

EM-1® en la optimización del vermicompost y su efecto en el rendimiento de triticale
(*xTriticosecale* Wittm.), Valle del Mantaro-Junín

EM-1® in the optimization of vermicompost and its effect on the yield of triticale
(*xTriticosecale* Wittm.), Mantaro-Junín Valley

Vidal César Aquino Zacarías^{1*}, Fredy Fernando Rivas Yupanqui¹, Narcizo Isidoro Gómez Villanes¹, Rubén Munive Cerrón¹.

¹ Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú.
Carretera Central km 35. El Mantaro, Jauja, Junín, Perú

Vidal César Aquino Zacarías: <https://orcid.org/0000-0001-5593-8811>

Fredy Fernando Rivas Yupanqui: <https://orcid.org/0000-0003-0006-4808>

Narcizo Isidoro Gómez Villanes: <https://orcid.org/0000-0001-8875-4875>

Rubén Munive Cerrón:

*Autor corresponsal: vaquino@uncp.edu.pe

RESUMEN

El vermicompost aplicado al suelo no es aprovechado convenientemente de todas sus propiedades a favor del cultivo. El objetivo del ensayo fue, evaluar el efecto de EM-1® en la optimización de la enmienda al suelo del vermicompost para acrecentar el rendimiento de grano y sus componentes asociados del triticale; ejecutado durante el año agrícola 2021/22, terreno 2, EEAM-FAG-UNCP, El Mantaro-Jauja. El arreglo experimental fue, suministrar dosis (2 y 5%) de microorganismos eficaces (EM-1®) buscando determinar el efecto del momento (antes de las 8:00 y después de las 16:00 horas) y frecuencia de aplicación (cada 8 y 15 días) en los componentes asociados de rendimiento del triticale. El diseño experimental

fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. El rendimiento de grano dependió de sus componentes asociados estimados (granos m^{-2} , espigas m^{-2} , granos espiga $^{-1}$ y peso 1000^{-1} granos). Espigas m^{-2} reveló más 71% de la varianza con un mínimo de 7,97% para granos por espiga. Espigas m^{-2} y peso 1000^{-1} granos influyeron directamente el rendimiento de grano esperado de triticale en el valle del Mantaro, Junín, por efecto de los EM-1® para la optimización del vermicompost diluido al 5%, aplicado antes de las 8:00 horas y frecuencia de aplicación cada 15 días.

Palabras clave: microorganismos eficaces; fertilizante orgánico; componentes de rendimiento.

ABSTRACT

The vermicompost applied to the soil is not conveniently used for all its properties in favor of the crop. The objective of the trial was to evaluate the effect of EM-1® in optimizing vermicompost soil amendment to increase grain yield and its associated triticale components; executed during the 2021/22 agricultural year, plot 2, EEAM-FAG-UNCP, El Mantaro-Jauja. The experimental arrangement was to supply doses (2 and 5%) of effective microorganisms (EM-1®) seeking to determine the effect of the moment (before 8:00 a.m. and after 4:00 p.m.) and frequency of application (every 8 and 15 days) on the associated components of triticale yield. The experimental design was a randomized complete block with three replications. The grain yield depended on its estimated associated components (grains m^{-2} , spikes m^{-2} , spike $^{-1}$ grains and weight 1000^{-1} grains). Ears m^{-2} revealed more than 71% of the variance with a minimum of 7.97% for grains per ear. Ears m^{-2} and weight 1000^{-1} grains directly influenced the expected grain yield of triticale in the Mantaro Valley, Junín, due to

the effect of EM-1® for the optimization of 5% diluted vermicompost, applied before 8 p.m. :00 hours and frequency of application every 15 days.

Keywords: effective microorganisms; organic fertilizer; yield components

Introducción

A nivel mundial los productos agrícolas más importantes son los cereales. El triticale (*xTriticosecale* Wittmack), especie de introducción al valle del Mantaro-Junín, obtenido de la cruce entre el trigo (*Triticum* sp) y centeno (*Secale cereale*), tolerantes al estrés, utilizados como cultivos de doble propósito (forraje y granos), resistente a enfermedades y plagas (Mergoum *et al.*, 2019). Los triticales para grano, comparado con el trigo, cuentan con aceptable rendimiento en hábitats carentes de agua y/o nutricional (Paccapelo *et al.*, 2017; Riasat *et al.*, 2019); sin embargo, la producción agrícola, se sustenta al uso de fertilizantes sintéticos y orgánicos para acrecentar la producción de la biomasa (FAO, 2019), y, el uso excesivo de los fertilizantes químicos, producen salinización, problemas en el drenaje, compactación del suelo (Álvarez, 2017), eutrofización, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas con el consecuente deterioro del suelo agrícola generando problemas en la eficiencia de la absorción en el suelo y planta (Álvarez, 2017), marcados por un considerable deterioro ambiental a largo plazo (Iftikhar *et al.*, 2019), afectando la seguridad alimentaria, como muestra la producción de cereales menores, que emplean abonos nitrogenados inorgánicos para subsanar las insuficiencias del suelo (Scharf, 2015; Corrales-González *et al.*, 2016). Antecedentes que conciben crear prácticas agrícolas amigables que interfieran en la contaminación del suelo, estas, se hallan en la agricultura orgánica, sustentando que, la aplicación de biofertilizantes puede ser una importante alternativa para fertilizar cultivos, reduciendo el uso de fertilizantes de síntesis química e incrementar la

