



# Efecto de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado (*Zea mays l.*) en el fundo Los Pichones Tacna – 2019

*Effect of organic matter on the physical and chemical properties of the soil and the yield of purple corn (zea mays l.) in fundo Los Pichones Tacna – 2019*

<sup>1,a,\*</sup>Enderson Henry Cruz Mamani

ARTÍCULO ORIGINAL	RESUMEN
<p><sup>1</sup>Egresado del Doctorado de Ciencias Ambientales Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann</p> <p><b>Correspondencia:</b> *henry-agro@hotmail.com</p> <p><b>*ORCID:</b> 0009-0009-2483-3043</p> <p><b>Palabras clave:</b> <i>Propiedades físicas y químicas, materia orgánica, rendimiento, maíz morado.</i></p> <p><b>Keywords:</b> <i>Physical and chemical properties, organic matter, yield, purple corn.</i></p>	<p>El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura degrada el ecosistema del suelo, para mitigar esta situación, se plantea determinar el efecto de la materia orgánica sobre las características fisicoquímicas del suelo y el rendimiento del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) se usó el diseño experimental DBCA con 4 repeticiones y con los siguientes tratamientos: T<sub>1</sub>: INIA 615/30 t/ha EV; T<sub>2</sub>: INIA 615/40 t/ha EV; T<sub>3</sub>: INIA 615/30 t/ha ECS; T<sub>4</sub>: INIA 615/40 t/ha ECS; T<sub>5</sub>: INIA 615/200N-150P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>-120K<sub>2</sub>O; T<sub>6</sub>: PMV 581/30 t/ha EV; T<sub>7</sub>: PMV 581/40 t/ha EV; T<sub>8</sub>: PMV 581/30 t/ha ECS; T<sub>9</sub>: PMV 581/40 t/ha ECS y T<sub>10</sub>: PMV 581/200N-150P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>-120K<sub>2</sub>O. Los análisis mostraron que al incorporar abonos orgánicos e inorgánicos la textura del suelo franco arenoso permanece igual, sin embargo, después de cierto tiempo, los valores de las propiedades fisicoquímicas del suelo aumentan y luego de sembrar maíz morado, estos valores decrecen debido a la extracción de nutrientes por el cultivo y a las transformaciones y reacciones que ocurren en el suelo. Respecto a los componentes de la producción no existen diferencias estadísticas excepto para la variable “rendimiento”, de alta significancia estadística, donde el mayor y menor rendimiento lo obtuvieron el T<sub>7</sub> y T<sub>1</sub> con 8 678,62 y 5 462,37 kg/ha respectivamente.</p>
<p><b>Información adicional</b></p> <p><b>Presentado:</b> 07/07/2023 <b>Aprobado:</b> 08/11/2023</p>	<p style="text-align: center;"><b>ABSTRACT</b></p> <p>The indiscriminate use of chemical products in agriculture degrades the soil ecosystem, to mitigate this situation, it is proposed to determine the effect of organic matter on the physicochemical characteristics of the soil and the yield of purple corn (<i>Zea mays L.</i>), it was used the DBCA experimental design with 4 repetitions and with the following treatments: T<sub>1</sub>: INIA 615/30 t/ha EV; T<sub>2</sub>: INIA 615/40 t/ha EV; T<sub>3</sub>: INIA 615/30 t/ha ECS; T<sub>4</sub>: INIA 615/40 t/ha ECS; T<sub>5</sub>: INIA 615/200N-150P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>-120K<sub>2</sub>O; T<sub>6</sub>: PMV 581/30 t/ha EV; T<sub>7</sub>: PMV 581/40 t/ha EV; T<sub>8</sub>: PMV 581/30 t/ha ECS; T<sub>9</sub>: PMV 581/40 t/ha ECS y T<sub>10</sub>: PMV 581/200N-150P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>-120K<sub>2</sub>O. The analyzes showed that by incorporating organic and inorganic fertilizers the texture of the sandy loam soil remains the same, however, after a certain time, the values of the physicochemical properties of the soil increase and after sowing purple corn, these values decrease due to the extraction of nutrients by the crop and the transformations and reactions that occur in the soil. Regarding the production components, there are no statistical differences except for the yield variable, of high statistical significance, where the highest and lowest yield was obtained by T<sub>7</sub> and T<sub>1</sub> with 8 678,62 and 5 462,37 kg/ha respectively.</p>

## INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) procede de América, los granos y la tusa son de tono morado debido a que contiene antocianinas (entre 1,5 % y 6,0 %), pertenecen al grupo de los flavonoides (Guillén et al., 2014). En la mazorca el 15 % es coronta y 85 % es grano, hay baja concentración de antocianina en la cáscara y alta en la tusa (Otiniano, 2012).

El suelo es el medio donde se combinan elementos orgánicos, inorgánicos y biológicos, contienen ciertas cantidades de agua y aire. Todo este conglomerado sufre constantes cambios a través del tiempo (Manqui et al., 2012). Las características físicas describen la textura, color, estructura, porosidad, mientras las químicas analizan las reacciones del pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, disponibilidad de diversos elementos y los diferentes procesos biológicos que suceden en el suelo (Vera et al., 2022).

Las técnicas agrícolas usadas en la siembra de maíz morado incorporan insumos químicos como estrategia para incrementar la producción; actualmente los agricultores cultivan con pesticidas y fertilizantes químicos, son necesarios, pero están contaminando el ecosistema y es perjudicial para suelo y la salud de los individuos de este planeta (Farfán y Perales, 2019).

Los restos de los vegetales y animales mediante procesos aerobios y anaerobios se transforman en abonos orgánicos y suministrados a la capa arable se descomponen y mejoran las propiedades químicas, físicas, biológicas e incrementa los nutrientes en el suelo (Trinidad, 2017). La incorporación de estiércol contribuye con nutrimentos, energía y mejora las propiedades del ecosistema edáfico (Cairo y Ubaldo, 2017).

Los estiércoles de corrales de bovinos están en forma fresca, madura y vieja; tienen 170 kg/t de materia orgánica, 50 kg/t de N, 20 kg/t de P y 30 kg/t de K (Valenzuela, 2011). De los bovinos que pesan 300 kg, se pueden obtener por día 150 g de estiércol, 85 % de agua, 0,15 % de fosfato ( $P_2O_5$ ), 0,5 % nitrógeno ( $N_2$ ), 0,5 % óxido de potasio ( $K_2O$ ) y la relación C/N es de 19/1 PASOLAC (2000). El estiércol de camélidos sudamericanos es un subproducto utilizado como fertilizante (Avilés et al., 2017), que aporta macro y micro nutrientes al suelo, posee N (0,5 %), P (0,25 %) y K (0,5 %). Al respecto, 1000 kg de estiércol contribuye con 5 kg de N; 2,5 kg de P y 5 kg de K, este estiércol exhibido a inclemencias del medio ambiente suele perder su valor (Cajilema, 2015).

En la región de Tacna, la productividad de la actividad agrícola afronta muchas dificultades debido al cambio climático y a las características edáficas, la nula o el escaso contenido de materia orgánica en el suelo, seguido de la limitada disponibilidad de recurso hídrico, bajo estas condiciones el cultivo de productos orgánicos es una alternativa que contribuye a mejorar la calidad ambiental, disminuir el uso de fertilizantes, mantener el equilibrio ecológico y proteger la calidad del suelo.

Los cultivos responden a diversos estímulos para su desarrollo, de ser así, la mínima cantidad crítica necesaria de materia orgánica (MO) para el crecimiento normal de las plantas es de 2 %, cuya calificación es bajo, medio y alto de acuerdo al contenido de arena, arcilla y limo del suelo (Quiroga et al., 2005).

Aplicando abonos orgánicos se puede corregir la infertilidad del suelo; además, sus efectos benéficos son diversos, aminoran la densidad aparente, incrementan la porosidad, aireación, retención, infiltración y retención del agua (Trinidad y Velasco, 2016). Elude la erosión y acrecienta la competencia del suelo para asegurar su zona sólida y porosa cuando se somete a procedimientos de desgastes (Lince et al., 2019).

Al reportar la materia orgánica que proviene de la incorporando de restos vegetales, de la industria y otros como los bioles, compost, vermicompost, así mismo podemos destacar que a medida que aumenta la MO de 1 a 4 %, el contenido de N se incrementa de 17,4 a 69,6 kg ha<sup>-1</sup>. La MO libera muchos de los elementos esenciales (Trinidad y Velasco, 2016).

Es necesario contar con estrategias que potencien la fertilidad de la tierra, se puede incorporar cultivos de protección que suministren materia orgánica u otras técnicas que permitan mejorar las cosechas. En esta investigación con la incorporación de materia orgánica se determinó el efecto en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado en el fundo los pichones Tacna – 2019.

Farfán y Perales (2019), en Huancavelica, emplearon seis formas de fertilización con abono orgánico minerales (AO): 75 % AO + 25 % NPK; 50 % AO + 50 % NPK; 25 % AO + 75 % NPK; 100 % AO; 100 % NPK; testigo y de estas dosis dos causaron mayores rendimientos en el cultivo del maíz morado, la fórmula 25 % AO + 75 % NPK y 50 % AO + 50 % NPK.

Sin embargo, Mandujano (2017) cultivó maíz morado de la variedad PMV-581 con distintas dosis de materia orgánica, combinando bio abono y guano de isla, obtuvo el mayor peso de mazorca (41,97g) y el mayor rendimiento (7 200 kg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de maíz morado, pero al fertilizar solo con guano de isla, obtuvo 6 100 kg ha<sup>-1</sup>.

Asimismo, Pavón y Zapata (2012), en su investigación, trabajaron con cuatro tipos de fertilización: T1 (7,11 t/ha de bokashi + 96,81 kg/ha de urea) aplicados en dos momentos; T2 (14,23 t/ha de bokashi + 420 lts/ha de biofermento); T3 (14,23 t/ha de bokashi + 2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices) y T4 (2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices), alcanzando con la T1 92,13 cm la mayor altura y 174,2 cm<sup>2</sup> el área foliar más alto, con T3 se obtuvo 5 316,36 Kg/ha la mayor producción, continuado por T1 con 4 919,8 kg/ha y T2 con 4 868,8 Kg/ha y el último T4 con 4 437 Kg/ha.

Por su parte, Duran (2019), al indagar en Panao el efecto de enmiendas orgánicas en la cosecha del maíz, señala que se registraron mayores valores en: altura de 2,01 y 2,03 m aplicando Compost (T3) y gallinaza + compost (T4), longitud de mazorca el T3 (24,33 cm), diámetro de mazorca el T4 (5,05 cm), peso de mazorca el T3 (15,41 t/ha), seguido de los T2 (15,41t/ha), T3 (15,34 t/ha) y T4 (15,08 t/ha).

Barahona y Villarreal (2013), en su investigación, comprobaron que luego de transcurrir un tiempo la gallinaza ocasiona variaciones en las características del suelo, al incrementar la ración de gallinaza a 60 t ha<sup>-1</sup> el pH aumenta a 5,9, el CE se eleva peligrosamente a 3,42 dS m<sup>-1</sup>, al tercer año tiene efecto en el desarrollo de los cultivos, sin embargo la capacidad de intercambio catiónico permanece igual, decrece la densidad aparente y subsecuentemente la materia orgánica se humidifica y cambia la composición del suelo debido al incremento el carbono, se restablece el pH, la porosidad y la estabilidad de agregados, con el tiempo se perfecciona las características químicas y la densidad aparente.

