



## Fertilización de la col (*Brassica oleracea* L.) en una aplicación de la agricultura orgánica utilizando compost

### ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.282>

Fertilization of cabbage (*Brassica oleracea* L.) in an organic farming application using compost

Fertilização da couve (*Brassica oleracea* L.) em modo de produção biológico com compostos

José Antonio Legua Cárdenas   
jlegua@unjfsc.edu.pe

Ángel Hugo Campos Díaz   
acampos@unjfsc.edu.pe

Ranulfo Flores Briceño   
rflores@unjfsc.edu.pe

María Cleofé Saucedo López   
msaucedo@unjfsc.edu.pe

Felix Gil Caro Soto   
fcaro@unjfsc.edu.pe

Denisse Jesús Vélez Chang   
denissej.velez@gmail.com

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú

Artículo recibido 2 de abril 2024 / Arbitrado 26 de abril 2024 / Publicado 2 de mayo 2024

### RESUMEN

Los subproductos en la fabricación del azúcar y alcohol, como bagazo y vinaza, en su mayor parte no se les da un buen uso sin generar contaminación al aire y/o suelos; así, por ejemplo, el bagazo se utiliza como combustible para los calderos en algunas fábricas azucareras. Se experimentó el cultivo de la col (*Brassica oleracea* L.) fertilizándolo con compost a partir de: bagazo, vinaza, hierba seca y guano de cuy, reemplazando a los fertilizantes químicos, reduciendo la contaminación del suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de un abono sobre el crecimiento de plantas de la col y en el análisis químico y de microscopía estomática foliar de la col; también se determinó la influencia del abono sobre las variables morfológicas de la col: 1) altura, peso, diámetro ecuatorial y rendimiento; 2) longitud y peso de las raíces. Se empleó el diseño de bloques completamente al azar que constó de tres bloques y cinco tratamientos, los cuales fueron  $T_1 = 0$ ,  $T_2 = 8000$ ,  $T_3 = 10000$ ,  $T_4 = 12000$  y  $T_5 = 14000$  (kg ha<sup>-1</sup>) que se aplicó a los 10 días después del trasplante. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y prueba de Tukey, cuyos resultados determinaron que  $T_5$  destacó en rendimiento con 36.09 t ha<sup>-1</sup>, peso de raíz con 76.16 g, peso de la col con 821.23 g. Concerniente al análisis químico foliar,  $T_5$  destacó en fósforo, potasio, calcio, boro y en el análisis estomático,  $T_4$  con 642.86 estomas mm<sup>-2</sup>. Se concluye que a mayor dosis de compost que corresponde al tratamiento  $T_5$  se obtuvo efecto en el aumento de biomasa y rendimiento de la col, diferenciándose en 8.09 %, superior al obtenido en relación al tratamiento testigo.

**Palabras clave:** *Brassica oleracea* L.; Fertilizante orgánico; Densidad estomática; Rendimiento

### ABSTRACT

By-products in the production of sugar and alcohol, such as bagasse and vinasse, are mostly not put to good use without causing air and/or soil pollution. For instance, bagasse is used as fuel for boilers in some sugar mills. The cultivation of cabbage (*Brassica oleracea* L.) was experimented with by fertilizing it with compost made from bagasse, vinasse, dry grass, and guinea pig manure, replacing chemical fertilizers and reducing soil pollution. The objective was to evaluate the effect of a fertilizer on the growth of cabbage plants and on the chemical analysis and stomatal microscopy of cabbage leaves. The influence of the fertilizer on the morphometric variables of cabbage was also determined: 1) height, weight, equatorial diameter, and yield; 2) length and weight of the roots. A completely randomized block design was used, consisting of three blocks and five treatments, which were  $T_1 = 0$ ,  $T_2 = 8000$ ,  $T_3 = 10000$ ,  $T_4 = 12000$ , and  $T_5 = 14000$  (kg ha<sup>-1</sup>) applied 10 days after transplanting. Data were processed using analysis of variance and Tukey's test, whose results determined that  $T_5$  stood out in yield with 36.09 t ha<sup>-1</sup>, root weight with 76.16 g, and cabbage weight with 821.23 g. Regarding foliar chemical analysis,  $T_5$  stood out in phosphorus, potassium, calcium, boron, and in stomatal analysis,  $T_4$  with 642.86 stomata mm<sup>-2</sup>. It is concluded that the higher dose of compost corresponding to treatment  $T_5$  resulted in an increase in biomass and yield of cabbage, differing by 8.09%, higher than that obtained in relation to the control treatment.