producción (Alarcon *et al.*, 2020). En el valle se práctica una agricultura familiar dentro de la agricultura orgánica, haciendo uso de enmiendas orgánicas como la materia orgánica (MO) animal y otros como el vermicompost (VC), producto estabilizado, homogéneo y de granulometría fina como parte de una restauración ecológica mediante la fertilización del suelo (Villegas-Cornelio y Laines, 2017), contando con un potencial para soportar el desarrollo de las especies vegetales, cuando se emplean como parte de los sustratos de crecimiento (Moreno *et al.*, 2014). El VC, implica la biooxidación y estabilización de material orgánico por acción conjunta de lombrices de tierra y microorganismos. Las lombrices de tierra son los impulsores del proceso y aceleran la conversión de los residuos orgánicos, estimulando los procesos de mineralización y humificación, obteniendo un producto final estable y maduro (Vásquez y Loli, 2018). Suministra todos los nutrientes necesarios para un buen desarrollo de las plantas y tiene el potencial de afectar de forma positiva su crecimiento, el cual está relacionado con la actividad hormonal y con los microorganismos del suelo (Beltrán-Morales *et al.*, 2016). Sin embargo, durante su fermentación, el VC, produce ácidos orgánicos (lácticos, acéticos, aminoácidos y málicos), sustancias bioactivas y vitaminas que normalmente no está disponible (EMPROTEC, s.f.), lo que minimiza el incremento de humus en el suelo, conduciendo a la no utilización eficiente del VC en la producción de los cultivos, además, los agricultores, desconocen técnicamente sus bondades de uso aplicado al suelo, más aún, no es aprovechado convenientemente de todas sus propiedades, por ello, una alternativa es el uso de los microorganismos eficaces (ME), un producto con una funcionalidad tan amplia, debido a que los microorganismos que los componen se adaptan a un sinnúmero de condiciones, cuya tecnología, permite mejorar la eficacia y reducir el proceso de maduración de biofertilizantes, particularmente, el composteo, mejorando la estructura física de los suelos, incrementando la fertilidad química

y destruyen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades (Morocho y Leiva-Mora, 2019; EMPOTREC, s.f.), agrupan una gran diversidad microbiana (bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con capacidad fermentativa), promueven la germinación de semillas por efecto hormonal, similar al ácido giberélico, aumenta el vigor y crecimiento del tallo y raíces desde la germinación hasta la emergencia de plántulas por su efecto como rizobacterias; benefician el florecimiento, el crecimiento y desarrollo de frutos por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas y permiten una reproducción más exitosa en las plantas; desde el punto de vista fisiológico, incrementan la capacidad fotosintética a través de mayor desarrollo foliar (biomasa) por las bacterias endofíticas que colonizan los tejidos internos de la planta y contribuyendo al crecimiento de biomasa, al igual que las rizobacterias, similar a las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas rizosféricas (Santoyo *et al.*, 2016); contribuyen a una mejor adquisición de nutrimentos y otros recursos que favorecen el incremento y desarrollo de las plantas (Santoyo *et al.*, 2016; Morocho y Leiva-Mora, 2019), así como su capacidad para absorber agua y nutrientes (Morocho y Leiva-Mora, 2019) restableciendo el equilibrio microbiológico del suelo, incrementando la protección y producción de los cultivos, conservando los recursos naturales generando una agricultura y medio ambiente sostenible (Alarcon *et al.*, 2020). Los ME, son productos que promueven el reciclaje de nutrientes en el suelo, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otra parte, estos microorganismos son capaces de degradar agentes tóxicos como pesticidas, producir moléculas orgánicas simples que pueden ser tomadas por las plantas, formación de complejos con metales pesados lo cual limita la toma de estos por la planta (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

El programa de cereales de la Estación Experimental Agropecuaria "El Mantaro" (EEAM), Facultad de Agronomía (FAG), Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), continua con la validación agronómica de una línea de triticale proveniente del CIMMYT-México de doble propósito satisfactorios para quién lo produce (Aquino *et al.*, 2020), y haciendo uso de EM-1®, se podría asociar al mejor aprovechamiento del VC con enmienda al suelo, permitiendo utilizar convenientemente los estímulos externos, promoviendo mejor establecimiento de los componentes de rendimiento, que estima el rendimiento potencial. Se estableció la investigación con el objetivo de evaluar el efecto de EM-1® en la optimización de la enmienda al suelo del vermicompost para acrecentar el rendimiento de grano y sus componentes asociados del triticale.