Gonzales y Egido (2015), luego de cultivar maíz, remolacha y recuperar suelos reforestados, analizaron diferentes indicadores físico-químicos, los tres suelos que estudiaron presentan la textura franco arenoso y en los suelos regenerados hay 2,88 % de materia orgánica, 1,34 cmol kg<sup>-1</sup> de magnesio, 1,67 % de carbono, 0,10 % de nitrógeno y 7,3 de pH; además, existe mayor concentración de elementos aprovechables por la planta como el calcio (0,176 g/kg), potasio (0,232 g/kg) magnesio (0,105 g/kg), también se puede decir que el suelo se regeneró con el cultivo de maíz que presentó 160 mg/kg la mayor cantidad de fósforo asimilable, el mayor índice de fertilidad de 166,2.

Barrios y Pérez (2018) aplicaron estiércol bovino (EB) para producir maíz DK 357, a lo largo de 4 años. Las dosis de 60, 120 y 180 Mg/ha de estiércol de bovino (EB) suplementando con 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 60 kg/ha de  $K_2O$ , después de labrar el terreno se sacaron muestras de suelo y de planta a los 30, 60 y 120 días posterior a la siembra a tres profundidades 15, 30 y 45 cm. La aplicación continua de EB mejoró la altura de la planta, índice de área foliar, diámetro del tallo, nitrato en savia, rendimiento en grano y rendimiento en grano. El conglomerado más alto de nitrato y materia orgánica está entre 0 - 15 cm de la capa arable, además a mayor concentración de estiércol de bovino incrementa la conductividad eléctrica y no produce estrés salino en las plantas.

En Guanajuato (México) Zano et al. (2018) buscaron la manera de mejorar las propiedades de los suelos infértiles en nutrientes, emplea 4 t/ha de lombricomposta de efluentes de estiércol bovino (LB) y de hortalizas más frutas (LP), se originan dos suelos el SLE y SLP, al incorporar al suelo intensifica la concentración de 47 % y 90 % de materia orgánica y de 100 % y 300 % de nitrógeno correlativamente. El valor 33 de la relación C/N aminora a 20 en SLE y 13 en SLP. Los suelos dosificados con SLP (168.54  $\mu\text{g}$  TFF/g) son superiores a los SVE (105,17  $\mu\text{g}$  TFF/g). La LP es un bioabono que se desintegra y mineraliza con rapidez y activaría las reacciones bioquímicas. La LB liberaría con poca velocidad los nutrientes debido a su contenido de lignina, estas alternativas pueden servir para la fertilización y mejoramiento de los suelos agrícolas.

Altamirano (2019), en su investigación, cultivó tres ejemplares de maíz morado: mejorado, oriundo de Huamachuco e INIA 601, donde determinó que no hay efectos significativos en la concentración de antocianinas entre estos tres ejemplares. La variedad INIA 601 con 4,68 % tiene mayor contenido de antocianina, seguido con la variedad mejorada con 4,56 % y la variedad maíz morado de Huamachuco con 3,58 %.

Pozo (2015), en Huanta a 2624 m de altitud, incorporó 4 tipos de abonos T1: Guano de islas + 80N-60P-60K, T2: Trébol - 800 kg de fruto/ha, T3: Guano de islas + 80N-60P-60K + más trébol y T4: testigo; con los cuales evaluó el efecto de la producción de maíz morado. Respecto a las variables emergencia, peso seco foliar y altura a 70 y 110 días posterior a la siembra (DPS), humedad del suelo a 30 DPS, temperatura del suelo a 30 y 70 DPS y rendimiento a 140 DPS, para estas variables no existen diferencias significativas. Al contrario, la altura de planta y materia seca foliar 30 DPS, temperatura del suelo 110 DPS, humedad del suelo a los 70 y 110 DPS, existió significancia estadística. El T3 (8,22 t/ha) presenta el mayor rendimiento, seguido de T1 (7,97 t/ha), T2 (7,79 t/ha) y T4 (7,54 t/ha). Además, recomiendan la siembra de maíz asociado a trébol para la asimilación de N, absorción de nutrientes y para retener la humedad.

Arévalo (2014), en su investigación utilizó abono orgánico (AO) y *Azotobacter* sp. Las fórmulas que dosificó: T<sub>0</sub> (160N-80P-60K), T<sub>1</sub> (1000g/m<sup>2</sup> AO, *Azotobacter* sp.), T<sub>2</sub> (2000 g/m<sup>2</sup> AO, *Azotobacter* sp.), T<sub>3</sub> (3000 g/m<sup>2</sup> AO, *Azotobacter* sp.) y T<sub>4</sub> (80N-80P-60K, *Azotobacter* sp.), estas fórmulas mejoraron las propiedades físicas y químicas del suelo. En el T<sub>2</sub> aumentó el AO a 3,60 %, el N total a 0,28 %, P disponible a 10,38 ppm. La producción de algodón de color (*Gossypium barbadense* L.) con el T<sub>2</sub> alcanzó 1,91 t/ha y con el T<sub>1</sub> fue 1,64 t/ha. La producción con AO restablece la calidad del suelo y puede alcanzar buenos rendimientos semejante a la fertilización inorgánica.

Acevedo et al. (2011) realizaron una su investigación que duró ocho ciclos cultivando maíz para establecer los contenidos de  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$  y N (mineral, total y orgánico) a diferentes profundidades (0, 30,

60, 90 y 120 cm). Al incorporar materia orgánica (MO) a la capa arable, entre 0 y 30 cm, aumentó de 1,66 a 1,83 el porcentaje de MO. El nivel de nitrógeno total aumentó a 40 %; del cual, el 95 % fue nitrógeno orgánico.

García (2003) refiere que la siembra secuencial de diversos cultivos en una misma parcela, acumula restos con diferentes cualidades que contribuirán con carbono al suelo. Mayormente, para mejorar la cantidad de carbono en el suelo, es necesario insertar gramíneas; del mismo modo, evitar la proliferación de plagas. Por otro lado, mejora el contenido de C e incrementa la reposición de nutrientes debido a la calidad y cantidad de los residuos concentrados en el suelo. La rotación de cultivos aumenta la fertilidad del suelo y el rendimiento potencial de los cultivos.

Según Rosas et al. (2017), las enmiendas calcáreas del suelo son necesarias para la corrección de los suelos ácidos. En las plantaciones cacaoteras de la Amazonia Colombiana en un *typic udorthents* totalmente ácido, se dosificó con 0,1,3, 5, 7, 9 y 11 Mg/ha de cal dolomita y carbonato de calcio para descubrir la clase y el peso del componente encalante que reacciona y permiten virar la acidez, pH, H,  $AL_3^+$ ,  $H^+$  y la acidez total. Al realizar la práctica de encalado posterior a los 60 días, existe incremento de las reacciones. Suministrando 7 Mg/ha incrementó el pH de 5,5 a 6,0, también, disminuyeron las concentraciones de Al y Fe, mejoró la capacidad de intercambio catiónico y la accesibilidad de nutrientes nitrógeno y potasio

Pinedo (2015), en Canaán en la estación experimental agraria del INIA, suministró 4 dosis de fertilizantes en la siembra de maíz morado: INIA 615 y PMV 581. Luego de la evaluación de las variables biométricas, la variedad INIA 615 (3,67 t/ha) presentó mayor producción que la variedad PMV 581 (2,78 t/ha). Con la fórmula de fertilización (FF) 120N-90P-60K se logró 3,69 t/ha el mayor rendimiento de mazorcas. Además 2,21 mg/100g es la mayor concentración de antocianina que se obtuvo con la FF: 120N-110P-80K estadísticamente son similares con la FF: 120N-120P-100K con 1,64 mg/100g y FF:120N-90P-60K con 1,62 mg/100g. De la misma forma, no existen diferencias estadísticas en la concentración de antocianina entre la variedad INIA 615 (1,82 mg/100g) y PMV 581(1,67 mg/100g).

Carbonelli (2020) empleó microorganismos eficientes (EM) para evaluar las consecuencias en la siembra de maíz morado PMV 58, con el suministró de 6 litros de EM/ha; la producción fue de  $6,53 \pm 0,77$  t/ha. Además, se alcanzó diferencias estadísticas en las siguientes variables: diámetro de tallo, altura de tallo, longitud de mazorca, número de mazorcas/planta, porcentaje de floración, porcentaje de maduración lechosa, porcentaje y maduración pastosa,

Delgado (2021) comparó el ejemplar INIA 601, morado mejorado y Canteño, obteniendo la más alta cosecha de 6 450 kg/ha con el ejemplar INIA 601, seguido del ejemplar maíz morado mejorado con 5 370 kg/ha y del ejemplar INIA 601 con 4 260 kg/ha. Por otro lado, Piña (2018), al sembrar el ejemplar INIA 601 a diferentes altitudes cosechó 2 562,70 kg/ha con una concentración de antocianina de 6,38 % en coronta y 2,93 % en bráctea (Piña, 2018).

Rabanal y Medina (2021) investigaron el nivel de antocianina en dos pisos altitudinales, Llollón (2770 m) y Llanupacha (3140 m), donde la variedad INIA 601 con 5,3 Mg/ha alcanzó la más alta producción en Llanupacha, seguido de 4,5 Mg/ha en Llollón. El maíz morado INIA 601 consiguió la mejor altura de planta 235 cm y mostró la mejor altura de mazorca 125 cm, seguido por el maíz morado mejorado (MMM) que midió 233 cm y la mejor altura de mazorca midió 120 cm, esto resultó en Llollón. Por otro lado, la altura del MMM (193 cm) fue superior a INIA-601 (190 cm). Asimismo, la altura de mazorca es similar en INIA-601 y MMM (80 cm). Estos resultados ocurrieron en Llanupacha. En el ejemplar INIA 615, se

anticipó el florecimiento femenino tanto en Llollón (101,5 días) como en Llanupacha (125,6 días). De igual manera, para la floración masculina, se presentó primero en Llollón (93,3 días) y después en Llanupacha (118,3 días); también se presentó la tasa de pudrición más baja en Llanupacha (2,3 %) que en Llollón (5,9 %). Hubo mayor concentración de antocianinas en INIA 601 en Llanupacha y Llollón en el elote 6,7 y 7,5 mg/g, en brácteas 2,9 y 2,5 mg/g correlativamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se ejecutó en una parcela experimental del Fundo los Pichones, ubicada a una altitud de 550 m, 17°59'38" de latitud sur y 74°14'22" de longitud oeste.

### Características Climáticas

El estudio se realizó entre septiembre del 2020 y marzo del 2021. El clima se caracteriza por la temporada fría que coincide con los meses de julio y agosto. Las temperaturas calurosas se presentan en los meses de enero a febrero, los cuales son mayormente nublados. Los meses de invierno presentan neblinas, con un ambiente fresco, seco y mayormente despejado, con lluvias muy escasas. En el 2020, se registró 29,47 mm la precipitación promedio anual, 22,8 °C la temperatura máxima media anual y 16,4 °C la mínima promedio anual y el 2021 se registró 17,51 mm la precipitación promedio anual, 21,8 °C la temperatura máxima promedio anual y 15,4 °C la mínima promedio anual.

### Características Edáficas

El suelo donde se instaló el experimento según el análisis es de textura franco arenoso, presenta bajo contenido de materia orgánica, con un pH ácido. Según el CE, son suelos con salinidad media, con poco nitrógeno y con bastante potasio y con un CIC bajo.

### Muestreo y análisis de suelo

Las muestras se obtuvieron a la profundidad de 30 cm. Al inicio, se tomó una muestra general antes de incorporar la materia orgánica (MO), luego se incorporó la MO, transcurrido 250 días se tomó 40 muestras (1 muestra/tratamiento). A los 450 días posteriores a la incorporación de la MO, se repitió la toma de otras 40 muestras, para realizar los análisis químicos y físicos según la tabla 1.