**Key words:** *Brassica oleracea* L.; Organic fertilizer; Stomatal density; Yield

### RESUMO

Os subprodutos na fabricação de açúcar e álcool, como bagaço e vinhaça, na sua maioria não são bem utilizados sem gerar poluição do ar e/ou solo; assim, por exemplo, o bagaço é utilizado como combustível para as caldeiras em algumas fábricas de açúcar. Foi experimentado o cultivo de repolho (*Brassica oleracea* L.) fertilizando-o com composto a partir de: bagaço, vinhaça, capim seco e esterco de cobaia, substituindo os fertilizantes químicos e reduzindo a poluição do solo. O objetivo foi avaliar o efeito de um fertilizante sobre o crescimento de plantas de repolho e na análise química e de microscopia estomática foliar do repolho; também foi determinada a influência do fertilizante sobre as variáveis morfológicas do repolho: 1) altura, peso, diâmetro equatorial e rendimento; 2) comprimento e peso das raízes. Utilizou-se o delineamento de blocos completamente ao acaso, constituído de três blocos e cinco tratamentos, que foram  $T_1 = 0$ ,  $T_2 = 8000$ ,  $T_3 = 10000$ ,  $T_4 = 12000$  e  $T_5 = 14000$  (kg ha<sup>-1</sup>) aplicados aos 10 dias após o transplante. Os dados foram processados por meio de análise de variância e teste de Tukey, cujos resultados determinaram que o  $T_5$  se destacou em rendimento com 36,09 t ha<sup>-1</sup>, peso da raiz com 76,16 g, peso de o repolho com 821,23 g. Em relação à análise química foliar, o  $T_5$  destacou-se em fósforo, potássio, cálcio, boro e na análise estomática, o  $T_4$  com 642,86 estômatos mm<sup>-2</sup>. Conclui-se que a maior dose de composto correspondente ao tratamento  $T_5$  resultou no aumento da biomassa e rendimento do repolho, diferenciando-se em 8,09%, superior ao obtido em relação ao tratamento controle.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea* L.; Fertilizante orgânico; Densidade estomática; Rendimento

## INTRODUCCIÓN

Los residuos por la producción industrial del azúcar y alcohol, como el bagazo y la vinaza no han tenido o tienen en la actualidad una disposición final que no impacte negativamente al medio ambiente. La producción de azúcar genera una cantidad significativa de residuos sólidos y efluentes (1), por lo que la gestión ambiental de los residuos y efluentes de las fábricas de azúcar es muy importante para mitigar o eliminar problemas ambientales, como por ejemplo evitar el vertimiento del efluente vinaza a los campos agrícolas.

Una adecuada disposición final de los residuos de la caña de azúcar, sería el aprovechamiento de este residuo para la elaboración de productos óptimamente biodegradados, como el compost bajo ciertos parámetros de control de los niveles de transformación de la materia orgánica en inorgánica, utilizando residuos de bagazo y vinaza y otros componentes. Además de la melaza, otros desechos como el bagazo, el lodo prensado, el agua de lavado y la vinaza que también se descargan durante las distintas etapas del procesamiento del azúcar. Dichos productos pueden ser utilizados para varios procesos biológicos y químicos, como por ejemplo para fertilizantes fosfatados (2). La cachaza, la ceniza y el bagazo, subproductos obtenidos del proceso azucarero, son adecuados también para ser utilizados como materia prima en la elaboración de compost (3).

Cabe mencionar que la fertilización orgánica tiene beneficios en las propiedades del suelo, puesto que promueve el desarrollo biológico y disponibilidad de macro y micronutrientes, para el desarrollo de la planta. Un aprovechamiento adecuado de residuos agroindustriales podría tener un impacto en la productividad agrícola y la fertilidad del suelo a través de la aplicación de compost, este es un producto útil, que contribuye a mejorar la calidad física, química y biológica de suelos, además de incrementar su contenido de materia orgánica y fertilidad (4).

Los objetivos a desarrollar en el manuscrito son evaluar la influencia en el desarrollo vegetativo de las plantas de la col por efecto de la aplicación dosificada del abono compostado de una proporción carbono nitrógenos C/N = 13.62. Esta influencia se evalúa mediante el análisis químico y por microscopía estomática foliar. También se evalúa el efecto de las dosis aplicadas a las plantas de la col sobre sus características físicas, tales como: altura, peso, diámetro ecuatorial, rendimiento comercial y peso de la planta, así también longitud y peso de las raíces de la planta de la col. La importancia de este estudio es promover la aplicación de residuos y efluentes derivados de la industria alimentaria, estos subproductos con predominante constitución orgánica que, ecológicamente modificados, se puedan utilizar como fertilizantes orgánicos, sumándose al cumplimiento de los objetivos para la protección y enmienda de suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio experimental

Se establecieron los experimentos en el distrito de Supe de la ciudad de Barranca, Lima, Perú, en el ciclo agrícola verano-otoño (V-O), de inicios de mayo a finales de julio de 2018. Se ubicó en las coordenadas de 10° 47' 21.966" de latitud S y 77° 44' 9.315" de longitud O, a 84 msnm, en condiciones, por el periodo de mayo-julio, de temperatura entre 14.58-22.19 °C y precipitación media 0.199 mm/día (5).

