientos comparado a los manejados solo con fertilizantes sintéticos, debido principalmente a que favorecen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La cobertura plástica del suelo es una tecnología emergente usado para contener la evaporación del suelo, limitar el crecimiento de malezas, controlar la temperatura del suelo, retener humedad y aislar el fruto cosechado del suelo (Zenner y Peña, 2013). La utilización de diferentes tipos de coberturas sobre el suelo es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, cascara de arroz, papel o plástico para cubrir el suelo con la finalidad de proteger al cultivo y al

suelo de agentes atmosféricos adversos, promover cosechas precoces, mejorar rendimientos y calidad de los productos hortícolas (Miles et al., 2012; Rajablariani et al., 2012; Kasirajan y Ngouajio, 2012; Zenner y Peña, 2013; Haapala et al., 2014; Frutos et al., 2016; Thentu et al., 2016; Ghimire et al., 2018). También, Ponjičan et al. (2021) destaca que el uso de la cobertura plástica como mantillo en la producción de repollo de primavera (*Brassica oleracea* L.), además de mejorar los rendimientos del cultivo, tuvo efectos positivos en la calidad del ecosistema.

Dentro de los sistemas productivos hortícolas se ha identificado una deficiente disposición de rastrojos orgánicos generados en la cosecha (Haapala et al., 2014; Pérez-Olvera et al., 2014), realidad que incluye la producción nacional de brócoli. En este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica, así como valorar su repercusión en algunas propiedades del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

La investigación se realizó en un terreno agrícola ubicado en la quebrada de Tucos del anexo La Tomilla, distrito Cayma, provincia y región Arequipa, Perú; ubicado a una latitud: 16° 21' 20'' (S); longitud: 71° 30' 10'' (W) y altitud: 2260 m.s.n.m. Las propiedades fisicoquímicas del suelo antes del ensayo fueron: Textura franco arenosa, pH: 7,60; conductividad eléctrica: 2,57 dS m<sup>-1</sup>; materia orgánica: 4,27%; fósforo disponible: 102,21 ppm; potasio disponible: 2324,86 ppm; calcio intercambiable: 15,20 cmol kg<sup>-1</sup>; magnesio intercambiable: 1,44 cmol kg<sup>-1</sup>; potasio intercambiable: 3,205 cmol kg<sup>-1</sup> y sodio intercambiable: 0,826 cmol kg<sup>-1</sup>.

### Material vegetativo y experimental

Como material vegetativo se utilizaron plantines de brócoli cultivar Legacy de 5 cm de tamaño, con una densidad de plantación de 40 cm entre plantas en sistema tresbolillo y 40 cm entre camas (62.500 plantas ha<sup>-1</sup>).

Para el ensayo se utilizó vermicompost proveniente de la alimentación de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con restos de cosechas de brócoli, chala de maíz y estiércol de vacuno previamente compostados (proporción en volumen 2/1/1). Los resultados del análisis de composición del vermicompost utilizado en el ensayo fueron: materia orgánica: 34,68%; fósforo disponible: 1800 ppm; potasio disponible: 7829 ppm; pH: 7,02 y CE: 7,4 dS m<sup>-1</sup>.

El acolchado orgánico consistió en una mezcla

de rastrojos de cosecha de brócoli y rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) procedentes de la granja secados al sol durante 48 horas y picados en trozos de 2 cm de largo, colocando sobre el suelo en un espesor de 5 cm. Para la cobertura plástica se utilizó polietileno de alta densidad de color negro instalado sobre el suelo.

### Diseño experimental

El experimento fue establecido con un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial de parcelas divididas, donde el tipo de cobertura (acolchado orgánico, cobertura plástica, y sin cobertura) se ubicó en las parcelas grandes, y las dosis de vermicompost (4 y 8 t ha<sup>-1</sup>) se colocó en las parcelas pequeñas, cuyas interacciones formaron un total de seis tratamientos con tres repeticiones. Las claves de los tratamientos fueron: cultivo sin cobertura (S), con acolchado orgánico (M) y cobertura plástica (P); incorporaciones de 4 t ha<sup>-1</sup> (H4) y 8 t ha<sup>-1</sup> (H8) de vermicompost aplicado como abono de fondo en dosis completa. La unidad experimental se conformó de 105 plantas ubicadas en parcelas de 16,8 m<sup>2</sup>. Al momento del registro de datos, la unidad de muestreo se conformó de 10 plantas tomadas al azar del centro de cada unidad experimental.