**Tabla 1**

*Método de análisis de las características físico y químicos del suelo*

Análisis	Método
pH	Potenciómetro
Conductividad eléctrica CE	Conductímetro
Materia orgánica MO	Walkley y Black
Nitrógeno total Nt	Microkjeldahl
Fósforo disponible Pd	Olsen modificado
Potasio disponible Kd	Pratt-Fotometro de llama
Capacidad de Intercambio de Cationes	Acetato de amonio 1N
Calcio cambiante Ca <sup>+</sup>	Complexometría

Magnesio cambiabile Mg <sup>+</sup>	Complexometría
Sodio cambiabile Na <sup>+</sup>	Fotómetro de llama
Potasio cambiabile K <sup>+</sup>	Fotómetro de llama

## Conducción del Experimento

Se evaluaron dos variedades de maíz morado INIA 615 y PVM 581, incorporando materia orgánica, cantidades de 30 y 40 t/ha de estiércol (EV) de vacuno, 30 y 40 t ha-1 de estiércol de camélido sudamericano (ECS) y con fertilización química 200-150-120 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O).

La presente fue una investigación de tipo experimental, el diseño estadístico empleado fue DBCA con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Para hallar la diferencia entre las medias, se usó el test de Duncan.

**Tabla 2**

*Tratamientos, Fundo los Pichones - Tacna 2019*

Tratamiento	Hibrido	Materia orgánica	Fertilización
T1	INIA 615	30 t ha-1 EV	0
T2	INIA 615	40 t ha-1 EV	0
T3	INIA 615	30 t ha-1 ECS	0
T4	INIA 615	40 t ha-1 ECS	0
T5	INIA 615	0	200N-150 P205-120 K2O
T6	PMV 581	30 t ha-1 EV	0
T7	PMV 581	40 t ha-1 EV	0
T8	PMV 581	30 t ha-1 ECS	0
T9	PMV 581	40 t ha-1 ECS	0
T10	PMV 581	0	200N-150 P205-120 K2O

*Nota.* EV: estiércol de vacuno, ECS. Estiércol de camélido sudamericano

## Variables Evaluadas

Se evaluaron las siguientes características físicas del suelo: textura del suelo, capacidad de campo (CC), porcentaje de marchitamiento permanente (PMP) y densidad aparente (Da). Asimismo, las propiedades químicas del suelo: potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg). Del mismo modo, en el cultivo se evaluaron las variables agronómicas.

## Manejo agronómico

En seguida describiremos todas las actividades que involucran la conducción del cultivo del maíz morado:

Las labores de campo se iniciaron mecánicamente con el arado, gradeo, nivelación y surcado del predio, luego se incorporó las dosis de MO, se esperó 250 días para aplicar las dosis de fertilizante que contiene P y K y la mitad del fertilizante con N. Posteriormente, se sembró a razón de 5 semillas de maíz

morado por golpe, luego a los 30 días, se incorporó la otra mitad del fertilizante que contiene N. La técnica del desahije se practicó una vez que las plantas alcanzaron 0,20 a 0,25 m de altura para dejar 3 plantas vigorosas por golpe.

En el campo, se instaló riego por goteo, los riegos se realizaron cada 3 días, se realizó el primer riego inmediatamente después la siembra y el último riego fue en la etapa del llenado de grano. La práctica del aporque se hizo a los 30 y 60 días posterior a la siembra. El control cultural se realizó periódicamente y de forma manual. Para el control preventivo de plagas, se empleó feromonas y técnicas culturales para evitar la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Se cosechó en una sola etapa, cuando las plantas mostraron más del 70 % de hojas secas o cuando el grano alcanzó una humedad del 20 % a 25 % o cuando en la base del casquete se encontró una capa marrón o negra.

### Análisis estadístico

La técnica estadística que se empleó fue el análisis de varianza. Las diferencias de los tratamientos se evaluaron al valor de significancia del 5 %; además, se empleó una prueba de comparación de medias de Duncan.

## RESULTADOS

### Características físicas

#### Capacidad de campo CC

En la capacidad de campo, no se encontró significación estadística para bloques. Sin embargo, existe significancia estadística para tratamientos con dosis de materia orgánica. El mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento T<sub>6</sub> (PMV 581 con 30 t/ha de estiércol de vacuno) con 16,88 %. Estadísticamente son similares a T<sub>4</sub> (16,73 %); T<sub>2</sub> (16,56 %); T<sub>1</sub> (16,53 %); T<sub>9</sub> (16,27 %); T<sub>3</sub> (16,20 %) y T<sub>8</sub> (16,14 %), también son superiores a los demás tratamientos.

#### Tabla 3

Test de significancia de Duncan al 5 % para la CC en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

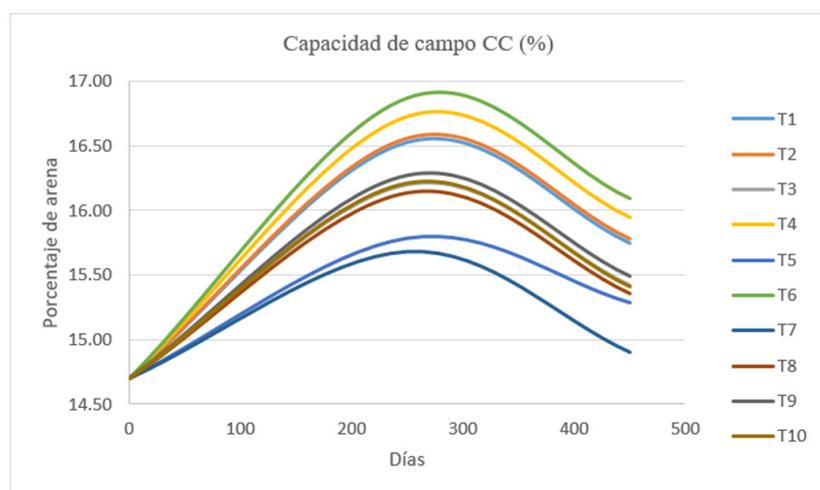
Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia		
T6	1	16,88	A		
T4	2	16,73	A	B	
T2	3	16,56	A	B	
T1	4	16,53	A	B	
T9	5	16,27	A	B	C
T3	6	16,20	A	B	C
T8	7	16,14	A	B	C

T5	8	15,79	B	C
T7	9	15,68	B	C
T10	10	15,33		C

Asimismo, en la Figura 1, se observa que la capacidad de campo en la línea base es de 14 %. Después de aplicar materia orgánica y fertilizantes químicos, a los 250 días, se observa incrementa en el promedio de los tratamientos ente 15,33 y 16,53 %, y a los 450 de la línea base ligeramente disminuye en el promedio de los tratamientos a 14,90 y 15,95 % (Figura 1).

### Figura 1

*Efecto de la incorporación de materia orgánica en la CC del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días en el cultivo de maíz morado*



### Punto de marchites permanente PMP

En el punto de marchites permanente (%) del suelo, no existió significación estadística para bloques. Sin embargo, hay significancia estadística para tratamientos. Según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad (Tabla 4), se observa que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos, los cuales alcanzaron los más altos porcentajes 7,04; 6,95; 6,85; 6,83; 6,68; 6,64 y 6,60%, superando a todos los tratamientos restantes.

### Tabla 4

*Test de significancia de Duncan al 5 % para el PMP en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

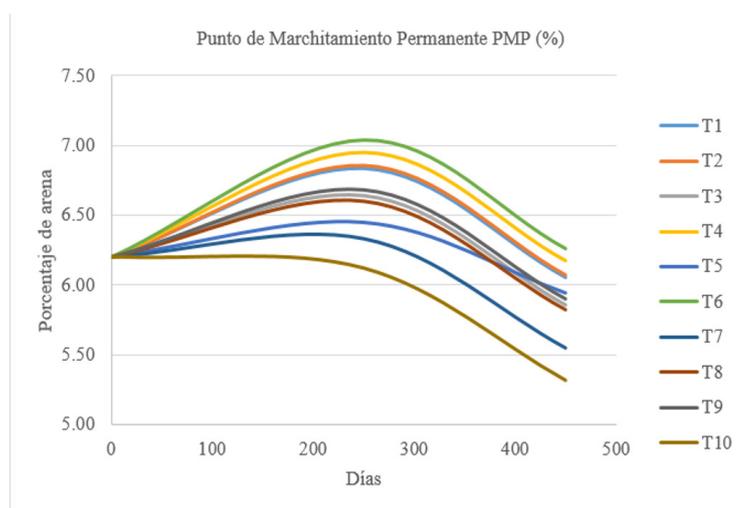
Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia
T6	1	7.04	A
T4	2	6.95	A B

T2	3	6.85	A	B	
T1	4	6.83	A	B	
T9	5	6.68	A	B	C
T3	6	6.64	A	B	C
T8	7	6.60	A	B	C
T5	8	6.44		B	C
T7	9	6.33		B	C
T10	10	6.12			C

En la línea del tiempo, se determinó el valor de 6,20 % en la línea base, al aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días se incrementó en los tratamientos entre 6,12 y 7,04 %, luego del cultivo del maíz morado, a los 450 días decrece en los tratamientos entre 5,32 y 6,26 %.

## Figura 2

*Efecto de la incorporación de materia orgánica en el PMP del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, en el cultivo de maíz morado*



Asimismo, se observa en la Figura 2, donde se observa el efecto de la incorporación de abonos materia orgánica y fertilizante químico en el PMP en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

## Densidad aparente Da

En la densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), no existió significancia estadística significativa para los bloques. Sin embargo, existe significancia estadística para tratamientos con la aplicación de materia orgánica. Se realizó el test de significación de Duncan para encontrar las diferencias entre tratamientos.

**Tabla 5**

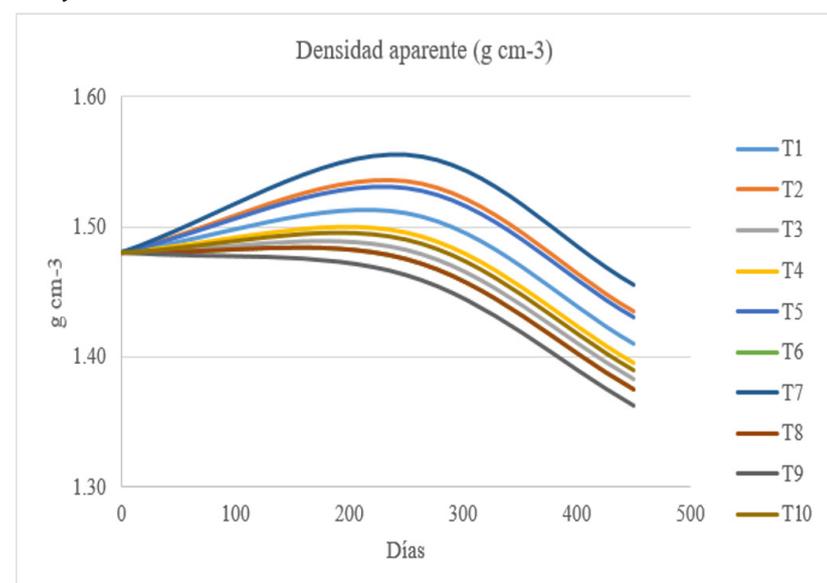
Test de significancia de Duncan al 5 % para la Da en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio g cm <sup>-3</sup>	Significancia		
T7	1	1,56	A		
T2	2	1,54	A	B	
T5	3	1,53	A	B	
T1	4	1,51	A	B	C
T4	5	1,50	A	B	C
T10	6	1,49	B		C
T3	7	1,48	B		C
T8	8	1,48	B		C
T6	9	1,48	B		C
T9	10	1,46	C		

El T7 (PMV 581; 40 t/ha) resultó 1,56 g/cm<sup>3</sup>, la mayor densidad aparente y estadísticamente similar a los T2 (1,54 g/cm<sup>3</sup>), T5 (1,53 g/cm<sup>3</sup>), T1 (1,51 g/cm<sup>3</sup>) y T4 (1,50 g/cm<sup>3</sup>), superiores a otros tratamientos.