Se tomaron muestras de suelo para su análisis químico completo, mediante submuestras de suelo seleccionadas al azar de diferentes puntos del terreno de cultivo a utilizar, a una profundidad de promedio de 25 cm para las 12 submuestras consideradas de 2 kg c/u, que se llevaron al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria de Huaral (INIA). Para la toma de muestra se requiere preparar una muestra compuesta de 10 a 15 submuestras extraídas de partes homogéneas del lote (6).

### Tratamientos y diseño experimental

Se utilizaron semillas certificadas de la col de la variedad Corazón de Buey (cabeza cónica), antes de ser aplicadas al suelo, se hicieron todas las labores culturales del cultivo, como la delimitación de las parcelas, preparación del suelo, separación de la maleza y riego, para optimizar el desarrollo y crecimiento del cultivo. No se utilizó ningún tipo de fertilizante químico.

Se aplicó la semilla de la col a la cama del semillero al voleo para la obtención de los almácigos, transcurridos 30 días calendarios, se hizo el trasplante al suelo definitivo. La siembra del material vegetativo se hizo a una distancia de 60 cm de hilera por 30 cm entre planta, en parcelas de 5.6 m de largo y 1.2 m de ancho, el área neta total utilizada para los 3 bloques y 5 tratamientos fue de 100.80 m<sup>2</sup>, para 480 plantas de la col. Después de 10 días del trasplante, se aplicó el compost en una cantidad de acuerdo a la concentración de nutrientes del suelo y del compost, determinados por análisis químico y por la información histórica de compost de otras procedencias que aplican los agricultores de zonas colindantes del sitio experimental seleccionado, que es de 8 a 10 t ha<sup>-1</sup> para cultivos de hortalizas como la col. La aplicación de dosis referencial de enmiendas orgánicas para el cultivo repollo es de 7 a 10 t ha<sup>-1</sup> de semi compostado y de 10 a 16 t ha<sup>-1</sup> de compost, (7).

### Métodos de análisis químicos

Para el caso del análisis del suelo el INIA, para el caso de la determinación de los cationes intercambiables, utilizó la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RENAT-2000. Segunda Sección ítem 7.1.9 AS-09.2000. CIC: capacidad de intercambio catiónico, MO: materia orgánica, CE: conductividad electrolítica. Respecto a los resultados de análisis de concentración de los micronutrientes del suelo, el INIA utilizó el método de extracción con extractante ASI (0.25 NaHCO<sub>3</sub>-0.01 M EDTA-0.01N NH<sub>4</sub>F)

## Preparación del Compost

Se elaboró el abono, utilizando bagazo, vinaza, guano de cuy (*Cavia porcellus*) y hierba seca, los cuales se dejaron compostar en tiempo de verano, desde inicios de enero a fines de mayo (5 meses) a fin de asegurar la biodegradación de su mayor parte de su materia orgánica. El compostaje se realizó utilizando tres formulaciones, de diferentes pesos en sus componentes para encontrar el resultado más óptimo, según monitoreo de esta biodegradación química y biológica. El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de sustrato, temperatura, pH y la relación C: N (8). Se preparó el compost en tres fosas con las mismas dimensiones, que son las siguientes: 150, 60 y 40 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente, resultando la más óptima, por comparación de los indicadores de la evolución del compostaje de las muestras

evaluadas, que fueron: Temperatura, pH, % humedad, color y olor, la formulación: hierba seca (25 kg), guano de cuy (25 kg), bagazo de la caña de azúcar (35 kg) y vinaza, efluente de la fermentación y destilación del jugo de caña de azúcar (25 L) con un C:N final de 13.62. Se instaló el sitio experimental agrícola, para lo cual se empleó el modelo estadístico del diseño de bloques completamente al azar que constó de tres bloques y cinco tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis completo de suelo (realizadas por el INIA) se muestran en la Tabla 1, donde se incluyen las concentraciones de los cationes intercambiables, observando que el elemento químico Ca se encuentra con un valor elevado, otros elementos químicos como el Mg, Na y K están en valores medios de acuerdo con los márgenes de McKean (9), la capacidad de intercambio catiónico (CIC-E) se observa que está en valor bajo.

