




# Effect of two organic fertilizers and two irrigation volumes on the growth of tara [*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze]

Flores Sacsi, Edgar Santiago<sup>1</sup>; Velarde Allazo, Edwar Andrés<sup>2</sup>; Rondán -Sanabria, Gerby Giovanna<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, [edsanflore@gmail.com](mailto:edsanflore@gmail.com), [evelarde@utp.edu.pe](mailto:evelarde@utp.edu.pe), [c16238@utp.edu.pe](mailto:c16238@utp.edu.pe)

*Abstract—The application of organic fertilizers to the soil promotes better plant development, encouraging a more favorable growth response. The objective of this study was to evaluate the effect of two organic fertilizers (cow manure and chicken litter) and two irrigation volumes on the growth of tara [*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze]. Stem length, root length, water content, and the physical and chemical properties of the soil, such as pH, electrical conductivity (EC), and texture, were evaluated. The plant response to the organic fertilizers and water volume showed no significant differences in stem size. However, roots showed significant differences, being larger with manure (17.74 cm) and chicken litter (13.89 cm) at irrigation volumes of 100 and 50 mL, respectively. Furthermore, these organic fertilizers significantly improved leaf area compared to the control. The incorporation of these fertilizers also enhanced soil structure.*

*Keywords— Organic fertilizer, poultry manure, chicken litter, water volume, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze*

# Efecto de dos abonos orgánicos y dos volúmenes de riego en el crecimiento de tara [*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze]

Flores Sacsí, Edgar Santiago<sup>1</sup>; Velarde Allazo, Edwar Andrés<sup>2</sup>; Rondán -Sanabria, Gerby Giovanna<sup>3</sup>; <sup>1,2,3</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, [edsanflore@gmail.com](mailto:edsanflore@gmail.com), [velarde@utp.edu.pe](mailto:velarde@utp.edu.pe), [c16238@utp.edu.pe](mailto:c16238@utp.edu.pe)

**Resumen** – La aplicación de fertilizantes orgánicos en el suelo favorece un mejor desarrollo de las plantas, promoviendo una respuesta más favorable en su crecimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos fertilizantes orgánicos (estiércol vacuno y gallinaza) y dos volúmenes de riego sobre el crecimiento de la tara [*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze]. Se evaluaron la longitud del tallo, la longitud de la raíz, el contenido de agua y las propiedades físicas y químicas del suelo, como el pH, la conductividad eléctrica (EC) y la textura. La respuesta de las plantas a los abonos orgánicos y al volumen de agua no mostró diferencias significativas en el tamaño del tallo. Sin embargo, las raíces sí presentaron diferencias significativas, siendo mayores con estiércol (17,74 cm) y gallinaza (13,89 cm), a volúmenes de riego de 100 y 50 mL, respectivamente. Además, estos fertilizantes orgánicos mejoraron notablemente el área foliar en comparación con el control. La incorporación de estos abonos también favoreció la mejora de la estructura del suelo

**Palabras clave**— Abono orgánico, estiércol de aves, gallinaza, volumen de agua, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.

## I. INTRODUCCION

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos, varios estudios han mostrado que la integración de materia orgánica en el suelo de cultivo tal como el estiércol y la gallinaza, puede mejorar significativamente el contenido de materia orgánica en el suelo al mejorar la estructura del suelo, promover la reproducción microbiana y mantener el balance de nutrientes, fomentando de esta manera el desarrollo de una agricultura sustentable [1].

Se sabe que la aplicación de los desechos orgánicos en el suelo, podrían reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, mitigando la degradación ecológica y promoviendo el crecimiento de una agricultura sustentable. Además, la aplicación de fertilizantes orgánicos puede mejorar la proporción de los macro-agregados del suelo y la estabilidad del suelo [2]. Además, ciertos fertilizantes orgánicos pueden incrementar la abundancia y la actividad de microorganismos funcionales, tales como bacterias fijadoras de nitrógeno y fósforo soluble, promoviendo la utilización de los nutrientes y mejorar la producción de los cultivos [3].