**Figura 3**

Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en la Da del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado



Asimismo, se presenta la Figura 3, donde al inicio la línea base Da fue de 1,48 g/cm<sup>3</sup>. A los 250 días después de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, se observa que incrementa la Da en los tratamientos; estos datos están entre 1,49 y 1,51 g/cm<sup>3</sup>. Después, se cultivó el maíz morado donde, a los 450 días, la Da disminuye en los tratamientos, estos datos están entre 1,36 y 1,46 g/cm<sup>3</sup>.

## Características químicas

### *pH del suelo*

Según el ANVA, para los resultados del pH del suelo, no existió diferencia estadística en los bloques. Sin embargo, existen diferencias estadísticas para tratamientos.

**Tabla 6**

*Test de significancia de Duncan al 5 % para el pH en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio g cm <sup>-3</sup>	Significancia		
T1	9	6,36	A		
T3	6	5,68	A	B	
T6	10	5,49	A	B	C
T9	5	5,33	A	B	C
T2	4	5,26	A	B	C
T4	1	5,04	B C		
T7	8	4,78	B C		
T8	2	4,73	B C		
T5	7	4,53	B C		
T10	3	4,37	C		

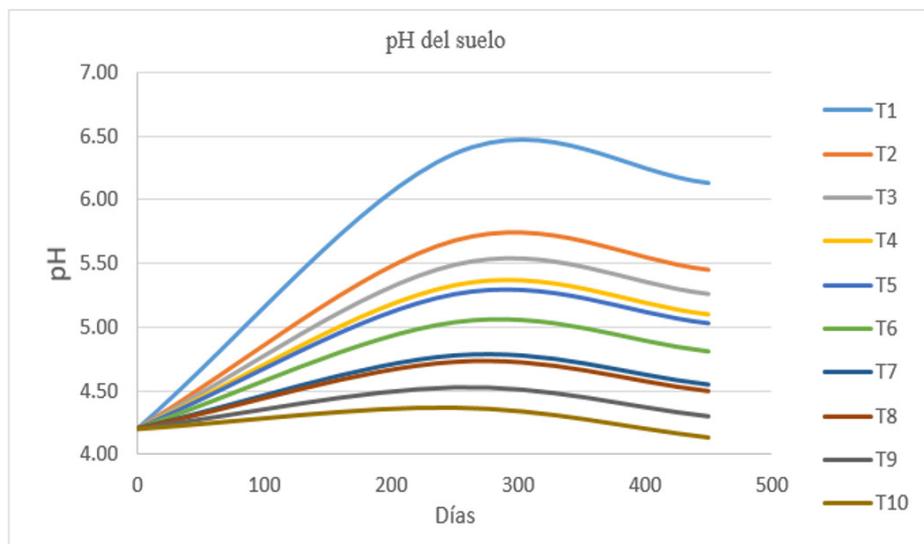
El tratamiento T<sub>1</sub> (6,36 g/cm<sup>3</sup>) con el híbrido INIA 615 con aplicaciones de 30 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de vacuno es estadísticamente similar a los tratamientos T<sub>3</sub> (5,68 g/cm<sup>3</sup>); T<sub>6</sub> (5,49 g/cm<sup>3</sup>); T<sub>9</sub> (5,33 g/cm<sup>3</sup>) y T<sub>2</sub> (5,26 g/cm<sup>3</sup>), y son superiores al resto de los tratamientos.

En la línea base del suelo, el valor del pH fue 4,20. Después de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días, el pH se incrementó en los tratamientos, estos valores están entre 4,37 y 6,36 es decir tiene pH ácido. Luego de cultivar dos híbridos de maíz morado, a los 450 días se observa un ligero descenso del pH en los tratamientos, estos valores se encontraron entre 4,14 y 6,13.

En la Figura 4, se observa las consecuencias en el pH a los 0 (cero), 250 y 450 días después de incorporar abonos orgánicos y fertilizante químico al suelo.

**Figura 4**

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el pH del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



**Materia orgánica MO**

Al realizar el ANVA para los resultados de la MO del suelo, muestra que no hay significación estadística para bloques. En cambio, existe significancia estadística para tratamientos con aplicaciones de abonos orgánicos. El CV es de 28,59%.

**Tabla 7**

*Test de significancia de Duncan al 5 % para la MO en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

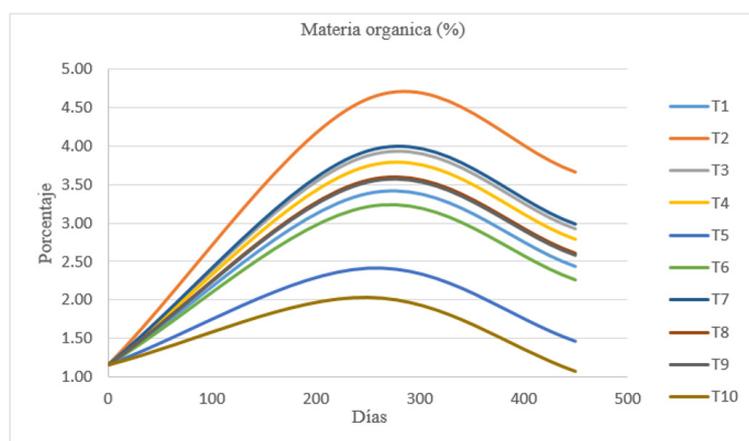
Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia		
T2	4	4,61	A		
T7	8	3,94	A	B	
T3	6	3,88	A	B	
T4	1	3,74	A	B	
T8	2	3,56	A	B	C
T9	5	3,53	A	B	C
T1	9	3,39	A	B	C
T6	10	3,21	A	B	C
T5	7	2,42		B	C
T10	3	2,03			C

El mayor porcentaje de materia orgánica se observó con el tratamiento T<sub>2</sub> (INIA 615; 40 t/ha de estiércol de vacuno), cuyo valor es 4,61 %, estadísticamente similar a los tratamientos: T<sub>7</sub> (3,94 %); T<sub>3</sub> (3,88 %); T<sub>4</sub> (3,74 %); T<sub>8</sub> (3,56%); T<sub>9</sub> (3,53 %); T<sub>1</sub> (3,39) y T<sub>6</sub> (3,21 %). Además, superando a todos los tratamientos restantes.

En la Figura 5, sobre la evaluación, se inició con la línea base; según el análisis de suelo, muestra 1,16 %. Posteriormente, se realizó la incorporación de materia orgánica e inorgánicos; a los 250 días, se incrementó el valor de la MO de los tratamientos, estos valores estuvieron entre 2,03 y 4,61 %. Finalmente, después de cultivar dos híbridos de maíz morado a los 450 días, se apreció que la MO disminuyó ligeramente, estos valores estuvieron entre 1,08 y 3,66 %.

### Figura 5

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el porcentaje de MO del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



### Capacidad de intercambio catiónico CIC

Según el análisis de varianza para la CIC del suelo, no se encontró significación estadística para bloques; por el contrario, se encontró significancia estadística para tratamientos con aplicación de materia orgánica.

### Tabla 8

*Test de significancia de Duncan al 5% para la CIC en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio meq/100 mg	Significancia		
T <sub>9</sub>	1	11,07	A		
T <sub>5</sub>	2	10,94	A	B	
T <sub>4</sub>	3	10,16	A	B	C
T <sub>1</sub>	4	9,95	A	B	C
T <sub>2</sub>	5	9,85	A	B	C
T <sub>7</sub>	6	9,65	A	B	C

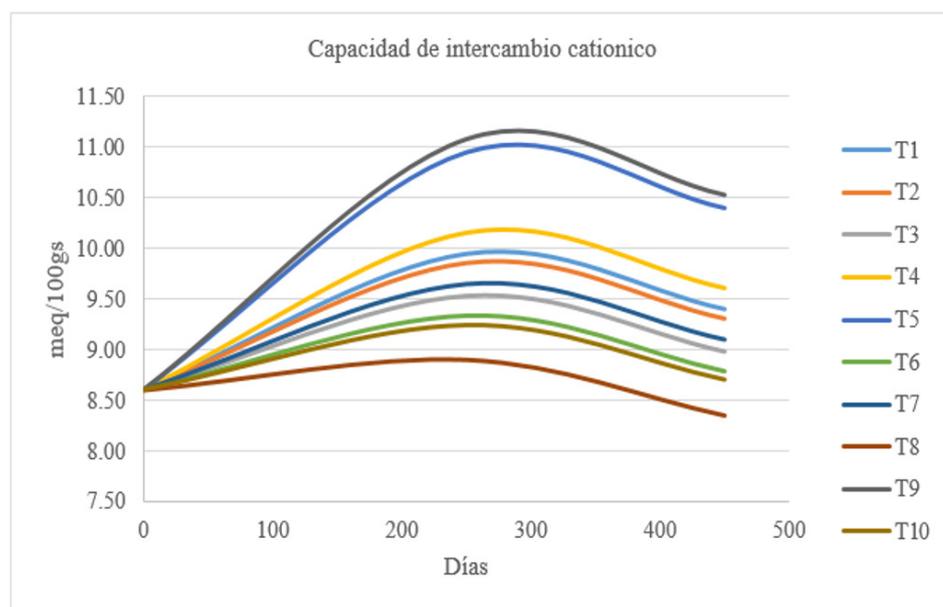
T <sub>3</sub>	7	9,53	B	C
T <sub>6</sub>	8	9,33		C
T <sub>10</sub>	9	9,25		C
T <sub>8</sub>	10	8,90		C

El CV fue de 9,28 %, para saber exactamente cuáles tratamientos son los mejores de acuerdo a la media calculada, realizamos el test de significación de Duncan.

La mayor capacidad de intercambio catiónico en el suelo lo obtuvo el T<sub>9</sub> (11,07 meq/100 mg), híbrido PMV 581 y aplicaciones de 40 t/ha ECS. Este es similar estadísticamente a los T<sub>5</sub> (10,94 meq/100 mg), T<sub>4</sub> (10,16 meq/100 mg), T<sub>1</sub> (9,95 meq/100 mg), T<sub>2</sub> (9,85 meq/100 mg) y T<sub>7</sub> (9,65 meq/100 mg), superando a todos los tratamientos restantes.

### Figura 6

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en la CIC del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



En la Figura 6, se muestra el análisis del suelo de la línea base donde la CE es de 2,41 mS/cm. Luego de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos, se realizó el análisis de suelos a los 250 días, incrementándose el valor de la CE en todos los tratamientos, estos valores se encontraron entre 2,48 y 2,89 mS/cm. Se cultivaron dos híbridos de maíz morado y a los 450 días disminuyó la CE en todos los tratamientos, cuyos valores se encontraron entre 1,93 y 2,34 mS/cm.

### Nitrógeno orgánico (%)

En el ANVA de los resultados del % de N orgánico del suelo, se encontró que para bloques no existió diferencias significativas, por el contrario, se encontró alta significancia estadística para los tratamientos, además el CV fue de 26,77 %.