**Tabla 1.** Características químicas del suelo antes de la siembra. Ciclo agrícola V-O 2018.

C.E. mScm-1 1:2.5	pH 1:2.5	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Cationes intercambiables (Meq/100 g suelo)				CIC
							Ca	Mg	Na	K	
1.20	6.88	1.37	0.07	13	212	1.77	17.00	0.69	0.30	0.55	18.60

Fuente. McKean (9).

Los resultados de la concentración de nutrientes del área del suelo utilizado se presentan en la Tabla 2, se aprecia una baja concentración de zinc y boro y exceso en cobre; por lo que se recomienda la aplicación de materia orgánica para la disponibilidad de micronutrientes favorables para el rendimiento. De acuerdo a

los resultados del análisis completo de suelo, se hicieron las siguientes observaciones: Una baja concentración de nitrógeno y materia orgánica; fósforo y potasio se encuentran en concentraciones medias y el pH está en un valor neutro, según parámetros (10).

**Tabla 2.** Análisis de suelo de concentración de nutrientes del área experimental.

Microelementos (ppm)			
Fe	Zn	Cu	B
103.90	7.62	11.04	1.56
Normal	Bajo	Alto	Bajo

Fuente. Prialé (10).

Los resultados de análisis de compost Tabla 3, se observa que destaca la concentración de nutrientes del compost, un mayor porcentaje de: materia orgánica, carbono y relación CN-1 (11); baja

concentración de: nitrógeno, fósforo, potasio y óxido de magnesio. Asimismo, un pH ligeramente alcalino (12).

**Tabla 3.** Análisis de básico de abono orgánico (compost).

pH 1:2.5	C.E. Ms/cm 1.2.5	Humedad (%)	MO (%)	C (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	C/N
7.95	4.25	44.96	26.79	15.53	1.14	1.68	0.82	2.85	0.34	13.62

Fuente. (11,12).

A partir de la información referida sobre la dosificación de abonos de enmienda del suelo, se elaboró la Tabla 4.

**Tabla 4.** Dosis de compost por tratamiento para cultivo de la col.

Tratamiento	Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	0
T <sub>2</sub>	8000
T <sub>3</sub>	10000
T <sub>4</sub>	12000
T <sub>5</sub>	14000

## Manejo agronómico

El control de las malezas se realizó de forma mecánica, por corte frecuente y arranque en la etapa vegetativa y posteriormente se aplicaron al cultivo de la col, desde las primeras etapas de crecimiento vegetativo el plaguicida Tifón 4E (Chlorpyrifos,  $0.4 \text{ L ha}^{-1}$ ) para el control de gusano de las coles y pulgón, Argon (Imidacloprid,  $0.3\text{-}0.4 \text{ L ha}^{-1}$ ) para combatir a la mosca blanca y minador de hojas.

Se evaluó el resultado de cada tratamiento por efecto de la aplicación del compost obtenido, por lo que se realizó el análisis químico completo foliar en el INIA.

## Variables respuesta

Las variables evaluadas al final de la etapa del desarrollo vegetativo de la col, fueron: 1) altura de la planta (medida desde la base de la planta hasta el meristemo apical, en cm), longitud de las raíces de la planta (la de mayor longitud desde la base de la planta, en cm) y diámetro ecuatorial (luego de un corte transversal a la col, se midió el mayor diámetro de la col, en cm) para todas estas mediciones se utilizó una regla de acero graduada en mm; 2) peso total por planta (g) y peso de las raíces en (g), se utilizó para estas medidas una balanza de precisión (Ohaus, Parsippany, New Jersey, EUA) y 3) rendimiento.

En la cosecha de las cabezas de la col, se tomaron muestras de hojas representativas de cada tratamiento, y el mismo día de su corte de la planta en bolsas de papel se llevaron para al laboratorio del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) de Huaral. También se realizó el análisis de la densidad estomática foliar (lado haz) de la col, tomando los mismos criterios en la selección de las hojas de la col (tercera hoja, contada de afuera hacia el centro de la col), en el laboratorio de Microscopía de la Universidad, se usó el equipo: Microscopio Electrónico de Barrido Modelo Prisma E. (Thermo Fisher Scientific, México).

## Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos de las características físicas de la col, se procesaron con análisis de varianza y luego se comparó con los valores F de la distribución de Fisher al 5 % de error, que determinó la significancia estadística; es decir, si hubo efecto de dosis de compost sobre las variables respuesta vinculadas a las características físicas del cultivo col (11). En la Tabla 5 se detallan los componentes del análisis de varianza.