Materiales y métodos

La pesquisa se ejecutó durante el año agrícola 2021-2022, lote 2, EEAM-FAG-UNCP, distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, departamento de Junín. Carretera Central, km 34, margen izquierda del río Mantaro; Latitud Sur, 12°03'19" del Ecuador; Longitud Oeste, 75°16'33" de Greenwich; Altitud, 3316 msnm. De clima seco y templado, semifrígido (lluviosos y con presencia de heladas), de 650 mm de precipitación promedio (diciembre y marzo), temperatura máxima promedio anual 18,4°C (febrero-marzo), 20,8°C (noviembre) y 20,3°C (mayo) y la mínima, 0,5°C (julio) y 7,0°C (enero-marzo), en donde, el 70% de la agricultura se realiza en secano (CIIFEN, 2018). El análisis de suelo reportó, contenido medio de nitrógeno total (0,14 %), alto en potasio (369,24 ppm), materia orgánica (2,73 %), medio de fósforo (9,07 ppm), conductividad normal (10,39 mS/m), textura franco-arcillosa, reacción medianamente alcalina (pH = 7,81, efecto despreciable de salinidad, no existiendo restricción para ningún cultivo) (Riveros, 2022).

El material genético de triticale (ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_ 9/3/POSAS_2/4/: CIMMYT), presenta características, semi-tardía, porte intermedio, espigas aristadas, buen macollamiento y rebrote, hábito primaveral. La composición del VC presentó, Humedad: 30-60%, pH: 6,8 a 7,2, Nitrógeno: 1 a 4% (valor frecuente 2,5%), Fósforo 1 a 2,3 (valor frecuente 1,5%), Potasio: 1 a 2,3 % (valor frecuente 1,2%) Calcio: 2 a 16% (valor frecuente 2%), Magnesio: 1 a 2,25%, Carbono Orgánico: 14 a 30%, Ácido fúlvicos: 14 a 30%, Ácido Húmico: 2,8 a 5,8%, Sodio: 0,02%, Cobre: 0,05%, Hierro: 0,02%, Manganeso: 0,06%. EM-1®, natural, probiótico compuesto por microorganismos benefactores y crecidamente eficientes, presentes en la naturaleza; son levaduras, bacterias ácido-lácticas y fotos trópicas, que aceleran la descomposición de la MO, contribuye a la regeneración y equilibrio de la flora microbiana en el suelo y las plantas, acelerando la ruptura de compuestos como proteínas, azúcares, grasas, minerales y fibras, a través de un proceso de fermentación (y no de putrefacción). Usos: recuperación y activación biológica de suelos, mantenimiento, siembra directa, abonos, compostaje de residuos orgánicos. EM-1 es concentrado y los microorganismos contenidos están en estado de latencia, por lo que fueron activados antes de usar para conservarlos a largo plazo, hasta un mes después de preparada (Luna y Mesa, 2016; Biopunto, 2020). Las características de EM-1® activado para su utilización fue a los siete días de preparado con pH entre de 3,3 a 3,7 con olor dulce ácido, similar al guarapo, color marrón rojizo (Luna y Mesa, 2016).

El cultivo del triticale fue al establecimiento de precipitaciones pluviales (noviembre-marzo) y riegos corrientes a la presencia de sequías; el 05 de noviembre de 2021, se sembró el triticale (120 kg ha^{-1} : $14,4 \text{ g hilera}^{-1}$) en sistema de chorrillo continuo, a profundidad de 5 cm (Aquino *et al.*, 2020), previamente se realizó la enmienda al suelo del VC al fondo de la hilera a dosis de 12 t ha^{-1} ($1,44 \text{ kg hilera}^{-1}$ de $1,2 \text{ m}^2$), antes del tapado se aplicó EM-1®