**Tabla 9**

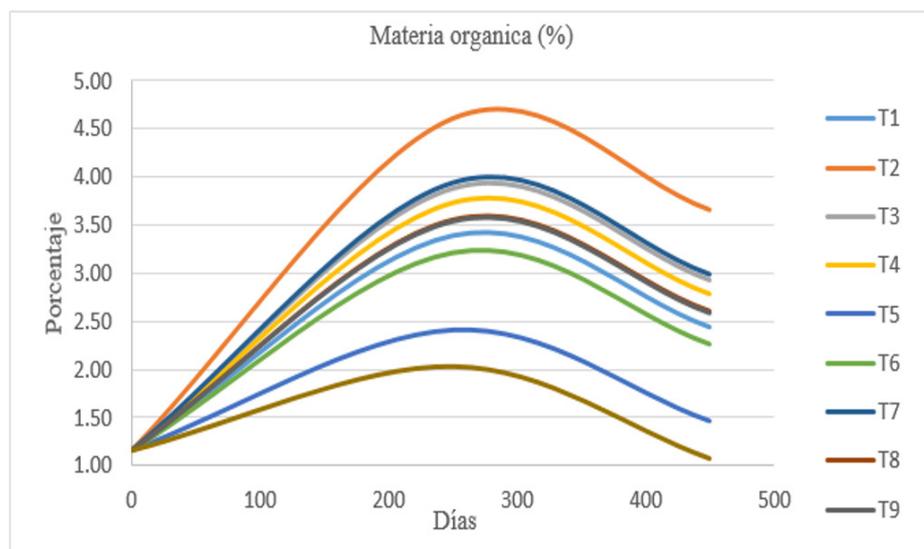
*Test de significancia de Duncan al 5 % para el % de N del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia		
T <sub>9</sub>	9	0,20	A		
T <sub>7</sub>	7	0,20	A		
T <sub>2</sub>	2	0,18	A	B	
T <sub>3</sub>	3	0,17	A	B	
T <sub>1</sub>	1	0,17	A	B	
T <sub>6</sub>	6	0,16	A	B	
T <sub>8</sub>	8	0,14	A	B	C
T <sub>4</sub>	4	0,12	B		C
T <sub>5</sub>	5	0,11	B		C
T <sub>10</sub>	10	0,09			C

El tratamiento que presentó mayor porcentaje de nitrógeno orgánico fue el T<sub>9</sub> (híbrido PMV-581 y aplicaciones de 40 t/ha de ECS) con 0,20 %, estadísticamente semejante a los tratamientos T<sub>7</sub> (0,20 %), T<sub>2</sub> (0,18 %), T<sub>3</sub> (0,17 %), T<sub>3</sub> (0,17 %), T<sub>1</sub> (0,17 %), T<sub>6</sub> (0,16 %), T<sub>8</sub> (0,14 %), a su vez superiores a los demás tratamientos.

**Figura 7**

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el % de N del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



En la Figura 7, se observan las consecuencias de la incorporación de los abonos orgánicos y fertilizante químico en el porcentaje de nitrógeno orgánico del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Al inicio del período de estudio se fijó una línea base, donde 0,06 % fue el porcentaje de nitrógeno orgánico (NO). Después se aplicó abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los tratamientos y a los 250 días se

incrementó el NO. Este intervalo fluctuó entre 0,09 y 0,20 %. Posteriormente, se sembraron dos híbridos de maíz morado. A los 450 días, se muestra paulatinamente el decrecimiento de los valores del NO en los tratamientos, estos valores fluctúan 0,04 y 0,15 %.

### Fósforo (ppm)

Al realizar el ANOVA para el fósforo en el suelo, resultó estadísticamente no significativo para bloques. Sin embargo, existen alta significancia estadística para tratamientos. Para comparar las medias entre los tratamientos, se realizó el test de Duncan.

Los tratamientos INIA 615 con 30 t/ha de ECS (T3) y PMV 581 con 30 t/ha de ECS (T8) son estadísticamente similares y mayores a los demás tratamientos, mientras que el menor contenido de fósforo lo obtuvo el tratamiento del híbrido PMV 581 con 200 N-150 P205-120 K2O (T10) con 28.22 ppm.

**Tabla 10**

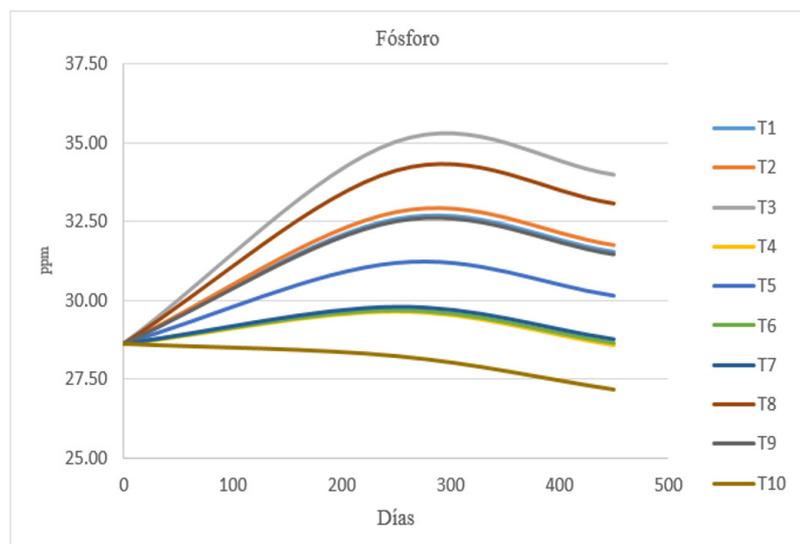
*Test de significancia de Duncan al 5 % para el P del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio ppm	Significancia		
T <sub>3</sub>	1	35,02	A		
T <sub>8</sub>	2	34,12	A		
T <sub>2</sub>	3	32,79	A	B	
T <sub>1</sub>	4	32,59	A	B	
T <sub>9</sub>	5	32,49	A	B	
T <sub>5</sub>	6	31,18	A	B	C
T <sub>7</sub>	7	29,80		B	C
T <sub>6</sub>	8	29,68		B	C
T <sub>4</sub>	9	29,63		B	C
T <sub>10</sub>	10	28,22			C

Asimismo, en la Figura 8, se observan las consecuencias de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en la cantidad de fósforo en el suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Determinando la línea base, el contenido de P fue de 28,60 ppm, luego se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos. A los 250 días, se evaluó la cantidad de P en el suelo, se observó incremento en todos los tratamientos, estos valores se encontraron entre 28,22 y 32,59 ppm. En el experimento, se cultivaron dos híbridos de maíz morado y a los 450 días decreció el contenido de P en los análisis de los tratamientos, cuyos valores están entre 27,17 y 33,97 ppm.

### Figura 8

Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el P del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado



### Potasio (ppm)

Se realizó el ANVA para la cantidad de potasio en el suelo, donde no existió significación para bloques. Sin embargo, se observan efectos significativos para tratamientos. El CV es 6,45 %.

El tratamiento INIA 615 con 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>5</sub>) con 423,01 ppm resultó con mayor contenido de potasio, estadísticamente semejante a los tratamientos PMV 581 con 30 t/ha EV(T<sub>6</sub>), PMV 581 con 40 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>9</sub>), y PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> ECS(T<sub>8</sub>), cuyas medias fueron: 422,61; 422,12; 411,32; 406,96; 405,29; 404,50 y 392,30 ppm respectivamente, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV(T<sub>1</sub>) es inferior a los demás tratamientos.

**Tabla 11**

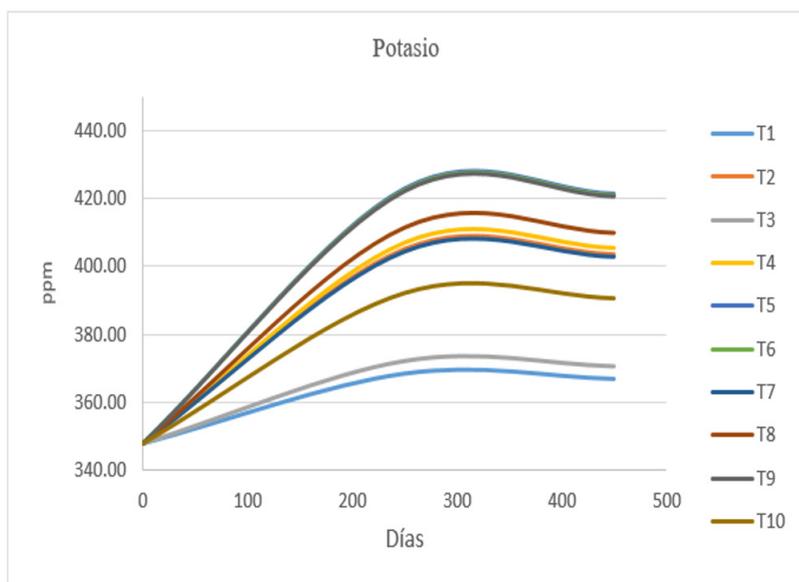
Test de significancia de Duncan al 5 % para el K del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio ppm	Significancia	
T <sub>5</sub>	1	423,01	A	
T <sub>6</sub>	2	422,61	A	
T <sub>9</sub>	3	422,12	A	
T <sub>8</sub>	4	411,32	A	
T <sub>4</sub>	5	406,96	A	B
T <sub>2</sub>	6	405,29	A	B
T <sub>7</sub>	7	404,50	A	B
T <sub>10</sub>	8	392,30	A	B
T <sub>3</sub>	9	372,06	B	
T <sub>1</sub>	10	368,54	B	

Asimismo, se evidencia en la Figura 9 las consecuencias de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de potasio del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. En este estudio, se consideró una línea base donde el contenido de K fue de 348 ppm. Luego se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y, después de 250 días, se midió el contenido de K disponible, observándose un incremento en todos los tratamientos, cuyos valores se encontraron entre 368,54 y 423,01 ppm. Luego, se cultivaron dos híbridos de maíz morado; a los 450 días, se observó un ligero descenso en la cantidad de K en todos los Tratamientos, estos valores se encontraron entre 366,99 y 421,46 ppm.

**Figura 9**

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el K del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



**Calcio (me/100gs)**

El análisis de varianza del calcio en el suelo, nos muestra que para bloques no existe variabilidad significativa. Respecto a tratamiento, se encontraron variaciones estadísticas, el CV es de 12,57 %.