Las características físicas y químicas del suelo juegan un papel fundamental en la cantidad de microorganismos presentes, así como en las concentraciones de sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos, lo que afecta directamente las actividades microbiológicas y bioquímicas[4]. Por lo tanto, es esencial conocer previamente las condiciones del suelo en relación con estas propiedades al evaluar la materia orgánica

(MO) y la actividad biológica y bioquímica del suelo, tal como se aborda en este estudio.

Ante la disminución de la fertilidad de los suelos, los países han optado por la fertilización química, pero su uso está conllevando a generar problemas de contaminación. El uso de fertilizantes inorgánicos está generando problemas ambientales, principalmente por la acumulación de nitratos y fosfatos en el subsuelo. Estos compuestos pueden filtrarse hacia las aguas subterráneas o ser transportados hacia los cuerpos de agua superficiales, lo que reduce el nivel de oxígeno en el agua. Esta disminución del oxígeno provoca estrés en los organismos acuáticos y puede llevar a un proceso de eutrofización. Además, los fertilizantes inorgánicos aumentan los costos de producción, siendo los fertilizantes complejos los más caros, seguidos por los granulados, los abonos mixtos en polvo y, finalmente, los abonos simples, lo que resulta en menores márgenes de ganancia

La dependencia de productos químicos artificiales en los cultivos está impulsando la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y confiables. En la agricultura, estos abonos están ganando cada vez más relevancia, especialmente en los cultivos intensivos. La materia orgánica (MO) tiene diversos efectos positivos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, no solo al aportar nutrientes, sino también al mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo[5].

## II. METODOLOGIA

El trabajo de investigación se realizó en octubre y diciembre del 2024. Se trabajó con semillas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, obtenidas de la casa agropecuaria Díaz, de las cuales se seleccionaron 90 semillas las más uniformes en cuanto a sus características morfológicas (oscuras, redondas y grandes). Estas fueron sometidas al proceso de escarificación en frascos Hervert de 110 ml de capacidad con 70 ml de ácido sulfúrico consistiendo en la agitación por 15 minutos con intervalos de 5 minutos de descanso por un tiempo total de una hora, luego estas son lavadas con abundante agua de caño de 15 a 20 veces y con un colador metálico se elimina los restos (taninos). Seguidamente se procede a la imbibición controlando la temperatura a 30-40° C por dos horas con intervalos de 15 minutos por un tiempo total de un día. Seguidamente estas son hidratadas en una bandeja con agua hasta que cubra las semillas por un tiempo de 8 días, cuidando de retirar los mucílagos mediante el cambio de agua.

Una vez germinadas las semillas estas fueron sembradas a una profundidad de 5 cm aproximadamente, en potes de plástico

de 10 cm de diámetro por 7 cm de altura (3 semillas por pote) conteniendo el sustrato, arena gruesa lavada 3 veces con agua corriente a la cual se le incorporó los fertilizantes orgánicos según los volúmenes indicados. Luego estas fueron transportadas a la terraza y colocadas en viveros sobre dos tarimas de madera de 1.5m x 1.2m cada una, separadas cada recipiente 30cm una de la otra y bajo condiciones ambientales. Los recipientes fueron regados diariamente en horas de la tarde alrededor de las 4:00 pm. Al final del ensayo las plantas fueron extraídas para evaluar las variables indicadas.

Los tratamientos consistieron en dos tipos de fertilizantes (gallinaza y estiércol vacuno) y dos tipos de riego (50 ml y 100 ml cada tres días). El control (C) sólo contenía arena gruesa sin algún tipo de fertilizante.

- C: Control → 0,00 g de fertilizante.
- G: Tratamiento 1 → 17, 67 g/maceta de gallinaza.
- E: Tratamiento 2 → 141 g/maceta de estiércol vacuno.

Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBA), contando con 5 repeticiones. Los tipos de riego constituyeron los bloques (Bloque I: 50 ml cada tres días y bloque II: 100 ml cada tres días).