**Tabla 5.** Análisis de varianza de bloques y tratamiento aleatorio.

Fuente de Variación	SC 2	GI	CM	Model I E(CM)	Model II E(CM)	F. cal
Bloques	SC <sub>b</sub>	b - 1	CM <sub>b</sub> =SC <sub>b</sub> /b-1	(σ <sup>2</sup> <sub>e</sub> + Σβ <sup>2</sup> )/ (b - 1)	σ <sup>2</sup> <sub>e</sub> + tσ <sup>2</sup> <sub>β</sub>	CM <sub>b</sub> /CM <sub>e</sub>
Tratamientos	SC <sub>t</sub>	T - 1	CM <sub>t</sub> =SC <sub>t</sub> /t-1	(σ <sup>2</sup> <sub>e</sub> + bΣT <sup>2</sup> )/ (t - 1)	σ <sup>2</sup> <sub>e</sub> +bσ <sup>2</sup> <sub>t</sub>	CM <sub>t</sub> /CM <sub>e</sub>
Error	SC <sub>e</sub>	(b-1)(t-1)	CM <sub>e</sub> =SC <sub>e</sub> /(b-1)(t-1)	σ <sup>2</sup> <sub>e</sub>	σ <sup>2</sup> <sub>e</sub>	
<b>Total</b>	<b>SC<sub>t</sub></b>	<b>bt - 1</b>				

Fuente. (12).

Se realizó análisis de varianza de cada variable (características físicas de la col) utilizando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2022). Luego se procesaron los datos con la Prueba de Tukey (P ≤ 0.05), para determinar el tratamiento que destacó con relación a los demás y su diferenciación u homogeneidad, calificado por letras.

se detalla en la Tabla 6, se aprecia que el tratamiento T<sub>5</sub> destacó en altura de planta, diámetro ecuatorial, longitud de raíz y rendimiento, verificándose en todos los tratamientos, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> que a mayor dosis de compost se obtuvo mayor rendimiento con respecto al tratamiento testigo, T<sub>1</sub>.

### Características físicas del cultivo

Concerniente a la evaluación de las características físicas del cultivo de la col que

**Tabla 6.** Características físicas de la col de acuerdo con las dosis de compost aplicadas.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Rendimiento Comercial (t ha <sup>-1</sup> )	Peso de las raíces (g/raíz)	Peso de col (g/planta)	Tratamiento	Diámetro ecuatorial (cm/planta)	Longitud de la raíz (cm/planta)
T <sub>5</sub>	17.05 a	36.09 a	76.16 a	821.23 a	T <sub>4</sub>	13.51 a	33.75 a
T <sub>4</sub>	16.45 a	31.12 a	75.26 a	785.63 a	T <sub>5</sub>	13.15 a	33.03 a
T <sub>3</sub>	16.15 a	28.58 a	74.11 a	705.24 a	T <sub>3</sub>	12.74 a	32.55 a
T <sub>2</sub>	15.89 a	26.85 a	73.28 a	625.85 a	T <sub>2</sub>	12.31 a	31.04 a
T <sub>1</sub>	15.67 a	24.77 a	72.63 a	595.83 a	T <sub>1</sub>	11.89 a	30.00 a
<b>Significancia:</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>Significancia:</b>	<b>**</b>	<b>**</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>13.26</b>	<b>35.27</b>	<b>28.72</b>	<b>48.45</b>	<b>C.V. (%)</b>	<b>12.48</b>	<b>10.16</b>

## Análisis foliar

En cuanto al análisis foliar que se detalla en la Tabla 7, se aprecia que los porcentajes contenidos en fósforo, potasio, calcio y boro en las hojas, en algunos de los tratamientos se encuentran en mayores concentraciones respecto a los valores

normales; observándose una parcial influencia en el rendimiento del cultivo de la col. Al incrementar las dosis de compost se observó el incremento de estos nutrientes que influyen en reacciones bioquímicas, también en las variables fisiológicas y el crecimiento de la planta (11).

**Tabla 7.** Análisis completo de hojas de col, según las dosis de compostaje.

Porcentaje	Tratamientos					Valores normales
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	
<b>N</b>	2.66	2.73	2.80	3.61	3.50	2.50 - 5.00
<b>P</b>	0.61	0.73	0.49	0.58	0.59	0.25 - 0.50
<b>K</b>	3.21	2.45	2.96	2.91	4.50	2.50 - 3.50
<b>Ca</b>	4.86	4.88	4.96	4.85	5.02	3.00 - 5.00
<b>Mg</b>	0.39	0.36	0.34	0.36	0.38	0.25 - 0.40
<b>Na</b>	0.37	0.23	0.25	0.26	0.30	0.01 - 0.10
<b>ppm</b>						
<b>Cu</b>	19	15	15	12	4	10 - 25
<b>Fe</b>	592	666	520	544	470	125 - 200
<b>Zn</b>	40	32	27	27	33	40 - 80
<b>B</b>	52	67	75	72	84	70 - 100

Fuente. (11).