**Tabla 12**

*Test de significancia de Duncan al 5 % para el Ca del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

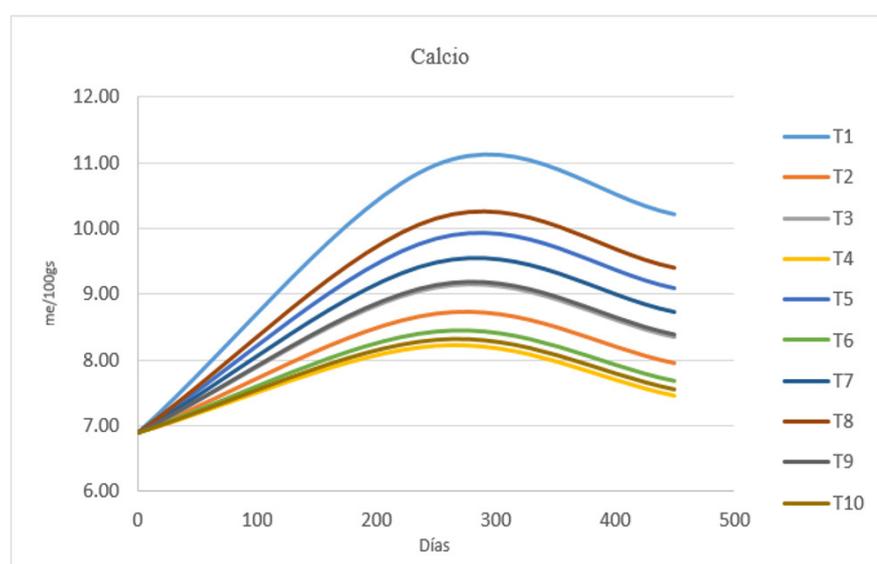
Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia		
T <sub>1</sub>	1	10,96	A		
T <sub>8</sub>	2	10,16	A	B	
T <sub>5</sub>	3	9,84	A	B	C
T <sub>7</sub>	4	9,48	A	B	C
T <sub>9</sub>	5	9,14	A	B	C
T <sub>3</sub>	6	9,10	A	B	C
T <sub>2</sub>	7	8,71	B C		

T <sub>6</sub>	8	8,44	B	C
T <sub>10</sub>	9	8,31	B	C
T <sub>4</sub>	10	8,21		C

En la figura 10, en la línea base se observa que la cantidad de Ca fue de 6,90 me/100gs. Se realizaron aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos; a los 250 días, se incrementó el contenido de Ca en los tratamientos, estos valores oscilaron entre 8,21 y 10,96 me/100gs. Posteriormente, se cultivaron dos híbridos de maíz morado; a los 450 días, la cantidad de Ca en el suelo descendió ligeramente en los tratamientos, cuyos valores se encontraron entre 7,56 y 10,21 me/100gs.

### Figura 10

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el Ca del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



### Magnesio (me/100gs)

Se valoró la cantidad de magnesio en el suelo, donde el ANOVA mostró que no existe significancia estadística para bloques. Respecto al tratamiento, estadísticamente fue significativo.

### Tabla 13

*Test de significancia de Duncan al 5 % para el Mg del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado*

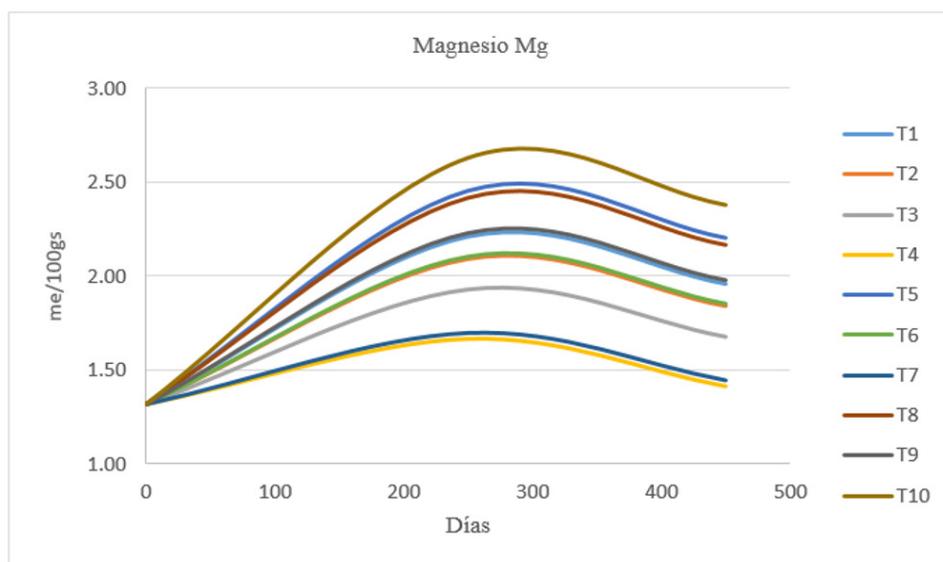
Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia		
T <sub>10</sub>	1	2,63	A		
T <sub>5</sub>	2	2,46	A	B	
T <sub>8</sub>	3	2,42	A	B	
T <sub>9</sub>	4	2,23	A	B	C
T <sub>1</sub>	5	2,21	A	B	C

T <sub>6</sub>	6	2,11	A	B	C
T <sub>2</sub>	7	2,09	A	B	C
T <sub>3</sub>	8	1,93		B	C
T <sub>7</sub>	9	1,70			C
T <sub>4</sub>	10	1,67			C

El tratamiento con fertilización química 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>10</sub>) con 2,63 me/100gs fue el que presentó mayor contenido de magnesio; mientras que el tratamiento con el más bajo contenido de magnesio fue INIA 615 con 40 t/ha de ECS (T<sub>4</sub>) con 1,67 me/100gs.

### Figura 11

*Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el Mg del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado*



Asimismo, se presenta la Figura 11, donde se observan las consecuencias de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de magnesio en la capa arable del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Al inicio de la línea base, se determinó el contenido de magnesio en 1,32 meq/100gs. Se realizaron aplicaciones con abonos orgánicos e inorgánicos; a los 250 días, se determinó en el suelo el aumento en la cantidad de Mg en el integro de tratamientos, estos valores oscilaron entre 1,67 y 2,46 meq/100gs. Posteriormente, se cultivaron dos híbridos de maíz morado; a los 450 días, se analizó el suelo donde decreció el contenido de Ca en todos los tratamientos, estos valores estuvieron entre 1,42 y 2,38 meq/100 gs.

### Rendimiento

En el análisis de varianza de la producción de maíz morado (Kg/ha), se muestra que no hay variabilidad significativa para bloques; por otro lado, se observa alta diferencia estadística en los tratamientos. El coeficiente de variación fue 14,23 y para encontrar la disimilitud entre los tratamientos se realizó el test de Duncan.

**Tabla 14**

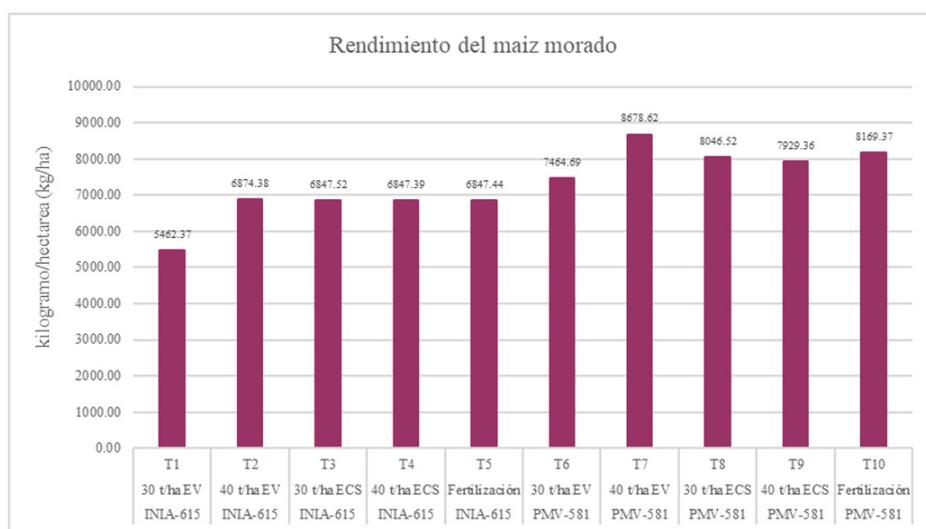
Test de significancia de Duncan al 5 % para la producción del cultivo de maíz morado aplicado con materia orgánica en el suelo

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia	
T <sub>7</sub>	1	8 678,62	A	
T <sub>10</sub>	2	8 169,37	A	B
T <sub>8</sub>	3	8 046,52	A	B
T <sub>9</sub>	4	7 929,36	A	B
T <sub>6</sub>	5	7 464,69	A	B
T <sub>2</sub>	6	6 874,38	B	C
T <sub>3</sub>	7	6 847,52	B	C
T <sub>5</sub>	8	6 847,44	B	C
T <sub>4</sub>	9	6 847,39	B	C
T <sub>1</sub>	10	5 462,37	C	

El tratamiento PMV 581 con 40 t/ha EV(T<sub>7</sub>) representa el mayor rendimiento de maíz morado con 8 678,62 Kg/ha. Asimismo, estadísticamente, es similar a los tratamientos PMV 581 con 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>10</sub>): 8 169,37 Kg/ha; PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>8</sub>): 8 046,52 Kg/ha; PMV 581 con 40 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>9</sub>): 7 929,36 Kg/ha y PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV(T<sub>6</sub>): 7 464,69 Kg/ha. Por otro lado, el tratamiento INIA 615 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV (T<sub>1</sub>) obtuvo el menor rendimiento.

**Figura 12**

Rendimiento (Kg/ha) de maíz morado (*Zea mays L.*) con aplicación de materia orgánicos



La Figura 12 muestra la comparación de los rendimientos de ejemplares de maíz morado con la incorporación de materia orgánica e inorgánica, donde el T7 (8 678,62 Kg/ha) presentó el más alto rendimiento.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Capacidad de campo CC

Es la porción retenida de agua en el suelo luego de que el exceso de agua se descargó y que el nivel de desagüe sea casi cero (Ojeda, Mc Leod, Águila y Pino, 2018). Respecto a las evaluaciones de la CC, el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento T<sub>6</sub> (PMV 581 con 30 t/ha de EV) con 16,88 %, estadísticamente similar a T<sub>4</sub> (16,73 %); T<sub>2</sub> (16,56 %); T<sub>1</sub> (16,53 %); T<sub>9</sub> (16,27 %); T<sub>3</sub> (16,20 %) y T<sub>8</sub> (16,14 %). Las consecuencias de incorporar abonos orgánicos en la CC del suelo se incrementaron hasta los 250 días; luego de terminar el ciclo evolutivo del maíz morado, a los 450 días, disminuyó. Estas conclusiones son diferentes a lo reportado por Dimas et al. (2000), quienes valoraron tratamientos con abonos orgánicos de vacunos a dosis de 20, 30 y 40 t/ha, resultando el CC 32,7; 26,7 y 32,7, respectivamente. Sin embargo, 60 días posterior a la incorporación de materia orgánica de vacuno, el % de CC se ve menguado a 26,8; 29,2 y 29,2, respectivamente. Por otro lado, Murray et al. (2011), en su estudio sobre el impacto del abono orgánico en las características físicas en los primeros 20 cm de la capa arable en una organización agroforestal evaluada durante 6 años, encontraron como resultado los siguientes datos: 24,3; 26,1; 27,9; 30,5; 31,8; y 35,9; donde se observó una relación opuesta al incrementarse la cantidad de MO, la densidad aparente disminuye, esto trae como efecto el incremento de la CC.

### Punto de Marchites Permanente PMP

Los tratamientos que alcanzaron los más altos porcentajes de la PMP tuvieron los valores: 7,04; 6,95; 6,85; 6,83; 6,68; 6,64 y 6,60 %; además, se registró 6,20 % en la línea base. Al aplicar abonos orgánicos e inorgánicos, a los 250 días, se incrementó en los tratamientos entre 6,12 y 7,04 %. Luego de la siembra de dos ejemplares de maíz morado, a los 450 días, disminuyó en los tratamientos entre 5,32 y 6,26 %. Los resultados ya mencionados son inferiores a los conseguidos por Dimas et al. (2000), ellos evaluaron tratamientos con abonos orgánicos de vacunos a dosis de 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup>, resultando el PMP antes de la siembra 17,7; 14,5 y 17,7, respectivamente. Sin embargo 60 días posterior a la incorporación de abonos orgánicos de vacuno el PMP, se vio disminuido a 14,5; 15,8 y 15,8, respectivamente. Además, Osorio y Silveyra (2001) registraron porcentajes entre 10,41 y 11,57, a los 65 días después de siembra de maíz, asimismo, refieren que al dosificar con escorias BOF C2 inerte y abonos orgánicos en el suelo calcáreo originan variaciones positivas en el PMP.