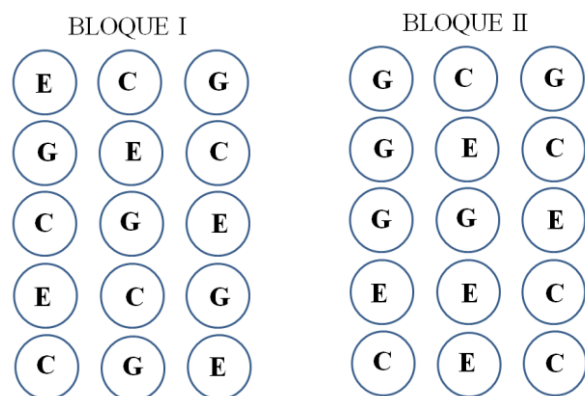


Fig.1. Croquis de la distribución de tratamientos

Una vez recopilada la información, los datos fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANOVA) y aplicando un test de significancia de Tuckey al 0.05. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I y para los gráficos el SIGMAPLOT 12.0.

En el presente trabajo se evaluó la condición radicular de las plantas, crecimiento en altura y la evaluación final del crecimiento y desarrollo post cosecha; las plantas fueron expuestas a distintos tratamientos por la incorporación de materia orgánica, así como distintos volúmenes de riego; en un periodo de 2 meses.

#### A. Desarrollo radicular

La evaluación se realizó al término de la experimentación; caracterizando la longitud radicular aparente por medio de una escala de medición y comparación radicular, además de ello se evaluó el desarrollo de raíces primarias y secundarias, así como el tipo de crecimiento y desarrollo radicular, haciendo un recuento de las mismas, así como caracterizando su aspecto.

#### B. Altura de la planta

La evaluación se realizó al término de la experimentación; caracterizando la altura obtenida por la planta, la cual se tomó desde el cormo hasta el ápice; por medio de una escala de medición y comparación del crecimiento y desarrollo obtenido estos resultados se expresaran en cm, además de ello se caracterizó las condiciones y aspectos visuales presentes (daño mecánico en la cofia, fenolización, quemadura radicular). Se comparó los resultados obtenidos entre los distintos tratamientos de fertilización de suelo así como los dos volúmenes de riego.

#### C. Cobertura foliar

La evaluación se realizó al término de la experimentación; caracterizando la cobertura foliar, la cual está comprendida en el desarrollo, crecimiento de ramas y hojas presentes; además de ello se realizó un recuento del número de ramas tomando como base el eje caulinar; para finalizar, se comparó los resultados obtenidos entre los distintos tratamientos de fertilización de suelo, así como los dos volúmenes de riego.

#### D. Contenido Hídrico

Se recolectan las plantas con sus órganos fundamentales (raíz y tallo). Pesar cada órgano y colocarlos en paquetitos de papel debidamente rotulados. Poner los paquetitos a desecación en estufa a 80° C por 48 horas; luego se vuelve a pesar y anotar los pesos registrados. Con los datos obtenidos se calcula el contenido hídrico en porcentaje aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido hídrico} = \frac{PF-PS}{PF} \times 100$$

Donde:

- PF: Peso Fresco
- PS: Peso Seco

#### E. Determinación de la textura del suelo

Pese 50 g de TFSA y colóquelo en el vaso de dispersión. Agregue agua destilada o desionizada hasta llenar dos tercios del volumen total. Luego, añada 10 ml de solución de hexametáfosfato de sodio. Disperse la mezcla durante 15 minutos. Transfiera la suspensión de suelo a la probeta, asegurándose de que no quede suelo en el vaso de dispersión. Coloque el hidrómetro en la probeta y retírelo inmediatamente. Homogenice la suspensión hasta que los sedimentos en el fondo de la probeta desaparezcan. Registre el tiempo. Luego, coloque con cuidado el hidrómetro en la suspensión y lea el valor exacto a los 40 segundos; esta será la primera lectura. Mida la temperatura de la suspensión y anótela. Deje reposar la probeta y realice una segunda lectura a las 2 horas, junto con la medición de la temperatura. El hidrómetro ha sido calibrado para indicar los gramos de sólidos suspendidos por litro de suspensión a una temperatura de 68 °F. Para los cálculos, corrija la lectura registrada por el hidrómetro, considerando la diferencia de temperatura entre la calibración del hidrómetro y la de la suspensión. El factor de corrección es de 0.2 g/l por cada grado Fahrenheit de diferencia en la temperatura. Si la temperatura de la suspensión es mayor que la temperatura de calibración del hidrómetro, añada el factor de corrección al valor registrado; si es menor, reste el factor de corrección.

### F. Determinación de pH

Pesar 20 gr. de TFSA en 3 series de 3 repeticiones. Preparar 3 suspensiones de suelo y agua destilada: 1:1, 1:2.5 y 1:5. Preparar suspensiones similares de suelo tanto con agua corriente y con CaCl<sub>2</sub> y/o ClK. Homogenizar la suspensión con vaguetas 2 a 3 minutos cada 5 minutos hasta llegar a 20 minutos.

### III. RESULTADOS

La Fig. 2 muestra los resultados correspondientes al experimento efecto de dos fertilizantes orgánicos y dos volúmenes de riego en el crecimiento de tara, los cuales han permitido realizar el análisis de varianza el mismo que indica a través de la prueba de Fisher que no existen diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) del efecto que producen los tratamientos, sobre la longitud del tallo. Sin embargo, se observa que la mayor longitud del tallo se presenta a 100 mL de volumen de riego conteniendo arena y a 50 mL de volumen de riego con gallinaza. El menor valor se presenta a 50 mL de volumen de riego conteniendo arena.

Respecto a la longitud de la raíz, los resultados muestran que sí existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los promedios. El promedio del tratamiento con estiércol es de 17,74 y para el tratamiento con gallinaza es de 13,89. Además, se observa que a 50 y 100 mL de volumen de riego conteniendo estiércol las longitudes de raíz son las mayores; mientras que, con arena a 50 mL de volumen de riego, se presenta la menor longitud de raíz.

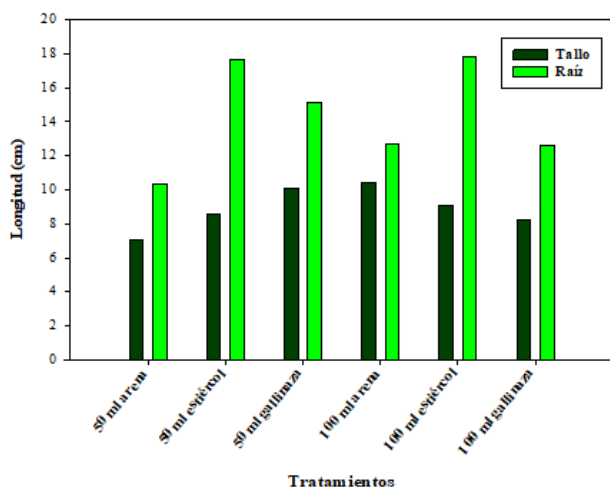


Fig.2. Determinación del efecto de dos fertilizantes orgánicos (estiércol vacuno y gallinaza) y dos volúmenes de riego (50 y 100 mL cada tres días) en la longitud radicular y altura en plantas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”

### A. Evaluación de cobertura foliar

En la Fig. 3 y 4 se observa que el rendimiento debido a la aplicación de materia orgánica varía durante el tiempo estudiado, lo cual indica que hubo un fuerte efecto de los tratamientos tanto volumen de riego y fertilizante orgánico. Se puede apreciar que la aplicación de gallinaza y estiércol mejoran notablemente la respuesta en la planta en comparación con la del control (0, 0 de materia orgánica).