(estadío $Z_{0,0}$) según corresponde a los tratamientos, culminando con la cosecha de grano el 16 de julio de 2022 al determinar el estadío $Z_{9,2}$: granos maduros en el tercio medio de la espiga con 14% de humedad (Zadoks *et al.*, 1974). El manejo agronómico del cultivo fue conducido a la usanza tradicional del agricultor del valle del Mantaro (Aquino *et al.*, 2020). Las muestras provinieron de dos metros lineales ($0,3 \text{ m}^2$ por m lineal) de las hileras centrales (Aquino *et al.*, 2020), en cada área muestral se contabilizaron las espigas m^{-2} (EM2); se seleccionaron al azar cinco espigas para determinar, granos espiga⁻¹ (GET); los dos metros lineales, se segaron, se trillaron, se pesaron y constituyó el rendimiento potencial de grano (RPG) transformado a t ha^{-1} ; del grano cosechado, se adquirieron dos muestras de 250 granos cada una, luego de determinar su peso, se sumaron y se llevó a peso de 1000 granos (PMG); el número de granos m^{-2} (GM2), fue calculado del producto de EM2 x GET.

Los tratamientos responden a la combinación de VC y EM-1® en dos concentraciones (2% y 5%), dos momentos de aplicación (antes de las 8:00 y después de las 16:00 horas) y dos frecuencias (cada 8 y 15 días), Tabla 1.

Tabla 1.

Plan de combinación aplicado a los tratamientos de EM-1® en triticale primaveral.

T	Descripción			Codificación
	D-EM1®	MA-EM1®	FA-EM1®	
T ₁	2%	Antes: 8am	Cada: 8 días	2A8C8D
T ₂	2%	Antes: 8am	Cada: 15 días	2A8C15D
T ₃	2%	Después: 4pm	Cada: 8 días	2D4C8D
T ₄	2%	Después: 4pm	Cada: 15 días	2D4C15D
T ₅	5%	Antes: 8am	Cada: 8 días	5A8C8D
T ₆	5%	Antes: 8am	Cada: 15 días	5A8C15D
T ₇	5%	Después: 4pm	Cada: 8 días	5D4C8D
T ₈	5%	Después: 4pm	Cada: 15 días	5D4C15D
T ₉	Testigo			TT

T: Tratamiento (T₁, ..., T₉). D-EM1®: % de dilución. MA-EM1®: momento de aplicación. FA-EM1®: frecuencia de aplicación.

Los tratamientos buscan la respuesta en el incremento de la productividad de granos del triticale, distribuidos en un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones con

27 parcelas de 1,2 x 4 m; el área total experimental fue de 129,6 m². Cada unidad experimental presentó cuatro hileras de 4 m de longitud espaciados a 0,30 m entre hileras, considerando la unidad experimental útil las dos hileras centrales, a fin de evitar el efecto de borde de las unidades experimentales vecina (Aquino *et al.*, 2020).

Los datos fueron sistematizados en matrices (Excel 2021), se ejecutó el ANOVA para calcular las medias, errores estándar y diferencias significativas entre tratamientos, utilizando el software estadístico InfoStat.ve 2020. Las medias de tratamiento se compararon mediante la DMS de las medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Se estableció la correlación existente entre el rendimiento de grano y sus componentes asociados directos, a través de polinomios ortogonales.

Resultados y discusión

El efecto de aplicación de EM-1® aplicados para la optimización del VC en dosis, momento y frecuencia diferentes, sobre los componentes directos asociados al rendimiento; los resultados del ANOVA indican diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) y significativas ($p \leq 0,05$). Se observa mayor potencial de rendimiento de grano (RPG) con mejor establecimiento de espigas por unidad de superficie (EM2) y aceptable densidad del grano (PMG), no evidenciando diferencias estadísticas ($p > 0,05$) en número de granos por m² (GM2) y espiga (GET). RPG explicó más del 79% de la varianza total con un mínimo de 7,97% hacia GET y un máximo de 71,83% en EM2, componente de rendimiento directo de mayor contribución al rendimiento potencial de granos.

El uso de EM-1®: 5A8C15D (5% de dilución, aplicado antes de las 8:00 horas con frecuencia de aplicación cada 15 días) permitió el incremento de RPG (7,56 t ha⁻¹) en estrecha relación directa con GM2 (18441,56), distinguiéndose de TT con 64,95 y 48,02 por ciento más,

respectivamente (Tabla 2), indicando, el máximo número de granos m^{-2} , causa mayor rendimiento de granos. Es frecuente que se comparen los rendimientos entre el triticale y trigo harinero, resultando en rendimientos equivalentes o sutilmente superiores en casi todos los casos (Paccapelo *et al.*, 2017), aquí, en el valle del Mantaro, el rendimiento promedio de granos de trigo harinero es $1,5 t ha^{-1}$, con rendimientos máximos de hasta $4,5 t ha^{-1}$, que, con el rendimiento alcanzado, esto es, 40 por ciento inferior a la línea de triticale promovido por EM-1® en la optimización del VC.