### Evaluaciones

Durante el periodo vegetativo se realizó seguimiento a la altura de planta (cm) a 30, 60 y 90 días del trasplante, mediante una cinta métrica desde el cuello de planta hasta el ápice de crecimiento. Al momento de la cosecha se evaluó el peso de pella (g planta<sup>-1</sup>) y diámetro máximo de pella (cm), rendimiento total (kg ha<sup>-1</sup>), clasificación de pellas según el color, considerando pellas de primera calidad de un color verde intenso mientras que pellas de segunda calidad de color violáceo; la rentabilidad económica del cultivo se calculó en base a los gastos directos e indirectos realizados durante la conducción de la investigación, con la finalidad de evaluar la factibilidad económica para incorporar los tratamientos evaluados en la producción de brócoli en la agricultura local.

Las determinaciones en el suelo se efectuaron al final de la cosecha; se colectaron muestras de 1 kg suelo por cada unidad experimental a 15 cm de profundidad. Para el análisis de materia orgánica las muestras de suelo fueron enviados al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Semillas de la Estación Experimental Agraria Arequipa – INIA; la materia orgánica del suelo se determinó mediante el contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black (Bazán, 2017). La determinación de pH y conductividad eléctrica se realizó mediante lecturas directas en un equipo portátil multiparámetro de la marca

Hanna modelo HI98130. La temperatura del suelo se evaluó in situ a través de un termómetro de la marca Luster leaf – 1635.

### Manejo del experimento

El vermicompost fue incorporado al suelo luego de la formación de las camas como abono de fondo en única dosis. Se extendieron las cintas de riego de 1,2 L H<sup>-1</sup> y se procedió a colocar la cobertura plástica y el acolchado orgánico en un espesor de 5 cm de acuerdo a los tratamientos. Para el trasplante en las camas con la cobertura plástica, se realizaron aberturas pequeñas para poder introducir las plántulas. El abonamiento complementario fue con aplicaciones foliares de biol al 30% a los 30 y 45 días del trasplante y nitrato de amonio (118 kg ha<sup>-1</sup>) vía fertirriego fraccionado entre los 45 y 80 días del trasplante. La frecuencia de riego fue de 3 días por un periodo de 2 horas, empleando un volumen aproximado de 4477,66 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Las condiciones de pH del suelo no fueron propicias para el ataque del hongo *Plasmidiofora brassicae*; para el control de pulgones (*Brevicoryne brassicae*) y la polilla de la col (*Plutella xylostella*)

se aplicó de forma preventiva flubendiamide con alfacipermetrina (250 mL ha<sup>-1</sup>) a los 15 y 35 días del trasplante.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y la prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha < 0,05$ ). Además, se realizó la prueba de correlación de Pearson para establecer relación o dependencia entre variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluaciones en el cultivo de brócoli

La altura de planta fue influenciada significativamente ( $p < 0,05$ ) por el factor tipo de cobertura, factor dosis de vermicompost y la respectiva interacción. Para el efecto de interacción el tratamiento conformado por la cobertura plástica y la incorporación de 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, incrementó la altura de planta a los 30, 60 y 90 DDT, con relación a los demás tratamientos (Tabla 1). Estos resultados adquieren mayor importancia debido a que el rendimiento

**Tabla 1. Altura de planta, peso, diámetro, rendimiento total y clasificado de pellas de brócoli cv. Legacy, observados con la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica.**

**Table 1. Height, weight, diameter, total and sorted yield of broccoli cv. 'Legacy' observed with the use of vermicompost, organic mulch and plastic mulch.**