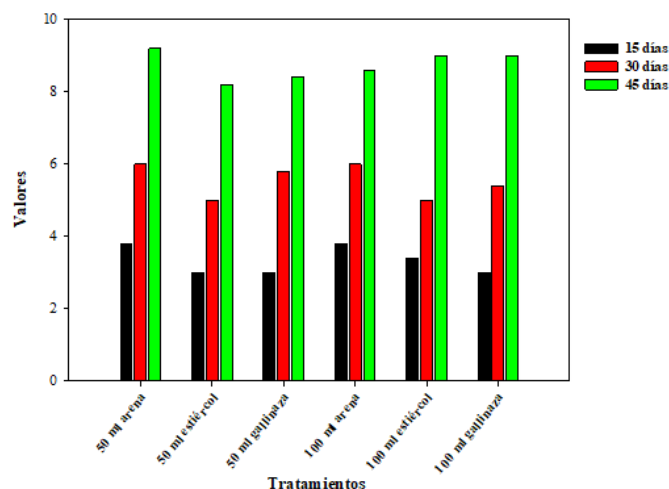


Fig.3. Determinación del efecto de dos fertilizantes orgánicos (estiércol vacuno y gallinaza) y dos volúmenes de riego (50 y 100 mL cada tres días) en la cobertura foliar (número de hojas) en plantas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”

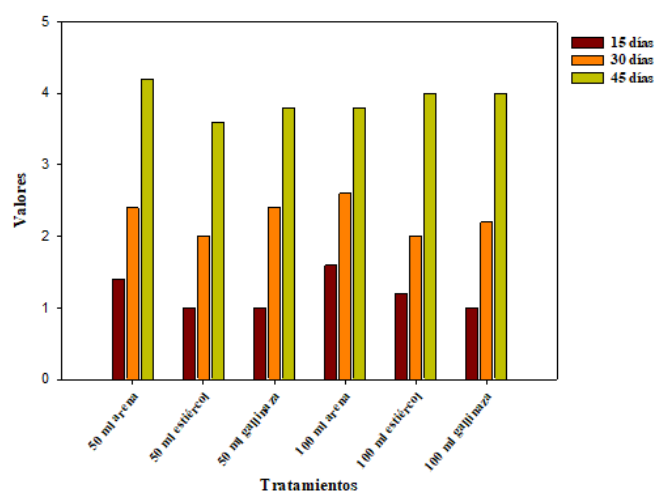


Fig.4. Determinación del efecto de dos fertilizantes orgánicos (estiércol vacuno y gallinaza) y dos volúmenes de riego (50 y 100 mL cada tres días) en la cobertura foliar (número de ramas) en plantas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”

### B. Determinación del Contenido Hídrico

En la Fig. 5 se observan los resultados correspondientes al experimento “efecto de dos fertilizantes orgánicos y dos volúmenes de riego en el crecimiento de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”. Según el análisis de varianza (ANOVA) y a través de la prueba de Fisher, se muestra que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) del efecto que producen los tratamientos, volúmenes de riego y fertilizantes, sobre el contenido hídrico de tallo y raíz. Por otra parte, entre la aplicación de estiércol y la aplicación de gallinaza ocasionó una diferencia en el rendimiento, el de gallinaza fue el mejor tratamiento para el contenido hídrico y longitud de tallo y para longitud de tallo el mejor fue estiércol.

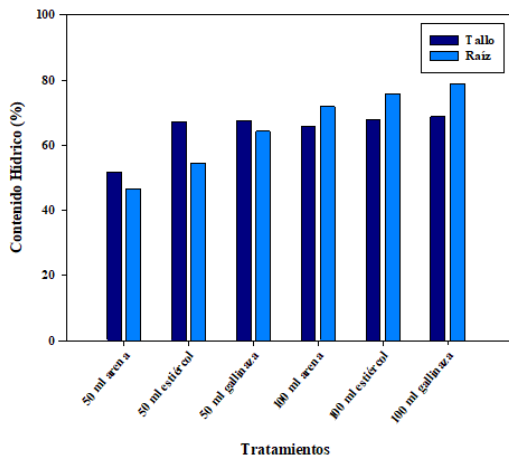


Fig.5. Determinación del efecto de dos fertilizantes orgánicos (estiércol vacuno y gallinaza) y dos volúmenes de riego (50 y 100 mL cada tres días) en el contenido hídrico de raíz y tallo, en plantas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze “Tara”

### C. Determinación de las características del suelo

La Tabla I muestra los valores de las propiedades evaluadas después de la aplicación de los abonos orgánicos en el suelo y después de la siembra. En dicho cuadro comparativos se observan los valores de pH, CE y textura.