Porcentaje (%): g/100 g m.s. (materia seca) de hoja, Partes por millón (ppm): mg kg<sup>-1</sup>.

Algunos resultados se podrían explicar por factores no controlables como ambientales, genéticos, bioquímicos y fisiológicos, según sustentan (13) y (14).

## Evaluación de estomas por tratamiento

Respecto a la tendencia del incremento de la densidad estomática que va en paralelo a la tendencia de incremento del rendimiento agrícola, se invierte ligeramente en el tratamiento T4 respecto

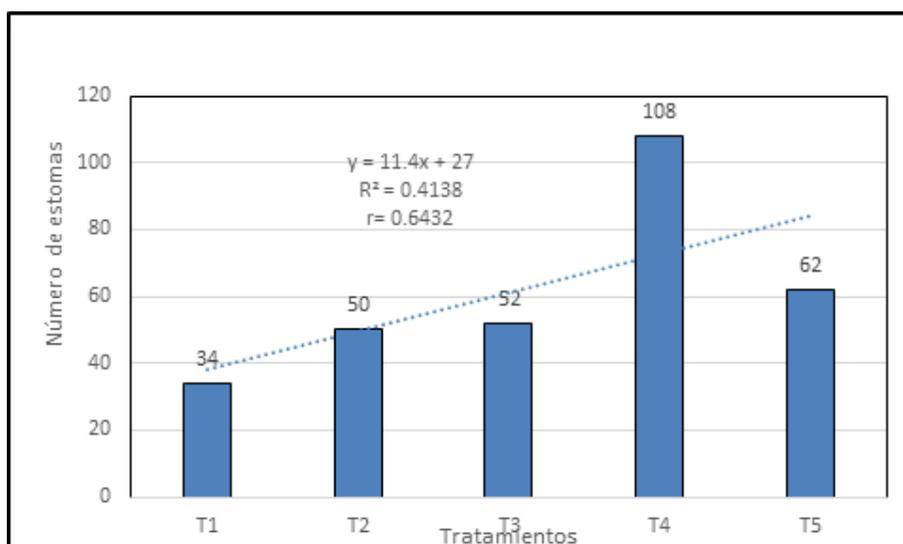
al tratamiento T5, posiblemente por factores no controlables (efectos ambientales y bioquímicos) en el desarrollo vegetativo del cultivo, Tabla 8. Se determinó que el T4 y T5, resultaron con 642.86 y 369 estomas mm<sup>-2</sup> respectivamente, sin embargo, la tendencia fue inversa en el rendimiento agrícola. En el tratamiento T5, la densidad estomática se relacionó con eficiencia fisiológica y absorción de nutrientes como potasio, fósforo, calcio y boro determinado mediante análisis químico, lo cual intervino en diferentes reacciones bioquímicas, obteniéndose mayor rendimiento. Este análisis

se sostiene que, en la mayoría de las especies vegetales, este mecanismo de apertura y cierre de estomas es absolutamente dependiente del proceso específico de absorción de K<sup>+</sup>. Asimismo, se resalta la influencia de las condiciones ambientales en la cantidad de estomas (13). Al respecto, afirman que el tamaño de las estomas, la densidad y el índice de estomas varían con la latitud, pero pueden estar asociados con cambios en el fotoperíodo, la disponibilidad de agua y las condiciones del suelo (14).

Se aprecia que a medida que aumenta la dosis de compost, se verifica un incremento en la densidad estomática y baja en el tratamiento T5 (Figura 1 y Figura 2); sin embargo, la tendencia lineal es positiva, Tabla 8 determinándose un coeficiente de correlación, con un valor de, 0.6432 indicándose que hay una correlación moderada. De acuerdo a los valores de (15), menciona que una correlación es baja por

debajo de 0.30 en valor absoluto, que existe una asociación moderada entre 0.30 y 0.70, y alta por encima de 0.70.