Factores en estudio	Altura de planta (cm)			Pella unidad		Rendimiento total		
	30	60	90	Peso (g)	Diámetro (cm)	Kg ha <sup>-1</sup>	Categoría (%)	
							Primera	Segunda
Cobertura*								
Plástica	9,38 a	21,67 a	28,40 a	408,90 a	19,55 a	16165,45 a	97	3
Orgánico	8,07 b	18,17 b	24,90 b	296,90 b	17,19 b	12496,58 b	94	6
Sin cobertura	7,21 b	16,69 b	23,32 b	259,45 c	15,10 c	10502,02 c	92	8
Vermicompost*								
8 t ha <sup>-1</sup>	8,41 a	19,59 a	26,30 a	330,80 a	17,74 a	13142,44 a	95	5
4 t ha <sup>-1</sup>	7,12 b	17,76 b	24,78 b	312,70 b	16,12 b	12300,25 b	93	7
Interacción Cobertura x Vermicompost*								
PH8	9,70 a	22,27 a	29,93 a	425,30 a	20,37 a	16666,66 a	98	2
PH4	9,05 ab	21,07 a	26,87 b	392,50 b	18,73 b	15664,24 b	96	4
MH8	8,21 b	19,50 b	25,07 bc	298,50 c	17,47 b	11882,04 c	95	5
MH4	7,92 b	18,83 bc	24,73 bc	295,30 c	16,90 bc	11111,11 c	94	6
SH8	7,31 b	17,00 c	23,90 bc	268,60 cd	15,37 c	10878,62 c	93	7
SH4	7,10 b	16,37 c	22,73 c	250,30 d	14,83 c	10125,41 c	90	10
C.V. (%)	3,92	3,08	3,23	2,52	3,46	3,39		

(\*) Diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). PH8: cobertura plástica + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; PH4: cobertura plástica + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH8: acolchado orgánico + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH4: acolchado orgánico + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH8: sin cobertura + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH4: sin cobertura + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

de pellas tiene una dependencia del 90,3% con respecto a la altura final de plantas ( $r^2=0,903$ ) (Tabla 3).

Al analizar el efecto de cada factor, se puede observar que independientemente de la dosis de vermicompost, la mayor altura de planta se obtuvo con la cobertura plástica; asimismo, independientemente del tipo de cobertura utilizada, la adición de vermicompost en dosis 8 t ha<sup>-1</sup> tuvo mejores resultados de crecimiento de planta respecto a la dosis de 4 t ha<sup>-1</sup>.

Por los resultados alcanzados se infiere que la incorporación de vermicompost al suelo mejoró las propiedades del mismo, mientras que la cobertura de plástico permitió retener la humedad del suelo, suprimir la competencia con malezas e incrementar la temperatura en beneficio del rendimiento de pellas de brócoli (Fig. 1). Resultados similares fueron obtenidos por Peralta-Antonio et al. (2019); Thentu et al. (2016), encontraron que la cobertura con plástico negro en riego por goteo logró rendimientos significativamente mayores respecto a los demás tratamientos. Por su parte, Frutos et al. (2016) reportaron que los valores más altos de altura de planta y producción de pellas de brócoli fueron

alcanzados con el acolchado, con valores entre 18,6 y 31,8 t ha<sup>-1</sup>.

En relación al efecto positivo del vermicompost en el incremento del rendimiento de pellas de brócoli varios investigadores consideran que es un abono orgánico de estructura coloidal, su riqueza en oligoelementos lo convierte en un abono completo; con alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, generando condiciones favorables para el crecimiento de la planta (Damián et al., 2018; Abreu et al., 2018; Cervantes-Vázquez et al., 2022), aspectos que influenciaron en los resultados del presente estudio. Se demostró que el efecto del vermicompost independiente del tipo de cobertura del suelo, obtuvo resultados significativamente superiores en todas las evaluaciones. La relación de la actividad hormonal y los microorganismos que se encuentran en el vermicompost también contribuyen al crecimiento de plantas (Beltrán-Morales et al., 2016). El vermicompost es un abono de calidad apropiada para ser incorporado al suelo debido a que presenta mejor índice de calidad, menor valor de pH, menor salinidad,