Respecto al valor de pH, se observa que su valor promedio esta alrededor de 8.3, el cual es apropiado para los cultivos. En cuanto a la conductividad, su valor varía desde 1.76 hasta 1.94 dS/m<sup>-1</sup>. En todos los casos, se observa que la textura de suelos en los que se llevó a cabo el experimento fue de textura franco, la que es adecuada para el desarrollo de las plantas

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y FINAL DEL CICLO DE LA SIEMBRA

Volumen de Riego (mL/3d)	Sustrato/Fertilizante	pH	Conductividad (dS m <sup>-1</sup> )	Arena	Limo	Arcilla	Textura
50	Arena	8,4	1,94	42,56	38,00	19,44	Franco
50	Arena + estiércol	8,2	1,76	38,56	38,00	21,44	Franco
50	Arena + gallinaza	8,4	1,94	40,20	38,00	21,80	Franco
100	Arena	8,2	1,76	40,56	38,00	21,44	Franco
100	Arena + estiércol	8,2	1,94	39,28	42,00	18,72	Franco
100	Arena + gallinaza	8,4	1,76	38,56	40,00	21,44	Franco

## IV. DISCUSION

Numerosos estudios han demostrado que la integración de material orgánico, tal como estiércol animal, en los campos de cultivo puede mejorar significativamente el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo [5]. Los microorganismos juegan un rol importante en el ciclo de los nutrientes y la transformación de materia orgánica en el suelo. En este estudio donde se muestra que la incorporación de materia orgánica tal como estiércol vacuno y gallinaza en el suelo, resultó en una respuesta positiva en el crecimiento y desarrollo de la tara. Esto se debería a que la materia orgánica además de mejorar la estructura y calidad del suelo, mejora el contenido de microorganismos los cuales cumplen con interacciones complejas en el suelo, ya que la diversidad de los microorganismos y la actividad enzimática del suelo mejora la disponibilidad de nutrientes tales como C, N y P; y la actividad biológica en ello [6].

Los agregados son indicadores importantes sobre la estructura del suelo, el cual influye significativamente la actividad biológica, el ciclo de los nutrientes además de la fertilidad del suelo [7], en nuestro estudio, se encontró que la textura dominante del suelo fue del tipo franco, el cual contiene arena limo y arcilla en proporciones que mantienen el equilibrio correcto, lo que hace posible que mejore las propiedades del suelo. La incorporación de fertilizantes orgánicos, mejora de

forma significativa el aumento del carbono orgánico en el suelo, lo que conlleva a un aumento en la cantidad de microorganismos bacterianos, además de la actividad enzimática [5]. Esta mejora en la actividad enzimática facilita una eficiente descomposición de la materia orgánica y la utilización de nutrientes tales como nitratos, nitrógeno, nitrógeno orgánico disuelto y fósforo. El aumento de carbono orgánico en el suelo impulsa el mejoramiento de la descomposición de la materia orgánica, acelerando la producción de agentes cementantes orgánicos, mejorando la estabilidad de los agregados [8]. Adicionalmente, el carbón orgánico interacciona con los minerales, en especial con el hierro y los óxidos de aluminio, con los cuales se forman agentes cementantes que mejoran la estabilidad de los agregados del suelo [9].