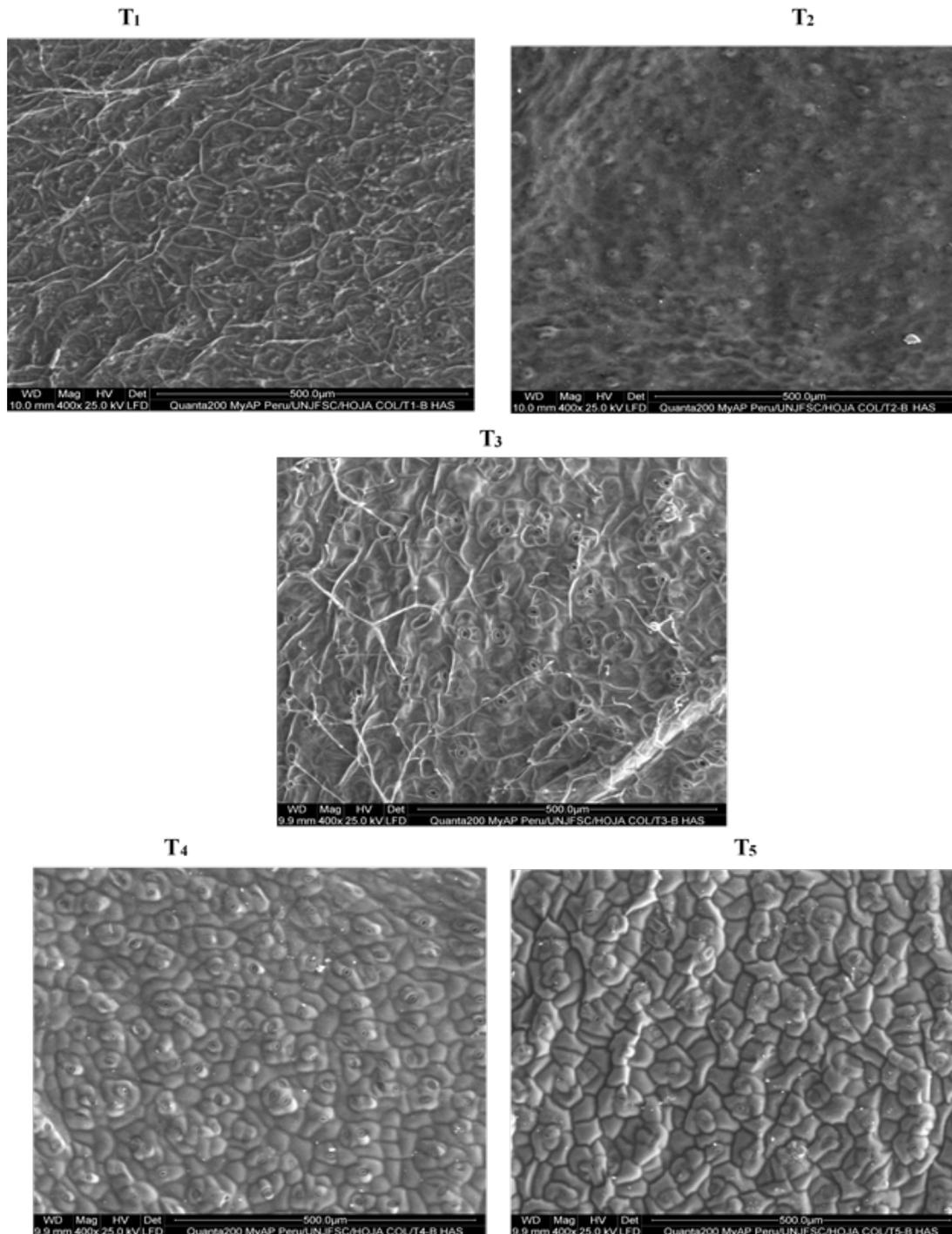
Aunque en efecto, hay tendencia a incrementar los estomas conforme a la dosis de compost aplicado (salvo en el T5), se podría caer en la tentación de establecer una correlación entre estos y el incremento de actividad fotosintética y consecuentemente mayor producción, no obstante, el análisis estadístico de las variables agronómicas no permitió ver diferencias significativas, por lo que solo pueden aludirse a tendencias del tratamiento con mayor dosis de compost a producir mejoras en las variables agronómicas, pero también tendría que hacerse una revisión más profunda de su efecto en la asimilación de nutrientes en la col y explicar el por qué en algunos tratamientos las dosis de algunos macro y micronutrientes fueron menores o mayores a las estipuladas en la norma.



**Figura 1.** Tendencia lineal de número de estomas por tratamiento.

**Tabla 1.** Cuantificación de estomas y densidad de siembra por tratamiento.

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
Número de estomas	34	50	52	108	62
Densidad estomática (estomas mm <sup>-2</sup> )	202.38	297.62	309.52	642.86	369.0