Tabla 2.

Rendimiento potencial de granos de triticale. Efecto de EM-1® en la optimización del vermicompost.

EM-1®	RPG	GM2
	\bar{x}	\bar{x}
2A8C8D	3,46 ^{bc}	11408,33 ^a
2A8C15D	3,10 ^c	8269,44 ^a
2D4C8D	2,58 ^c	16281,78 ^a
2D4C15D	3,16 ^c	12508,56 ^a
5A8C8D	6,00 ^{ab}	15213,78 ^a
5A8C15D	7,56 ^a	18441,56 ^a
5D4C8D	3,33 ^{bc}	14304,00 ^a
5D4C15D	3,47 ^{bc}	8804,56 ^a
TT	2,65 ^c	9585,56 ^a
DMS	2,79881	13618,68028
Contrastes (CM)		
Lineal	0,17 ^{ns}	1499029,46 ^{ns}
Cuadrática	21,61 ^{**}	168716425,0 [*]
Cúbica	4,88 [*]	9475871,07 ^{ns}

RPG: rendimiento potencial de grano ($t ha^{-1}$). GM2: número de granos m^{-2} . EM-1®: microorganismos eficaces (Biopunto, 2020). CM: cuadrado medio. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas. DMS ($p > 0,05$).

Esta combinación (5A8C15D), también promovió mejor establecimiento de EM2 (442,2) superando a TT hasta en 45,35 por ciento, sin embargo, con solo incrementar la frecuencia de aplicación cada 8 días (5A8C8D) se alcanzó mayor PMG (55,73 g) con eficiencia de 24,99 por ciento frente a TT (Tabla 3), el número de espigas por unidad de superficie y peso de mil granos son componentes de efecto directo, para incrementar el rendimiento de grano (Santos

y Marza, 2018; Paccapelo *et al.*, 2017), dejando constancia que la aplicación de EM-1® en dosis mayores por la mañana con menor y mayor frecuencia alcanzaron mejor rendimiento y establecimiento de los componentes directos, debido a que los microorganismos eficaces (ME), aceleran la descomposición natural de la materia orgánica, incrementando la calidad nutricional y biológica de los abonos orgánicos (Huayllani, 2017) y en este caso el VC, que fue degradado y/o transformado para mejor aprovechamiento en la nutrición, utilizados en una producción limpia (Pedraza *et al.*, 2010) promoviendo mejor floración con la consecuente establecimiento del desarrollo de los frutos (Luna y Mesa, 2016), es decir, espigas y granos del triticale.

Tabla 3.

Componentes asociados directos de triticale. Efecto de EM-1® en la optimización del vermicompost.

EM-1®	Componentes de rendimiento directos		
	EM2	GET	PMG
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
2A8C8D	250,00 ^b	46,20 ^a	44,67 ^{ab}
2A8C15D	216,67 ^b	38,00 ^a	45,73 ^{ab}
2D4C8D	395,55 ^{ab}	41,20 ^a	51,60 ^{ab}
2D4C15D	283,33 ^{ab}	44,73 ^a	44,33 ^{ab}
5A8C8D	368,33 ^{ab}	41,47 ^a	55,73 ^a
5A8C15D	442,20 ^a	41,67 ^a	45,73 ^{ab}
5D4C8D	322,78 ^{ab}	41,20 ^a	47,00 ^{ab}
5D4C15D	223,89 ^b	39,20 ^a	45,60 ^{ab}
TT	241,67 ^b	39,33 ^a	41,80 ^b
DMS	179,9534	28,18728	2,71371
Contrastes (CM)			
Lineal	1483,22 ^{ns}	20,94 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Cuadrática	88551,59 ^{**}	19,14 ^{ns}	224,58 ^{**}
Cúbica	2232,27 ^{ns}	45,99 ^{ns}	47,4 ^{ns}

EM2: número de espigas m⁻². GET: número de granos espiga⁻¹. PMG: peso de mil granos (g). EM-1®: microorganismos eficaces (Biopunto, 2020). CM: cuadrado medio. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas. DMSt (p>0,05).