Una buena calidad de suelo se caracteriza por la cantidad de materia orgánica y alta actividad microbiana, lo que conlleva mejora la capacidad del suelo para retener humedad y nutrientes para promover el crecimiento y desarrollo de los cultivos [10]. En este estudio encontramos que el contenido hídrico es mayor con gallinaza a un volumen de riego de 100 mL, indicando que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mejoran con la incorporación de la materia orgánica en el suelo [11]. Los procesos de degradación de la materia orgánica, no solo proporciona una gran variedad de nutrientes, sino también promueve la proliferación de un microbiota específico que conduce la degradación de los productos [12]. La interacción

entre los microorganismos del suelo y el ciclo de los nutrientes tiene un efecto significativo en la producción agrícola [13]. Los fertilizantes químicos comúnmente usados en la agricultura convencional, alteran de forma significativa la composición del microbiota del suelo, además las investigaciones han demostrado que su uso induce a la disminución de la carga bacteriana, el cual ha sido vinculado a la disminución del pH del suelo [5]. Muchas investigaciones han indicado que la composición de la comunidad bacteriana puede cambiar por el pH del suelo, lo que modifica la actividad enzimática y por ende la disponibilidad de nutrientes esenciales, tales como el magnesio y calcio [14]. Adicionalmente, el pH del suelo es clave para controlar la descomposición de la materia orgánica, además de regular la diversidad microbiológica que tiene influencia sobre los mecanismos de estabilidad de la materia orgánica del suelo [15]. Además, la incorporación de materia orgánica a la agricultura mejora la producción de cultivos, disminuyendo la prevalencia de los microorganismos patógenos. Los metabolitos tales como aflatoxinas y epilactonas juegan un rol importante disminuyendo las enfermedades de las plantas, por tanto, los cultivos mejoran su resistencia ante patógenos [5].

Otros estudios, han demostrado que los factores clave sobre la calidad del suelo como el pH y el contenido de carbono en el suelo, son en su mayoría dirigidos por la estructura y actividad de las comunidades microbianas [16]. También se debe considerar que la calidad del suelo queda impactado por la abundancia bacteriana sobre la abundancia de los hongos presentes en él, por lo que el rol que juegan las bacterias mejora notablemente la producción de los cultivos, principalmente porque las bacterias están involucradas en el ciclo del nitrógeno, además de que estas son más sensibles a los cambios en la calidad del suelo, a diferencia de ellos hongos que son más resilientes a los cambios ambientales, pero son más eficientes en la descomposición de materia orgánica recalcitrante [17]; por tanto son factores que juegan en papel importante en la producción de cultivos [5] promoviendo el desarrollo de una agricultura sostenible.

## V. CONCLUSIONES

Se observó un aumento en el contenido de agua en cada tratamiento tras la aplicación de los abonos orgánicos, estiércol vacuno y gallinaza, los cuales mostraron una respuesta más favorable en comparación con los controles. Se recomienda continuar utilizando estos abonos orgánicos, como estiércol vacuno y gallinaza, en las dosis utilizadas a mediano plazo, ya que han demostrado ser los más efectivos. Además, estos podrían ser considerados como una opción viable para sustituir o reducir el uso de fertilizantes químicos, los cuales tienden a deteriorar la calidad del suelo debido a la agricultura intensiva.

La incorporación estiércol vacuno y gallinaza, mejora la estructura y calidad del suelo. Este tipo de estructura y la aplicación de diferentes volúmenes de agua en el riego, hizo posible las respuestas encontradas en las características del tamaño de tallo y raíz, incrementando el área foliar en los tratamientos.

El empleo de abonos orgánicos representa una alternativa valiosa para reducir la dependencia de fertilizantes químicos, que, con el tiempo, pueden deteriorar la calidad del suelo debido a la agricultura intensiva. Los fertilizantes orgánicos, al ser más

sostenibles, no solo favorecen el desarrollo de las plantas, sino que también mejoran la salud del suelo, promoviendo su fertilidad a largo plazo.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Perú por el apoyo financiero para este proyecto.