### Densidad Aparente Da

El tratamiento T<sub>7</sub> (PMV 581, 40 t/ha) tuvo un resultado de 1,56 g/cm<sup>3</sup>, la mayor Da y estadísticamente similar a los T<sub>2</sub> (1,54 g/cm<sup>3</sup>), T<sub>5</sub> (1,53 g/cm<sup>3</sup>), T<sub>1</sub> (1,51 g/cm<sup>3</sup>) y T<sub>4</sub> (1,50 g/cm<sup>3</sup>), superiores a otros tratamientos. En la línea base se registró 1,48 g/cm<sup>3</sup>; a los 250 días después de incorporar abonos orgánicos y fertilizantes químicos, aumentó la DA en los tratamientos, cuyos datos están entre 1,49 y 1,51 g/cm<sup>3</sup>. Después se cultivaron dos híbridos de maíz morado; a los 450 días, la DA disminuyó en los tratamientos, estos datos estuvieron entre 1,36 y 1,46 g/cm<sup>3</sup>. Los resultados preliminares son semejantes a los obtenidos por Osorio y Silveyra (2001), valores que están entre 1,30 y 1,35 g/cm<sup>3</sup>. A los 65 días, después de la siembra de maíz, refiere que al suministrar escorias BOF C2 inerte y abonos orgánicos al suelo calcáreo ocasionan variaciones positivas en la Da. Asimismo, Barahona y Villarreal (2013) realizaron aplicaciones 20, 40 y 60 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, cuyas Da resultaron 1,31; 1,30 y 1,30, respectivamente, deduciendo que la Da decrece porque la gallinaza contribuye incrementando la materia orgánica, mejorando la estructura y componentes del suelo.

## Características químicas

### pH del suelo

El tratamiento T<sub>1</sub> (6,36) con el híbrido INIA 615 con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es estadísticamente similar a los tratamientos T<sub>3</sub> (5,68); T<sub>6</sub> (5,49); T<sub>9</sub> (5,33) y T<sub>2</sub> (5,26). Sobre la línea base del suelo, el pH fue de 4,20. Después de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos, a los 250 días, el pH se incrementó en el suelo, entre 4,37 y 6,36, es decir, presentó pH ácidos. Luego del cultivo de dos híbridos de maíz morado, a los 450 días, se observa un ligero descenso del pH, estos valores se encontraron entre 4,14 y 6,13. Estos datos son inferiores a los registrados por Barahona y Villarreal (2013), luego de aplicar 20, 40 y 60 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza el pH resultó 5,9; 5,5 y 5,9 respectivamente. Además, a medida que aumenta el suministro de gallinaza se muestra que aumenta el valor del pH, con la dosificación de 60 t/ha se obtiene un pH de 5,9. Soto et al. (2016) evaluaron la cantidad de abonos orgánicos en suelos para la agricultura, donde el pH fue moderadamente ácido (5,93), lo que influyó directamente en la asimilación de los nutrimentos por la planta.

### Materia orgánica MO

El mayor porcentaje de materia orgánica se observó con el tratamiento T<sub>2</sub> (INIA 615; 40 t/ha de EV) cuyo valor es 4,61 %, estadísticamente similar a los tratamientos: T<sub>7</sub> (3,94 %); T<sub>3</sub> (3,88 %); T<sub>4</sub> (3,74%); T<sub>8</sub> (3,56 %); T<sub>9</sub> (3,53 %); T<sub>1</sub> (3,39) y T<sub>6</sub> (3,21 %). Asimismo, la evaluación se inició con la línea base, según el análisis de suelo, presentó 1,16 %. Posteriormente, se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos. A los 250 días, se incrementó el valor de la MO de los tratamientos, estos valores estuvieron entre 2,03 y 4,61 %. Después de cultivar dos híbridos de maíz morado, a los 450 días, se apreció que la MO disminuyó ligeramente de los tratamientos, estos valores se encontraron entre 1,08 y 3,66 %. Estos valores estuvieron dentro del rango encontrado por Soto et al. (2016), en su evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas, donde la MO cuantificó un porcentaje muy bajo en todos los suelos (< 4 %). Asimismo, Cairo y Alvarez (2017), al cultivar soya abonada con estiércol descompuesto, registraron 2,5 % de MO, transcurrido un tiempo, se observó 3,7 %, un aumento sustancial de MO en el suelo.

### Capacidad de intercambio catiónico CIC

El tratamiento T<sub>9</sub> (PMV 581, 40 t/ha ECS) con 11,07 meq/100 mg es el mayor CIC; este resultado es similar estadísticamente a los T<sub>5</sub> (10,94 meq/100 mg), T<sub>4</sub> (10,16 meq/100mg), T<sub>1</sub> (9,95 meq/100 mg), T<sub>2</sub> (9,85 meq/100 mg) y T<sub>7</sub> (9,65 meq/100 mg). Al inicio del experimento, el CIC fue 8,60 meq/100 gs, con la incorporación de materia orgánica e inorgánica, la CIC; a los 250 días, aumentó en los tratamientos, estos niveles fueron entre 8,90 y 11,07 meq/100 gs. Después de cultivar dos híbridos de maíz morado, a los 450 días, los niveles de CIC disminuyeron ligeramente en los tratamientos, estos niveles se encuentran entre 8,35 y 10,52 meq/100 gs, estos valores son inferiores a los encontrado por Huaroc et al. (2021), en su estudio sobre cómo afecta los abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la mejora del suelo sembrado de maca, donde la aplicación de lombricompost al 20 %, registró 28,75, superando al compost con 22.29, así como a las enmiendas inorgánicas. Rivera et al. (2016) señalan que para mejorar la CIC es necesario la incorporación de abonos orgánicos; además, baja la detención del fósforo, dinamiza la acción de los microorganismos y mejora la concentración de nutrientes en el ecosistema del suelo. Cotrina et al. (2020) manifiestan que con la materia orgánica incrementa la CIC efectiva (5,46) y supera al control (4,11).

### Nitrógeno orgánico (%)

El tratamiento que presentó mayor porcentaje de nitrógeno orgánico fue el T<sub>9</sub> (híbrido PMV 581) y aplicaciones de 40 t/ha de guano de camélido sudamericano con 0,20 %, estadísticamente semejante a los tratamientos T<sub>7</sub> (0,20 %), T<sub>2</sub> (0,18 %), T<sub>3</sub> (0,17 %), T<sub>1</sub> (0,17 %), T<sub>6</sub> (0,16 %), T<sub>8</sub> (0,14 %). Después, se aplicaron abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los tratamientos y a los 250 días se incrementó el NO, este intervalo fluctuó entre 0,09 y 0,20 %. Posteriormente, se sembraron dos híbridos de maíz morado; a los 450 días, se observó un ligero decrecimiento de los valores del NO en los tratamientos, estos valores estuvieron entre el 0,04 y 0,15 %. Bedoya y Julca (2021) analizaron cómo afectan los abonos orgánicos en la producción de palto donde las características del estiércol de vacuno, antes de descomponer fue 1,78 % y después de la descomposición se incrementó a 2,39 %, estos valores fueron superiores al presente trabajo. Sin embargo, Cotrina et al. (2020) refiere que utilizando gallinaza como abono aumenta la concentración de nitrógeno entre 0,15 y 0,17 %; es similar el aporte de N con el Compost y el Bocashi.

### Fósforo (ppm)

Los tratamientos INIA 615 con 30 t/ha de guano de camélido sudamericano (T<sub>3</sub>) y PMV 581 con 30 t/ha de estiércol de camélido sudamericano (T<sub>8</sub>) son estadísticamente similares y mayores a los demás tratamientos. En la línea base, el contenido de P fue de 28,60 ppm; luego se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizante químico. A los 250 días, se evaluó la cantidad de P en la capa arable, se observó un incremento en todos los tratamientos, estos valores se encontraron entre 28,22 y 32,59 ppm. En el experimento, se cultivaron dos híbridos de maíz morado, a los 450 días, decreció el contenido de P en los análisis de los tratamientos, cuyos valores están entre 27,17 y 33,97 ppm. Estos valores fueron menores a los encontrados por Cotrina et al. (2020), cuando evaluó el efecto de los abonos orgánicos sobre la concentración de fósforo en suelos. Las aplicaciones de abonos como el bocashi registró valores de 7,36 y 7,67 mejoró la concentración de P en la capa arable del suelo. De la misma forma, Huaroc et al. (2021) señala que los abonos orgánicos, bajo la forma de compost (19,20) y el lobricompost (110,53), aumentan la cantidad de fósforo en la capa arable del suelo sembrado con maca, lo contrario sucedió con la fertilización química, donde la disponibilidad fue baja. Además, podemos afirmar que la disponibilidad del fósforo se debe a la dinámica microbiológica en el suelo.

### Potasio (ppm)

El tratamiento INIA 615 con 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>5</sub>) con 423,01 ppm resultó con mayor contenido de potasio, estadísticamente semejante a los tratamientos PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV(T<sub>6</sub>), PMV-581 con 40 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>9</sub>), y PMV-581 con 30 t ha<sup>-1</sup> ECS(T<sub>8</sub>), cuyas medias son: 422,61; 422,12; 411,32; 406,96; 405,29; 404,50 y 392,30 ppm respectivamente, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV(T<sub>1</sub>) fue inferior a los demás tratamientos, en la línea base, donde el contenido de K fue de 348 ppm. Luego, se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos; después de 250 días, se midió el contenido de K disponible, se observó incremento en todos los tratamientos, cuyos valores se encontraron entre 368,54 y 423,01 ppm. Luego, se cultivaron dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días se observó ligero descenso de K en todos los tratamientos, estos valores fueron semejantes a lo registrado por Huaroc et al. (2021), quien menciona que las enmiendas orgánicas, tanto el compost (510,33 y 719,33) como el vermicompost (503,00 y 570,33), aumentaron la cantidad de potasio en el suelo sembrado con maca. Cotrina et al. (2020), al analizar el potasio (K), indicó que los tratamientos aplicados con compost (66,19), bocashi (68,3) y gallinaza (69,49) incrementaron la concentración del elemento en el suelo.

### Calcio (me/100gs)

El tratamiento INIA 615 con 30 t/ha EV(T<sub>1</sub>) con 10,96 me/100gs fue mayor y estadísticamente similar a los tratamientos, donde los contenidos de calcio presentaron los siguientes promedios: 10,16 (T<sub>8</sub>); 9,84 (T<sub>5</sub>); 9,48 (T<sub>7</sub>); 9,14 (T<sub>9</sub>) y 9,10 (T<sub>3</sub>) me/100gs. El más bajo contenido de calcio en el suelo lo obtuvo el tratamiento INIA-615 40 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>4</sub>) con 8,21 me/100gs. De acuerdo a la línea base, el contenido de Ca fue de 6,90 me/100gs. Se realizaron aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos; a los 250 días, se incrementó el contenido de Ca en los tratamientos, estos se encontraron entre 8,21 y 10,96 me/100gs. Posteriormente, se cultivaron dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días la concentración de Ca en el suelo, descendió ligeramente, los valores estuvieron entre 7,56 y 10,21 me/100gs. Según Torres et al. (2016), al incorporar lombricompost y gallinaza, en el suelo la concentración de Ca, K, Mg se incrementa considerablemente. Según Huaroc et al. (2021), es posible agregar compuestos que contengan calcio a los abonos orgánicos para corregir suelos ácidos con siembra de maca, el valor de 20,18 se registró incorporando compost y 18,85 fue con lombricompost.