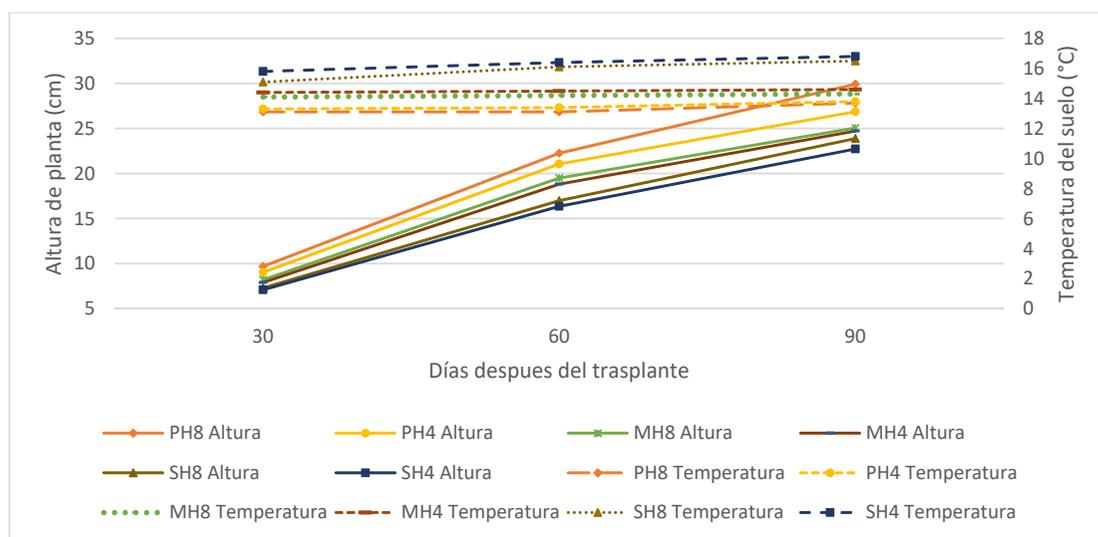


Fig. 1. Altura de plantas de brócoli cv. Legacy y temperatura del suelo por efecto de la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica. PH8: cobertura plástica + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; PH4: cobertura plástica + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH8: acolchado orgánico + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH4: acolchado orgánico + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH8: sin cobertura + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; y SH4: sin cobertura + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

Fig. 1. Height of broccoli plants cv. 'Legacy' and soil temperature with the use of vermicompost, organic mulch and plastic mulch. PH8: plastic cover + 8 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost; PH4: plastic cover + 4 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost; MH8: organic coverage + 8 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost; MH4: organic cover + 4 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost; SH8: without cover + 8 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost; and SH4: without cover + 4 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost.

menor concentración de sodio y mayor humedad retenida (Vásquez y Loli, 2018) mejorando el rendimiento de cultivos.

Respecto al empleo de coberturas del suelo, diversos autores afirman que su uso mejora el aprovechamiento de los nutrientes, especialmente nitrógeno, por menos competencia con malezas y reducción de la lixiviación, aumenta la temperatura y humedad del suelo, acelerando la mineralización de la materia orgánica, incrementa la actividad microbiana, mejora el desarrollo de la rizósfera del cultivo y disminuye la infestación de fitopatógenos (Miles et al., 2012; Rajablariani et al., 2012; Kasirajan y Ngouajio, 2012; Zenner y Peña, 2013; Thentu et al., 2016; Frutos et al., 2016; Ghimire et al., 2018). Asimismo, Haapala et al. (2014) señalaron que es una tecnología que permite mejorar la eficiencia de producción de hortalizas, aumentando el rendimiento y calidad del producto. Las coberturas, tanto de origen orgánico como sintético, disminuyen la compactación del suelo y su efecto depende de composición de las especies, su longitud de crecimiento y aporte de biomasa al suelo (Quezada et al., 2020). Sobre la calidad de pellas, es muy notoria la uniformidad de pellas que se obtienen con el uso de los acolchados, incrementándose el porcentaje de pellas de primera categoría (Tabla 1) y disminuyendo el daño por quemaduras de sol, así el tratamiento PH8 obtuvo un rendimiento de pella de primera del 98% con respecto a la producción total.