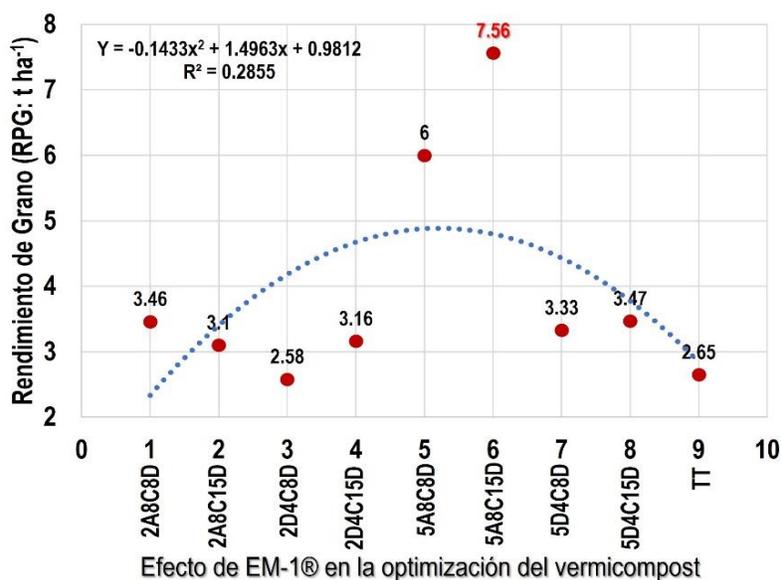
Los polinomios ortogonales muestran la cuadrática más ajustado en RPG, EM2 y PMG que la cúbica siendo altamente significativa (p≤0,01) y significativa (p≤0,05) en GM2, indicando

la tendencia de utilizar EM-1® en el rendimiento potencial de granos y sus componentes asociados directos EM2 y PMG.

Del contraste cuadrático, 5A8C15D, promueve mayor RGP (R^2 de 0,2855) y GM2 (R^2 de 0,486) ambas características siguen una curva parabólica ascendente, existiendo una tasa creciente a medida que se incrementa la dosis de los ME, marcando una aplicación positiva por la mañana, influenciado por la frecuencia de suministro de los ME, debido a la respuesta fisiológica la planta, dado a que, por la mañana se encuentra con mayor apertura de estomas, en pleno metabolismo nutricional y menos evapotranspiración ambiental (Figura 1 y 2) con 28,55% y 48,6% de tendencia.

Figura 1.

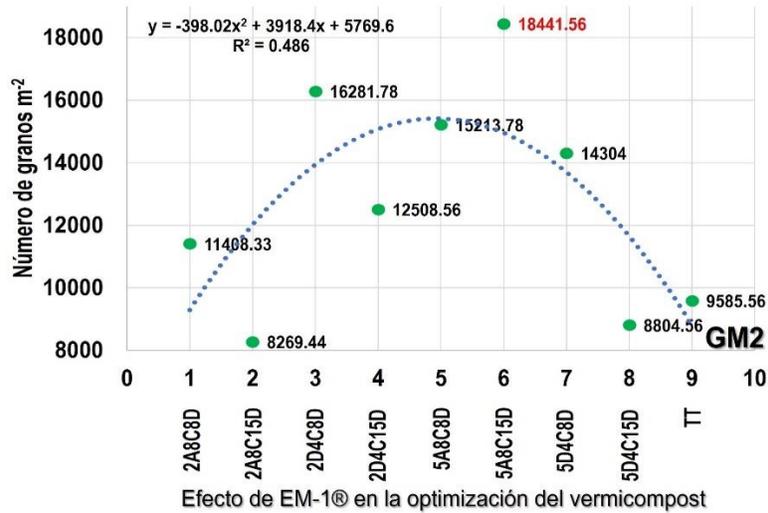
Contraste cuadrático para el efecto de microorganismos eficaces (EM-1®) con el rendimiento potencial de granos (RPG).



Nota: Porcentaje de dilución: 2% y 5%. Momento de aplicación: A8 (antes de las 8:00), DA (después de las 16:00). Frecuencia de aplicación: C8D (cada 8 días), C15D (cada 15 días). TT: sin EM-1®.

Figura 2.

Contraste cuadrático para el efecto de microorganismos eficaces (EM-1®) con el número de granos m² (GM2).

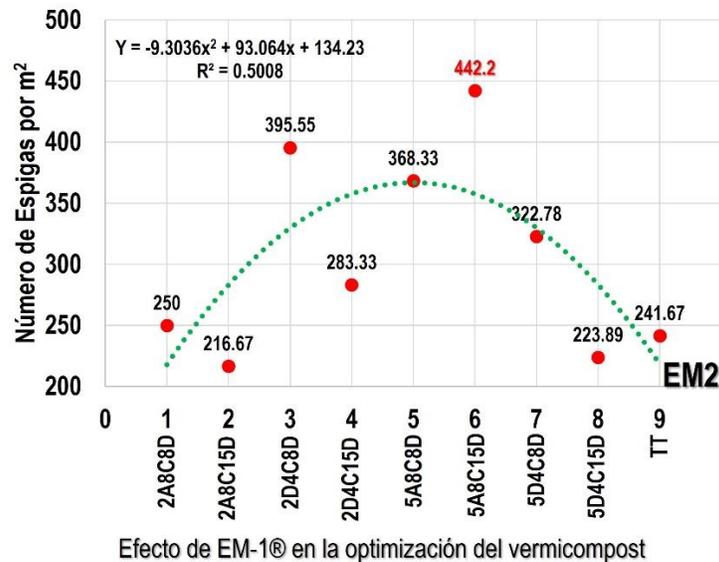


Nota: Porcentaje de dilución: 2% y 5%. Momento de aplicación: A8 (antes de las 8:00), DA (después de las 16:00). Frecuencia de aplicación: C8D (cada 8 días), C15D (cada 15 días). TT: sin EM-1®