### Magnesio (me/100gs)

El tratamiento con fertilización química 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>10</sub>) con 2,63 me/100gs es el que presentó mayor contenido de magnesio, mientras que el tratamiento con el más bajo contenido de magnesio fue el tratamiento PMV 581 con 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O(T<sub>10</sub>). Asimismo, se observó cómo afecta la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de magnesio a la capa arable del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días. La línea base determinó el contenido de magnesio en 1,32 meq/100gs. Se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos; a los 250 días, se determinó en el suelo crecimiento en la concentración de Mg, estos valores están entre 1,67 y 2,46 meq/100gs. Posteriormente, se cultivaron dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se analizó el suelo donde decreció el contenido de Ca en todos los tratamientos, estos valores están entre 1,42 y 2,38 meq/100 gs.

Berardo (2004) señala que los granos de las gramíneas sustraen casi bajas cantidades de calcio y magnesio, pudiendo sustraer más Mg en suelos con menor contenido de este elemento con relación al calcio que hay en exceso. Según Huaroc et al. (2021), se observó el efecto de las enmiendas orgánicas como el lombricompost al 20 %, el cual registró una media de 6,02 meq Mg<sup>+2</sup>/100 g suelo, debido al efecto de los ácidos orgánicos que permiten eliminar el magnesio en el suelo y aumentar la absorbencia en el medio de reserva de nutrientes, a causa de esto se eleva la disponibilidad de Mg cambiante, esto enriquece e incrementa las reservas del Mg en el suelos para que sea accesible para el cultivo y microorganismos del ecosistema del suelo. Gómez et al. (2002) afirma que el agua de riego contribuye Mg en dosis altas, los cultivos sustraen pocas cantidades de Mg, razón por la cual hay sobrantes altos de este elemento tanto en la fertilización inorgánica; asimismo, existen altas concentraciones con gallinaza 1 846 y estiércol 2 515 de MgO kg/ha.

### Rendimiento

El cultivo de PMV 581 con 40 t/ha EV (T<sub>7</sub>) representa el mayor rendimiento de maíz morado con 8 678,62 Kg/ha, estadísticamente similar a los tratamientos PMV 581 con 200 N-150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120 K<sub>2</sub>O (T<sub>10</sub>): 8 169,37 Kg/ha; PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> ECS(T<sub>8</sub>): 8 046,52 Kg/ha; PMV 581 con 40 t ha<sup>-1</sup> ECS (T<sub>9</sub>): 7 929,36 Kg/ha y PMV 581 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV(T<sub>6</sub>): 7 464,69 Kg/ha, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha<sup>-1</sup> EV (T<sub>1</sub>) obtuvo el rendimiento. Estos valores son similares a los encontrados por Girón y Llallahui (2018), y Mandujano (2017), que obtuvieron rendimientos de 6,4 t ha<sup>-1</sup> con compost y microorganismos eficientes y

7,2 t ha<sup>-1</sup> con compost y guano de isla respectivamente. Por otra parte, Nolasco (2021), aplicando 5 t ha<sup>-1</sup> de compost, alcanzó un rendimiento de 7,7 t ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, Andrade (2022) observó cómo afectó las fuentes orgánicas en la producción y concentración de pigmentos de antocianinas, en total se cosechó 5,9 t/ha de maíz morado.

## CONCLUSIONES

El suministro de materia orgánica restableció la calidad del suelo, aumentó las cantidades de macronutrientes; asimismo, se observaron cambios en las características físicas y químicas de la capa arable del suelo.

Las necesidades nutritivas del maíz morado y otros cultivos alteraron las características físico químicas del suelo, debido a la asimilación y absorción de elementos nutrimentales por las plantas de maíz morado y también a los diversos ciclos de vida que ocurren en el ecosistema del suelo.

El suministro de materia orgánica tuvo efectos positivos en la producción del maíz morado. Se concluye que es posible obtener mejores o semejantes rendimientos, comparado a las fórmulas que usan fertilizantes químicos.

## RECOMENDACIONES

En la actualidad, el medio ambiente se ve afectado por el frecuente y excesivo empleo de fertilizantes químicos. Para mitigar esta realidad, se recomienda que se realicen investigaciones sobre el uso de diversas fuentes, abonos y enmiendas orgánicas dirigidas al cuidado, mejoramiento y conservación de los suelos.

El maíz morado es un cultivo promisorio. Debido a sus bondades nutraceuticas, se recomienda su consumo, ya que previene enfermedades cardiovasculares y cancerígenas. Por tal motivo, es necesario incrementar su producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C. (2022). Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research* 4(1), 16-21.
- Avilés Esquivel, D. F., Montero, M., & Barros-Rodríguez, M. (2017). Los camélidos sudamericanos: productos y subproductos usados en la Región Andina. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal*, 11, 30-38. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_de\\_camelidos/camelidos\\_general/35-AICA2017\\_Trabajo004.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/camelidos_general/35-AICA2017_Trabajo004.pdf)
- Barahona, L. A., & Villarreal, J. E. (2013). Efecto de la gallinaza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25859.50723>

- Barrios, M., & Pérez, D. (2018). Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro*, 30(2), 117-124. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/473/193>
- Bedoya Justo, E., & Julca Otiniano, A. (2021). Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *IDESIA (Chile)*, 39(4), 111-119. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400111>.
- Berardo, A. (2004). Manejo de la fertilización en una agricultura sustentable. *Información Agronómica* (23), 1-5. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/639E58B05C154F6D852579990060E47C/\\$FILE/Berardo%20Sustentabilidad.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/639E58B05C154F6D852579990060E47C/$FILE/Berardo%20Sustentabilidad.pdf)
- Cairo Cairo, P., & Álvarez Hernández, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. *Pastos y Forrajes*, 40(1), 37-42. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n1/pyf05117.pdf>
- Cairo Cairo, P., & Ubaldo, Á. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. *Pastos y Forrajes*, 40(1), 37-42.
- Cajilema Zhuilema, J. P. (2015). *Evaluación del comportamiento forrajero de tres variedades de Festulolium con dos abonos orgánicos en la estación experimental Aña Moyocancha* [tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5238/1/Tesis.pdf>
- Cotrina Cabello, V. R., Alejos Patiño, I. W., Cotrina Caballero, G. G., Córdova Mendoza, P., & Córdova Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>
- Cruz Macías, W. O., Rodríguez Larramendi, L. A., Salas Marina, M. Á., Hernández García, V., Campos Saldaña, R. A., Chávez Hernández, M. H., & Gordillo Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana* 38, 475-480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Dimas López, J., Díaz Estrada, A., Martínez Rubín, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2000). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293-299. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319401.pdf>
- Duran Espíritu, R. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays l), en condiciones agroecológicas de Panao, 2019* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. Repositorio UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4692>
- Farfán Cruz, H. (2021). *Efecto de la fertilización orgánico mineral sobre la producción de maíz morado (Zea mayz L.) en Acobamba - Huancavelica* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6fccfa69-2cc7-4581-a065-7c152b68422e/content>
- Farfán, H., & Perales, A. (2019). Efecto de la fertilización orgánica mineral sobre la producción de maíz morado (Zea mayz L.). *Revista De investigación científica Siglo XXI*, 1(1), 97-106. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.14>

- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XLI(2), 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Girón, J., & Lllallhui, C. (2018). Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (*Zea mays L.*)-Ayacucho. *Investigación* 26(1), 11-16. <https://doi.org/10.51440/unsch>.
- Gómez, A., Pomares, F., Albiach, R., Canet, R., & Baixauli, C. (2002). Efectos de la fertilización orgánica en cultivos hortícolas: producción, balance de nutrientes y de materia orgánica. *V Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 443-452. [https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7275/2002\\_G%c3%b3mez\\_Efectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7275/2002_G%c3%b3mez_Efectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guillén Sánchez, J., Mori Arismendi, S., & Paucar Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5, 4, pp.211-217. ISSN 2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>.
- Huaroc Enríquez, H. H., Olivar Gonzales, Y. R., & Omonte Arzapalo, J. N. (2021). *Efecto de enmiendas orgánicas e inorgánicas en el mejoramiento de suelos cultivados con maca (Lepidium meyenii Walp.)*. Carhuamayo. 2021. [tesis de pregrado, Universidad Continental, Huancayo]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11534>
- Mandujano Apolín, Y. D. (2017). *Los abonos orgánicos en la producción de maíz morado variedad mejorada pmv-581 (Zea mays L.) y las propiedades químicas del suelo en condiciones agroecológicas del Instituto de Investigación Frutícola y Oleícola - Cayhuayna Huánuco - 2016*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/1518/TAG%2000718%20M22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manqui G., F., Allende C., M., & Alexis, V. (mayo de 2012). Preparación de Suelos. *INFORMATIVO N° 61*. Chile: INIA Ururi.
- Moreno, C., González, M. I., & Egido, J. A. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *Científica Ecuador es Calidad*. <https://revistaecuadorestcalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestcalidad/index.php/revista/article/view/8/22>
- Murray Núñez, R. M., Bojórquez Serrano, J. L., Hernández Jiménez, A., Orozco Benítez, M., García Paredes, J., Gómez Aguilar, R., Aguirre Ortega, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Bio Ciencias*, 1(3), 27-35. <https://doi.org/10.15741/revbio.01.03.04>
- Nolasco Bernardo, Y. (2021). *Enmiendas orgánicas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones de Cayhuayna - Pillco Marca - Huánuco, 2019* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6473>
- Osorio Torres, M., & Silveyra Medina, J. (2001). Uso de la escoria bof C2 inerte y materia orgánica en el cultivo de maíz. *AGRARIA UAAAN*, 17(2), 43-57. <https://revista.uaaan.edu.mx/wp-content/uploads/2021/09/2001-2.pdf#page=49>

- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo* [tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Pavón Garache, J., & Zapata Valle, O. I. (2012). *Comparación de tres fertilizantes orgánicos y un combinado en el cultivo de maíz (Zea mays), en el campus agropecuario de la UNAN-León* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- Rivera, Y., Morenoi, L., Herrera, M., & Romero, H. M. (2016). La toxicidad por aluminio (Al<sup>3+</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas* 37, 11-23.
- Romero, G., Trillo, F., Orellana, J., Quiroga, P., Gamarra, J., Rojas, D., Rivadeneira, V., Núñez, J. (2020). Efecto de Acacia macracantha en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(3), e20389. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20389>
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas*, 25(especial), 98-114. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1071>
- Soto Mora, E. S., Hernández Vázquez, M., Luna Zendejas, H. S., Ortiz, E., & García Gallegos, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 98-105. <http://www.reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>
- Torres, D., Mendoza Escalona, B. J., & Marco, C. E. (2016). Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Cienc. Tecn. UTEQ.*, 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.18779/cyt.v9i2.193>
- Trinidad Santo, A., & Velasco Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52-58. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802/666>
- Trinidad, A. (2017). *Abonos orgánicos*. Ciudad de México: SAGARPA.
- Valenzuela, M. (2011). *Elaboración de humus de lombriz utilizando cuatro fuentes de materia orgánica, para mejorar el contenido nutricional del suelo* [tesis de pregrado, Universidad técnica de Babahoyo].
- Vera Velázquez, R., Del Valle Holguín, W., Pallarozo Loo, R., & Katherine Isabel, D. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Científica Sinapsis*, 2(21). <https://doi.org/10.37117/s.v2i21.534>
- Zanor, G. A., López Pérez, M. E., Martínez Yáñez, R., Ramírez Santoyo, L. F., Gutiérrez Vargas, S., & León Galván, M. F. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 19 (4), e036. <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.036>