### Rentabilidad del cultivo

Los resultados del análisis de rentabilidad (Tabla 2) establecen que las incorporaciones de 4 t

ha<sup>-1</sup> de vermicompost en el suelo combinado con cobertura de plástico alcanzó una rentabilidad del 96,8% mientras que la combinación de 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost sin cobertura obtuvo la menor rentabilidad (24,6%). Debe precisarse que el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento de pellas no logró la mayor rentabilidad, esta condición se atribuye al costo del vermicompost que en cantidades elevadas de incorporación no sería económicamente rentable. También, se evidenció menor inversión en mano de obra al utilizar cobertura de plástico y cobertura orgánica sobre el suelo.

### Correlaciones

Según resultados de la prueba de correlación lineal entre el rendimiento total de pellas de brócoli y evaluaciones complementarias en el cultivo (Tabla 3) demuestran que la mejor relación funcional directa se obtuvo entre el rendimiento de pellas (variable dependiente) y el peso promedio de pellas (variable independiente) con un coeficiente de correlación (r): 0,994; el coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>): 0,988 explica que el 98,6% del rendimiento total depende del peso promedio de pellas. Para esta relación el coeficiente de regresión (b) indica que si el peso promedio de pellas se incrementa en una unidad el rendimiento también se incrementaría en 38,65 unidades; el coeficiente de intersección (a) refiere que la línea de regresión se intercepta con el eje de las coordenadas a una distancia del origen de 286,35. Así, la ecuación para la regresión lineal simple entre rendimiento total y el peso promedio de pellas de brócoli fue la siguiente:  $y = 286,35 + 38,65 (x)$ .

**Tabla 2. Análisis de rentabilidad del cultivo de cultivo de brócoli cv. Legacy por efecto de la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica.**

**Table 2. Profitability analysis of broccoli crop cv. 'Legacy' with the use of vermicompost, organic mulch and plastic mulch.**

Tratamientos	CD <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	CT <sup>3</sup>	Rdto <sup>4</sup>	IT <sup>5</sup>	IN <sup>6</sup>	R <sup>7</sup>
PH8	3308,85	770,80	4079,65	16666,66	7374,34	3294,96	80,8%
PH4	2836,87	685,84	3522,71	15664,24	6930,97	3408,35	96,8%
MH8	3124,48	737,46	3861,95	11882,04	5257,52	1395,43	36,1%
MH4	2652,51	652,51	3305,01	11111,11	4916,22	1611,24	48,7%
SH8	3124,48	737,46	3861,95	10878,62	4813,27	951,44	24,6%
SH4	2652,51	652,51	3305,01	10125,41	4480,24	1175,09	35,6%

<sup>1</sup>CD: costos directos; <sup>2</sup>CI: costos indirectos; <sup>3</sup>CT: costo total; <sup>4</sup>Rdto: Rendimiento t ha<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>IT: ingreso total, precio de venta \$USD 0,44/kg (IT: Rendimiento x precio de venta); <sup>6</sup>IN: ingreso neto (IN: IT -CT); <sup>7</sup>R: rentabilidad (R: IN/CT x 100). Costos en USD. PH8: cobertura plástica + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; PH4: cobertura plástica + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH8: acolchado orgánico + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH4: acolchado orgánico + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH8: sin cobertura + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH4: sin cobertura + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

**Tabla 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento total y otras variables en el cultivo de brócoli cv. Legacy por efecto de la utilización de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica.**

**Table 3. Pearson's coefficient of achievement between total yield and other variables in broccoli crop cv. 'Legacy' with the use of vermicompost, organic mulch and plastic mulch.**

Evaluaciones complementarias	r	r <sup>2</sup>	b	a	s.e. (0,01)	Significación estadística
Altura de planta	0,950	0,903	1022,94	-13402,90	0,708	**
Peso de pellas	0,994	0,988	38,65	286,35	0,708	**
Diámetro de pellas	0,942	0,887	1247,12	-8826,85	0,708	**

r: coeficiente de correlación; r<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; b: coeficiente de regresión; a: coeficiente de intersección; s.e.: Significación estadística del coeficiente de correlación; NS: no significativo; (\*\*) Diferencia estadística significativa.