**Figura 2.** Micrografía de análisis estomáticos para cada tratamiento.

## CONCLUSIONES

Las dosis de compost aplicados al cultivo de la col, tuvieron efecto en las variables morfológicas, estimulándose el aumento de biomasa y rendimiento del cultivo, se observó en el tratamiento T5, que es el de mayor dosis de compost, reflejó mayor extracción y remoción de nutrientes, que se diferenció en 8.09 % con relación al tratamiento testigo T1. Estas mejoras, es una respuesta diferencial a la progresiva mayor cantidad de compost incorporado al suelo en los tratamientos T2, T3, T4 y T5, que influyeron en reacciones bioquímicas para la formación de carbohidratos, obteniéndose de esta manera mayor rendimiento, teniendo en cuenta que se experimentó en un suelo que no tiene los requerimientos nutricionales para el desarrollo óptimo de una planta, por lo que el suelo requiere enmienda nutricional, no se utilizó ningún agroquímico comercial. También se determinó mediante análisis foliar que a mayor dosis de compost se incrementó la concentración de nutrientes como fósforo, potasio, calcio y boro, lo cual influyó en muchas reacciones bioquímicas como la fotosíntesis, evapotranspiración, translocación de carbohidratos y otros. Esto optimizó el desarrollo, protección frente a factores de estrés resultando mayor rendimiento y calidad de fruto. Se deduce que a mayor dosis de compost aplicado al cultivo de la col la densidad estomática se incrementó en los tratamientos T2, T3 T4 respecto al tratamiento T1, a excepción del tratamiento T5, pero este efecto no influyó en el rendimiento agrícola.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Razia M, Maheshwari Y, Sivaramakrishnan S. Agro-based sugarcane industry wastes for production of high-value bioproducts. In: Rathinam NK, Sani RK, editors. Biovalorisation of Wastes to Renewable Chemicals and Biofuels. Amsterdam: Elsevier; 2020. 303-16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817951-2.00016-X>
2. Katakajwala R, Kumar N, Chakraborty O, Mohan S. Valorization of sugarcane waste: prospects of a biorefinery. In: Prasad MNV, Favas PJC, Vithanage M, editors. Industrial and Municipal Sludge. Emerging Concerns and Scope for Resource Recovery. Amsterdam: Elsevier; 2019. 47-60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815907-1.00003-9>
3. López B, Andrade A, Herrera R, González S, García C. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. Centro Agrícola. 2017; 44 (1):49-55. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000300007#:~:text=El%20compost%20obtenido%20muestra%20indicadores,alto%20contenido%20de%20part%C3%ADculas%20menores](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007#:~:text=El%20compost%20obtenido%20muestra%20indicadores,alto%20contenido%20de%20part%C3%ADculas%20menores)
4. Hernández A, Real N, Delgado M, Bautista B, Velasco J. Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. Revista Agro Productividad. 2018; 9 (8):11-7. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>
5. NASA, National Aeronautics and Space Administration. Data Access Viewer-NASA POWER. 2022. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
6. Quiroga A, Bono A. Manual de fertilidad y evaluación de suelo. Proyecto regional mixto. Área estratégica de gestión del agua y área estratégica de recursos naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 2012; 285-304. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/14650>
7. Hirzel C, Salazar F. Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura. Boletín INIA No. 325. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. Chillán, Chile. 2016. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6506>

- 8.** Roman P, Martínez M, Pantoja A. Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 2013. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- 9.** McKean S. Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal. Una Guía Teórica y Práctica de Metodologías. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 1993. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/S593.M2\\_Manual\\_de\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_suelos\\_y\\_tejido\\_vegetal\\_Una\\_gu%C3%ADa\\_de\\_m%C3%A9todo\\_y\\_pr%C3%A1ctica\\_de\\_metodologia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_m%C3%A9todo_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf)
- 10.** Prialé C. Muestreo de suelos. Referencias sobre el análisis e interpretación de Resultados. Estación Experimental Agraria Pichanaki, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Pichanaki, Perú. 2016. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/286>
- 11.** INIA, Instituto Nacional de Innovación Agraria-Huaral. Análisis básico de fertilidad. Hoja análisis de suelo de Barranca. Análisis básico de compost. Hoja análisis de materia orgánica. Análisis completo de nutrientes. Hoja análisis foliar en el cultivo de la col. Laboratorio de Suelos. 2018.
- 12.** Núñez A, Tusell F. Regresión y Análisis de Varianza. Studoc. 2007. <http://www.et.bs.ehu.es/~etptupaf/nuevo/ficheros/estad3/reg.pdf>
- 13.** Mengel K, Kirkby E. Principios de Nutrición Vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza. 2000. [Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf)
- 14.** Toral M, Manríquez A, Navarro Cerrillo R, Tersi D, Naulin P. Características de los estomas, densidad e índice estomático en secuoya (*Sequoia sempervirens*) y su variación en diferentes plantaciones de Chile. Bosque (Valdivia). 2010; 31 (1):157-64. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000200009>
- 15.** Laguna C. Correlación y regresión lineal. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. Zaragoza, España. 2014. [https://www.academia.edu/37741203/CORRELACI%C3%93N\\_Y\\_REGRESI%C3%93N\\_LINEA](https://www.academia.edu/37741203/CORRELACI%C3%93N_Y_REGRESI%C3%93N_LINEA)