El R² de 0,5008 del contraste cuadrático, 5A8C15D, suscita mayor EM2 y sigue una curva parabólica ascendente en el efecto de EM-1® en las combinaciones, prontamente la curva descende diferenciándose con 5DC8D, con una tendencia de 50,08% (Figura 3).

Figura 3.

Contraste cuadrático para el efecto de microorganismos eficaces (EM-1®) con el componente, espigas por m² (EM2).

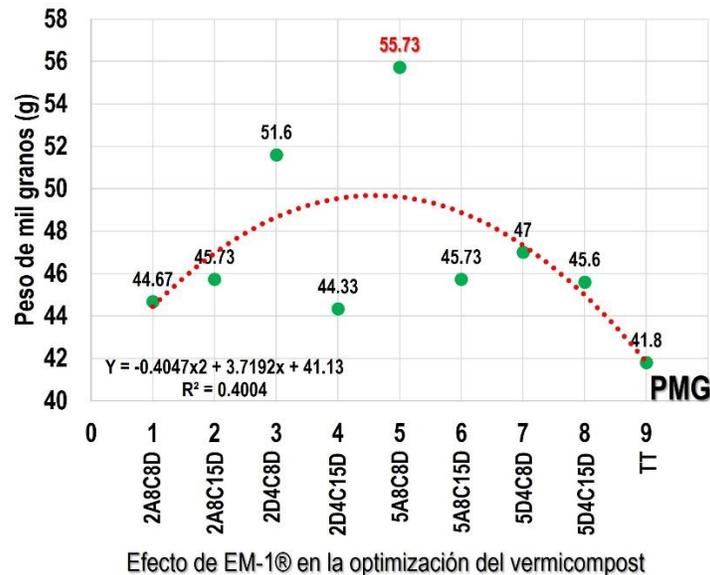


Nota: Porcentaje de dilución: 2% y 5%. Momento de aplicación: A8 (antes de las 8:00), DA (después de las 16:00). Frecuencia de aplicación: C8D (cada 8 días), C15D (cada 15 días). TT: sin EM-1®

La tendencia de utilizar EM-1® en la optimización del VC, en PMG, se observa un comportamiento similar a EM2, diferenciándose solamente en la frecuencia de aplicación (cada 8 días), así, R² de 0,4004 del contraste cuadrático, 5A8C8D, promueve mayor PMG (Figura 4) marcando la tendencia a partir de esta combinación que sigue una curva parabólica ascendente, existiendo una tasa menos creciente a medida que se suceden las demás combinaciones con 40,04% de tendencia, marcando un descenso clarificado en las aplicaciones de EM-1® por las tardes y a mayor dosis, con drástico descenso en 5D4C15D (aplicación por la tarde).

Figura 4.

Contraste cuadrático para el efecto de microorganismos eficaces (EM-1®) con el componente, peso de mil granos (PMG).



Nota: Porcentaje de dilución: 2% y 5%. Momento de aplicación: A8 (antes de las 8:00), DA (después de las 16:00). Frecuencia de aplicación: C8D (cada 8 días), C15D (cada 15 días). TT: sin EM-1®

Es importante, además, esta combinación (5A8C15D), muestra una relación directa entre RPG y GM2, que, alcanzó la cima más alta, para luego descender en la combinación que implica la aplicación por la tarde (después de las 16:00 horas) con la misma dosis y frecuencia

de aplicación, probablemente por menor apertura de estomas de la planta con mayor presencia de evapotranspiración. El TT, marcó tendencias inferiores por no existir efecto de EM-1®.

Conclusiones

Los componentes de rendimiento directos espigas m⁻² y peso de mil granos mostraron ser los determinantes directos del rendimiento de grano por unidad de superficie de triticale con aptitud granífera en el valle del Mantaro, Junín, por efecto de los EM-1® para la optimización del vermicompost con dilución al 5%, aplicado antes de las 8:00 horas y frecuencia de aplicación cada 15 días.