### Evaluaciones en el suelo

El mayor contenido de materia orgánica residual del suelo se registró al emplear cobertura de plástico con incorporaciones de 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost (PH8) en cambio para SH4, MH4 y PH4 se detectaron los menores valores de materia orgánica (Tabla 4). La tendencia de resultados de materia orgánica del suelo refiere que aplicaciones de 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost contienen mayor materia orgánica con respecto a los tratamientos donde se aplicaron 4 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, entre PH8, MH8 y SH8 no existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de materia orgánica del suelo.

La incorporación de acolchado orgánico al suelo al incrementar la materia orgánica del suelo, mejoró la humedad y favoreció varias propiedades del suelo (Frutos et al., 2016); los residuos orgánicos cuando son utilizados como acolchado tienen efecto favorable en los cultivos y las propiedades químicas y biológicas del suelo (Hooker et al., 2008). Considerando que el nivel inicial materia orgánica del suelo fue 4,27%, se evidencia que los suelos sufrieron una disminución de materia orgánica con excepción al tratamiento PH8 donde luego de la cosecha de brócoli la materia orgánica el contenido se mantuvo constante. El vermicompost es una fuente de materia orgánica muy estable, formado por compuestos complejos que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, esta enmienda acondiciona al suelo para que la planta pueda tomar mayor cantidad de nutrientes favoreciendo el rendimiento (Vásquez y Loli, 2018). El pH del suelo fue favorecido por la cobertura de plástico con incorporaciones de vermicompost (PH4; PH8), debido a que registró valores cercanos a la neutralidad que viabilizaron la disponibilidad de nutrientes del suelo, evidenciando diferencia estadística significativa

frente a las demás interacciones, siendo el nivel inicial de pH 7,6; estas interacciones lograron disminuir el pH probablemente debido a un efectivo proceso de descomposición de vermicompost bajo cobertura plástica. La descomposición de la materia orgánica del suelo genera la formación de ácidos húmicos, fúlvicos y huminas disminuyendo el pH del suelo (Julca-Otiniano et al., 2006).

Los tratamientos PH4 y PH8 que corresponden a aplicaciones de vermicompost con cobertura plástica disminuyeron la salinidad del suelo desde un nivel inicial de 2,57 dSm<sup>-1</sup> con evidencia de diferencia estadística significativa; esta determinación cobra importancia debido a que, en suelos de zona áridas o semiáridas, la salinidad es un aspecto crítico que debe controlarse o mejor prevenirse (Otero et al., 2008). La salinidad del suelo ocasiona el incremento de presión osmótica de agua del suelo que limita la absorción de agua mediante su sistema radicular generando un desbalance de nutrientes en los cultivos provocando disminución del rendimiento y afectación a la calidad del suelo (Mau y Porporato, 2015). El calentamiento del suelo fue mayor cuando se empleó cobertura de plástico con incorporaciones de vermicompost (PH4, PH8) con diferencia estadística significativa respecto a temperaturas de suelo registrados cuando se utilizó acolchado orgánico; al respecto, Sinkevicienė et al. (2009) al evaluar el efecto de acolchados orgánicos en las propiedades del suelo, encontraron que todos los mantillos orgánicos examinados disminuyeron significativamente la temperatura del suelo. En general, el calentamiento del suelo por efecto del uso de plástico no puede ser directamente atribuido a su utilización; serán las condiciones de manejo del cultivo, el sistema de riego y la variabilidad climática del entorno que determinan las variaciones de temperatura del suelo.

**Tabla 4. Materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T) del suelo experimental bajo los diferentes tratamientos.****Table 4. Organic matter (OM), pH, electrical conductivity (EC), and temperature (T) of the experimental soil under the different treatments.**

Tratamientos	MO (%)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	T (°C)
SH4	3,02 b	7,9 a	2,75 a	13,3 c
SH8	4,18 a	7,7 a	2,64 a	13,5 c
MH4	3,02 b	7,6 a	2,05 b	14,2 b
MH8	3,91 a	7,5 a	1,98 b	14,5 b
PH4	2,85 b	7,2 b	1,52 c	15,9 a
PH8	4,27 a	7,1 b	1,22 c	16,3 a

(\*) Letras iguales en columnas refieren que no existe diferencia estadística significativa entre ellos. Tukey  $\alpha = 0,05$ . PH8: cobertura plástica + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; PH4: cobertura plástica + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH8: acolchado orgánico + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; MH4: acolchado orgánico + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH8: sin cobertura + 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost; SH4: sin cobertura + 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