## REFERENCES

- [1] H. Pahalvi, L. Rafiya, S. Rashid, B. Nisar y A. Kamili, *Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health*, 2021.
- [2] L. Wu, J. Wang, H. Xu, X. Xu, H. Gao, M. Xu y W. Zhang, *Soil organic carbon priming co-regulated by labile carbon input level and long-term fertilization history*, 2023.
- [3] M. Cao, Y. Duan, M. Li, G. Cai, W. Kan, J. Li, H. Zhang, W. Zhong y L. Wu, *Manure substitution improves maize yield by promoting soil fertility and mediating the microbial community in lime concretion black soil*, 2024.
- [4] X. Zheng, L. Wei, W. Lv, H. Zhang, Y. Zhang, H. Zhang, Z. Zhu, T. Ge y W. Zhang, *Long-term bioorganic and organic fertilization improved soil quality and multifunctionality under continuous cropping in watermelon*, 2024.
- [5] J. Yang, Y. Ren, M. Jia, S. Huang, T. Guo, B. Liu, H. Liu y P. Zhao, *Improving soil quality and crop yield of fluvo-aquic soils through long-term organic-inorganic fertilizer combination: Promoting microbial community optimization and nutrient utilization*, 2025.
- [6] L. Philippot, C. Chenu, A. Kappler, M. Rillig y N. Fierer, *The interplay between microbial communities and soil properties*, 2023.
- [7] L. Wu, J. Wang, H. Xu, X. Xu, H. Gao, M. Xu y W. Zhang, *Soil organic carbon priming co-regulated by labile carbon input level and long-term fertilization history*, 2023.
- [8] D. Wang, Z. Zhu, M. Shahbaz, L. Chen, S. Liu, K. Inubushi, J. Wu y T. Ge, *Split N and P addition decreases straw mineralization and the priming effect of a paddy soil: a 100-day incubation experiment*, 2019.
- [9] X. Liu, J. Liu, J. Huang, Y. Chen, L. Zhang, Y. Qi, W. Li y Y. Zhu, *Response of Soil Aggregate Stability to Phosphorus, Nitrogen, and Organic Fertilizer Addition: A Meta-Analysis*, 2023.
- [10] Q. Chen, Z. Liu, J. Zhou, X. Xu y Y. Zhu, *Long-term straw mulching with nitrogen fertilization increases nutrient and microbial determinants of soil quality in a maize-wheat rotation on China's Loess Plateau*, 2021.
- [11] H. He, M. Peng, W. Lu, Z. Hou y J. Li, *Commercial organic fertilizer substitution increases wheat yield by improving soil quality*, 2022.

- [12] Y. Li, W. Zhang, J. Li, F. Zhou, X. Liang, X. Zhu, H. He y X. Zhang, *Complementation between microbial necromass and plant debris governs the long-term build-up of the soil organic carbon pool in conservation agriculture*, 2023.
- [13] J. Fabian, S. Zlatanovic, M. Mutz y K. Premke, *Fungal–bacterial dynamics and their contribution to terrigenous carbon turnover in relation to organic matter quality*, 2017.
- [14] Y. Xie, Y. Ouyang, S. Han, J. Se, S. Tang, Y. Yang, Q. Ma y L. Wu, *Crop rotation stage has a greater effect than fertilisation on soil microbiome assembly and enzymatic stoichiometry*, 2022.
- [15] C. Wang y Y. Kuzyakov, *Soil organic matter priming: The pH effects*, 2024.
- [16] L. Philippot, C. Chenu, A. Kappler, M. Rillig y N. Fierer, *Philippot, L., Chenu, C., Kappler, A., Rillig, M., Fierer, N.*, 2024.
- [17] F. De Vries, R. Griffiths, M. Bailey, H. Craig, M. Girlanda, H. Gweon, S. Hallin, A. Kaisermann, A. Keith, M. Kretzschmar, P. Lemanceau, E. Lumini y K. Mason, *Oliver, A., Ostle, N., Prosser, J., Thion, C* *Soil bacterial networks are less stable under drought than fungal networks*, 2018.