Con el propósito de acentuar el uso de microorganismos eficaces para el buen aprovechamiento de los fertilizantes orgánicos a favor de los cultivos cerealícolas en el valle del Mantaro, se hace ineludible extender el estudio incluyendo aplicaciones en diferentes estadios fenológicos de inoculación microbiana para restablecer el equilibrio microbiológico del suelo sobre una base sostenible y un ambiente limpio.

Literatura citada

Alarcon, J.; Recharte, D.C.; Yanqui, F.; Moreno, S.M.; Buendía, M.A. 2020. Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria* 11(1), 67-73.

Álvarez, M. 2017. Efecto de los microorganismos eficaces y frecuencias de aplicación, en el rendimiento del cultivo de la vid (*Vitis vinífera* L.) cv. Red Globe. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna. Perú]. 175 pp.

Aquino, V.; Gómez, N.; Rivas, F.; Azabache, A.; Jiménez-Dávalos, J. 2020. Incremento N foliar, biomasa e índices de competencia del triticale (x *Triticosecale*) asociado con haba,

utilizando diferentes proporciones de semilla en el valle del Mantaro, Perú. *IDESIA (Chile)*, 39(1), 1-9

Beltrán-Morales, F.A.; García-Hernández, J.L.; Ruiz-Espinoza, F.H.; Valdez-Cepeda, D.; Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; González-Zamora, A. 2016. Efectos de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(7), 143-149.

Biopunto. 2020. Ficha técnica EM-1®. Chile

CIIFEN. 2018. *Entendiendo el clima de la Cuenca del Río Mantaro, Perú*. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador. 62 pp.

Corrales-González, M.; Rada, F.; Jaimez, R. 2016. Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.). *Acta Agronomica*, 65(3), 255–260.

EM Producción y Tecnología S.A. (EMPROTEC). s.f. *Guía de la Tecnología de EM*. Costa Rica, C.A. 36 pp.

FAO. 2019. *Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes*. Roma. 56 pp.

Huayllani, H.K.O. 2017. *Influencia de microorganismos eficaces (EM-compost) en la producción de Compost de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales, Concepción, 2016*. [Tesis de Pre Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Continental]

Iftikhar, S.; Saleem, M.; Ahmad, K.S.; Jaffri, S.B. 2019. Synergistic mycoflora–natural farming mediated biofertilization and heavy metals decontamination of lithospheric compartment in a sustainable mode via *Helianthus annuus*. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental* 16, 6735-6752.

Luna, F. M.A.; Mesa, R.J.R. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.

Mergoum, M.; Sapkota, S.; Eldoliefy, A.E.A; Naraghi, S.M.; Pirseyedi, S.; Alamri, M.S.; AbuHammad, W. 2019. *Triticale (x Triticosecale Wittmack) Breeding*. In: Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds) *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. Springer, Cham. 48 pp.

Moreno, R.A.; García, G.L.; Cano, R.P.; Martínez, C.V.; Márquez, H.C.; Rodríguez, D.N. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios*, 1(2):163-173.

Morocho, M.T.; Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

Paccapelo, H.; Ferreira, V.; Picca, A.; Ferrari, E.; Domínguez, R.; Grassi, E.; Ferreira, A.; di Santo, H.; Castillo, E. 2017. Triticale (*xTriticosecale* Wittmack): Rendimiento y sus componentes en un ambiente semiárido de la Argentina. *Chilean J. Agric. Anima. Sci., ex Agro-Ciencia*, 33(1), 45-58.

Pedraza, R.O.; Teixeira, K.R.S.; Fernández, S.A.; García, de S.I.; Baca, B.E.; Azcón, R.; Baldani, V.L.D.; Bonilla, R. 2010. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164.

Riasat, M.; Kiani, S.; Saed-Mouchehsi, A.; Pessarakli, M. 2019. Oxidant related biochemical traits are significant indices in triticale grain yield under drought stress condition. *Journal of Plant Nutrition*, 16 p.

Riveros, C.C. 2022. *Informe de Ensayo No. 01079-22/SU/Santa Ana*. Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSAF), INIA-EEA Santa Ana-Huancayo.

Santos, F.; Marza, F. 2018. Selección de genotipos de trigo harinero de alta productividad y características de rendimiento en condiciones edafoclimáticas del Altiplano Boliviano. *Rev. investig. agropecu. for. Boliv.*, 5(11), 1-10.

Santoyo, G.; Moreno-Hagelsieb, G.; Orozco-Mosqueda, C.M.; Glick, B.R. 2016. Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*, 183, 92- 99.

Scharf, P.C. 2015. Managing nitrogen in crop production. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.

Vásquez, J.; Loli, O. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52.

Villegas-Cornelio, V.M.; Laines, C.J. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.

Zadoks, C.; T. Chang; C. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, 14, 415-421.