## CONCLUSIONES

La incorporación de 8 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost con cobertura de plástico favoreció la cosecha de brócoli, logrando un rendimiento total de pellas de 16666,66 t ha<sup>-1</sup>, de los cuales 98% corresponden a pellas de primera y 2% son pellas de segunda. Asimismo, este tratamiento mantuvo las propiedades del suelo como materia orgánica (4,27%); pH (7,1); salinidad (1,22 dS cm<sup>-1</sup>) y temperatura (13,3 °C) en valores aceptables para el cultivo de brócoli. La mayor rentabilidad del cultivo llegó a 96,8% debido a incorporaciones de 4 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost al suelo con cobertura de plástico. Se sugiere continuar evaluando localmente esta tecnología con fines de mejorar la gestión de materias orgánicas, el rendimiento de cultivos hortícolas y la calidad de los suelos.

## LITERATURA CITADA

- Abreu, E., E. Araujo, S. Rodríguez, L. Valdivia, L. Fuentes, y Y. Pérez. 2018. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. Centro Agrícola 45(1): 52-61. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000100007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100007&lng=es&tlng=es).
- Bazán, T.R. 2017. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, Lima, Perú. Disponible en: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Beltrán-Morales, F.A., J. L. García-Hernández, F. H. Ruiz- Espinoza, P. Preciado-Rangel, M. Fortis- Hernández, A. González-Zamora, et al. 2016. Efectos de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 3(7): 143-149. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000100015](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100015)
- Bhattarai, P., B., Lamichhane, P. Subedi, A. Khanal, S. Burlakoti, and J. Shrestha. 2022. Effect of different levels of charcoal and nitrogen on growth and yield traits of broccoli. Agraarteaus 33(1): 59-66. <https://doi.org/10.15159/jas.22.02>
- Boza, S., M. Cortés, C. Prieto y T. Muñoz. 2019. La horticultura en la zona central de Chile: caracterización y actitudes de los pequeños agricultores. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences 35(1): 57-67. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000201>
- Cervantes-Vázquez, T., P. Preciado-Rangel, M. Fortis-Hernández, A. Valenzuela-García, J. García-Hernández y M. Cervantes-Vázquez. 2022. Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Terra Latinoamericana 40: 1-13. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>
- Cuellas, M. 2017. Horticultura periurbana, análisis de la fertilidad de los suelos en invernaderos. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences 33(2): 163-173. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902017005000502>

- Damian, M., F. Gonzáles, P. Quiñones, y J. Terán. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y Humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa* 25(1): 141-158. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Farnham, M., and T. Björkman. 2011. Evaluation of experimental broccoli hybrids develop for summer production in the Eastern United States. *Hort. Science* 46(6): 858-863. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.6.858>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. 2023. Food and agriculture data. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Frutos, V., M. Pérez y D. Risco. 2016. Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en Ecuador. *Idesia* 34(6): 61-66. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000038>.
- Ghimire, S., D. Hayes, J. Cowan, D. Inglis, L. DeVetter, and C. Miles. 2018. biodegradable plastic mulch and suitability for sustainable and organic agriculture. Washington State University WSU - USA. Disponible en: <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2181/2021/07/Biodegradable-Plastic-Mulch-And-Suitability-for-Sustainable-and-Organic-Agriculture.pdf>
- Haapala, T., P. Palonen, P., A. Korpela, and J. Ahokas. 2014. Feasibility of paper mulches in crop production: a review. *Agricultural and Food Science* 23(1): 60-79. <https://doi.org/10.23986/afsci.8542>
- Hooker, K.V., C.E. Coxon, R. Hackett, L.E. Kirwan, E. O’Keeffe, and K.G. Richards. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. *Journal of Environmental Quality* 37: 138-145. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0547>
- Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Blas-Sevillano y S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1): 49-61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Kasirajan, N., and M. Ngouajio. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 32(2): 501-529. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3>
- Mau, Y., and A. Porporato. 2015. A dynamical system approach to soil salinity and sodicity. *Advances in Water Resources* 83: 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.05.010>
- Miles, C., R. Wallace, A. Wszelati, J. Martin, J. Cowan, T. Walters, et al. 2012. Deterioration of potentially biodegradable alternatives to black plastic mulch in three tomato production regions. *HortScience* 47 (9): 1270-1277. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.9.1270>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú – MIDAGRI. 2022. Compendio anual de producción “Producción agrícola”. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>
- Montaner, C., C. Mallor, S. Laguna, and R. Zufiaurre. 2023. Bioactive compounds, antioxidant activity, and mineral content of bróquil: A traditional crop of *Brassica oleracea* var. *italica*. *Frontiers in Nutrition* 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1006012>
- Otero, L., A. Francisco, V. Gálvez, R. Morales, I. Sánchez, M. Labaut, et al. 2008. Caracterización y evaluación de la salinidad. Edit. Richards L.A., México. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0223-42262013000100017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0223-42262013000100017)
- Peralta-Antonio, N., G.B. de Freitas, M. Watthier, and R.H.S. Santos. 2019. Compost, bokashi and efficient microorganisms: Their benefits in successive crops of broccoli. *Idesia* 37(2): 59-66. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
- Pérez-Olvera, A., R. García-Mateos, M. Pérez y H. Navarro-Garza. 2014. Sistema de producción y parámetros de calidad agronómica de brócoli en Mixquic, D.F. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(8): 1459-1468. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000800010](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000800010)
- Ponjičan, O., F. Kiss, Ilin, B. Adamović, V. Sabadoš, A. Sedlar, and V. Višacki. 2021. Influence of plastic mulch and fertilization on the environmental impact of spring cabbage production. *European Journal of Agronomy* 122. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126170>
- Puech, C., A. Brulaire, J. Paraiso, and V. Faloya. 2021. Collective design of innovative agroecological cropping systems for the industrial vegetable sector. *Agricultural Systems* 191:103153. <https://doi.org/103153.10.1016/j.agsy.2021.103153>.
- Quezada, C., M. Sandoval, C. Ovalle y V. Pérez. 2020. Influencia de cubiertas vegetales en la disponibilidad de agua y rendimiento en viñedos de secano. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* 36(2):140-150. <https://doi.org/10.29393/CHJAAAS36-12ICCCQ40012>

- Rajabliari, H., F. Hassankhan, and R. Rafezi. 2012. Effect of Colored Plastic Mulches on Yield of Tomato and Weed Biomass. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(6): 590-593. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.291>
- Rodríguez-Ortiz, J. C., F.D.J. Carballo-Méndez, P. Preciado-Rangel, M.D.C. Hernández-Coronado, H. Rodríguez-Fuentes, and C.J. Lozano-Cavazos. 2021. Broccoli seedling production in response to recognized organic inputs. *International Journal of Agriculture and Biology* 26(3): 436-442. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1854>
- Sinkevičienė, A., D. Jodaugienė, R. Pupalienė, and M. Urbonienė. 2009. The influence of organic mulches on soil properties and crop yield. *Agronomy Research* 7 (I): 485-491. Disponible en: <https://agronomy.emu.ee/vol07Spec1/p7s153.pdf>
- Soengas, P., P. Velasco, J.C. Fernández, and M. E. Cartea. 2021. New Vegetable Brassica Foods: A Promising Source of Bioactive Compounds. *Foods* 10(12):2911. <https://doi.org/10.3390/foods10122911>
- Thentu, T.L., D. Dutta, D. Mudi, and A. Saha. 2016. Performance of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) under drip irrigation and mulch. *Journal of Applied and Natural Science* 8(3): 1410-1415. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.974>
- Vázquez, J. y O. Loli. 2018. Compost y humus de lombriz como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 43-52. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Vivanco-Estrada, R.A., F. Gavi-Reyes, D. Razo-Contreras, E. Sánchez-Rodríguez y A. Coria-Téllez. 2017. Incremento de la calidad y menor costo de producción de brócoli (*Brassica oleracea* L.) mediante nutrición balanceada vía fertirriego. *Agroproductividad* 10(9): 15-19. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/184/146>
- Zenner, I. y F. Peña. 2013. Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 16(1): 139-150. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262013000100017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100017)